

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
"ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ"  
МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Кваліфікаційна наукова  
праця на правах рукопису

КАСЬЯНЕНКО ЛЮБОВ МИКОЛАЇВНА

УДК 665.1.09

**ДИСЕРТАЦІЯ**  
**ТЕХНОЛОГІЯ ОДЕРЖАННЯ МАСТИЛЬНИХ ОЛИВ ІЗ РОСЛИННИХ**  
**ОЛІЙ**

181 – Харчові технології

18 – Виробництво та технології

Подається на здобуття наукового ступеня доктора філософії

Дисертація містить результати власних досліджень. Використання ідей,  
результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

кас Л.М. Касьяненко

Науковий керівник

Демидов Ігор Миколайович,

доктор технічних наук, професор

Згідно з  
змістом з  
першим критерієм  
дисертації  
вчений сектор  
проф. Демидова  
05.04.2021

Харків 2021



## АНОТАЦІЯ

*Касьяненко Л.М.* Технологія одержання мастильних олив із рослинних олій. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 181 «Харчові технології» – Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут» Міністерства освіти і науки України, м. Харків, 2021.

Роботу виконано на кафедрі Технології жирів та продуктів бродіння Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут» Міністерства освіти і науки України.

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут» за адресою: 61002, м. Харків, вул. Кирпичова, 2.

*Об'єктом дослідження* є технологія одержання мастильних олив із олій.

*Предметом дослідження* є технологічні параметри гідрохлорування, епоксидування, триацилгліцеролів, естерів жирних кислот та їх подальшого перетворення в гідроксильні та естерні сполуки олій, трибологічні та фізико-хімічні властивості мастильних олив на основі рослинної сировини.

Дисертаційна робота присвячена розробці способів одержання мастильних матеріалів з олій шляхом гідрохлорування або епоксидування з подальшим одержанням кисневмісних похідних та збільшенням вуглецевого радикалу. Було відпрацьовано декілька шляхів синтезу хлорпохідних триацилгліцеролів (ТАГ) соняшnikової олії, зокрема гідрохлорування сухим HCl або хлорним вапном  $\text{Ca}(\text{OCl})_2$ . Досліджено взаємодію хлорвмісних ТАГ з натрієвими милами гідрожиру (переважно кислоти ряду  $\text{C}_{18}$ ), кокосової олії (переважно кислоти ряду  $\text{C}_{12,14}$ ) та оцтової кислоти. Також опрацьовано методи отримання епоксисполук, а саме метод УФ-опромінення соняшnikової олії у тонкому шарі та метод епоксидування надкислотами.

Вивчено взаємодію епоксигруп з стеариною, лауриною та оцтовою кислотами для одержання мастильного матеріалу. Встановлено, що одержані сполуки мають високі трибологічні характеристики та відповідають критеріям біомастил.

*Мета дослідження.* Дисертаційна робота має на меті наукове обґрунтування та розробку технології одержання мастильних матеріалів на основі рослинних олій шляхом їх гідрохлорування або епоксидування з наступним перетворенням продуктів реакції в кисневмісні сполуки з відповідними трибологічними характеристиками.

Методи дослідження: аналітичні, хімічні, фізико-хімічні, експериментально-статистичні, виконанні з використанням сучасних приладів та інформаційних технологій.

*Наукова новизна одержаних результатів.* В дисертаційній роботі вперше:

– для одержання мастильних матеріалів з поновлюваної рослинної сировини запропоновано нові технологічні прийоми, а саме: гідрохлорування ТАГ соняшникової олії обробкою газоподібним  $\text{HCl}$ , розчином  $\text{Ca(OCl)}_2$  з наступною естерифікацією одержаних сполук милами жирних кислот; епоксидування ТАГ соняшникової олії УФ- випромінюванням в тонкому шарі та обробкою надкислотами з наступною взаємодією з жирними кислотами (ЖК);

– виявлено закономірності перебігу реакцій гідрохлорування ТАГ обробкою газоподібним  $\text{HCl}$ , розчином  $\text{Ca(OCl)}_2$ , естерифікації одержаних сполук милами жирних кислот; епоксидування ТАГ соняшникової олії обробкою надкислотами, та УФ- випромінюванням в тонкому шарі з наступною взаємодією з ЖК;

– одержано нові наукові дані щодо трибологічних характеристик продуктів реакції гідрохлорування ТАГ соняшникової олії обробкою газоподібним  $\text{HCl}$ , розчином  $\text{Ca(OCl)}_2$  з наступною естерифікацією одержаних сполук милами жирних кислот; епоксидування ТАГ

соняшникової олії УФ-випромінюванням в тонкому шарі та обробкою надкислотами з наступною взаємодією з жирними кислотами.

У вступі обґрунтовано актуальність, мету та наукові задачі дослідження, показано зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами, наведена наукова новизна та сформульовано практичне значення одержаних результатів.

У **першому** розділі проведено патентній та літературний пошук вже існуючих методів хімічної модифікації олій для одержання мастил. В результаті здійсненого огляду було визначено основні напрямки досліджень дисертаційної роботи.

У **другому** розділі наведено характеристику сировини, допоміжних матеріалів. Описано методики проведення експериментальних досліджень та методи аналізу одержаних продуктів, зазначено використання обладнання у роботі. Представлено загальну схему дисертаційного дослідження, що визначила основні етапи технології одержання мастила на основі соняшникової олії.

**Третій** розділ присвячено експериментальним дослідженням, щодо розробки науково обґрунтованої технології мастильних матеріалів з соняшникової олії шляхом її гідрохлорування. Показано одержання дигідрокислот з гідрохлорованої олії. Проведено: алкохоліз дигідроксикислот бутиловим та метиловим спиртами; етерифікацію гідрохлорованого продукту натрієвими милами ЖК. Проведено планування експерименту у програмному пакеті Mathcad.

У **четвертому** розділі представлено результати експериментальних досліджень щодо розробки науково обґрунтованої технології одержання мастила на базі епоксидованої соняшникової олії. Проведено математичний аналіз даних за результатами досліджень обрано наступні умови епоксидування: температура – 85 °С, час – 180 хв, маса пероксиду водню – 1,2 частини по відношенню до маси олії – 1 частина, маса каталізатору до

окисної суміші – 0,08 %. Запропоновано додавання до епоксидованої соняшникової олії бутилові естери жирних кислот такої олії.

У п'ятому розділі розроблено технологічну схему одержання олив на основі рослинної олії та проведено її економіко-екологічну оцінку.

## **ВИСНОВКИ**

У дисертаційній роботі представлено розв'язання науково-практичного завдання – створення наукового підґрунтя та експериментальної перевірки перспективної технології мастильних матеріалів на основі рослинних олій шляхом їх гідрохлорування або епоксидування з наступним одержанням відповідних естерів. На підставі аналізу науково-технічних джерел інформації, узагальнення експериментальних досліджень сформульовано висновки:

1. На підставі проаналізованих джерел науково-технічної літератури сформульовано та експериментально підтверджено робочу гіпотезу щодо гідрохлорування АГ або епоксидування АГ олії з наступним хімічним перетворенням продукту для одержання базових основ мастильних матеріалів.

2. Вперше експериментально оцінено вплив запропонованих методів для одержання основи мастильних матеріалів. Встановлено раціональні технологічні параметри гідрохлорування та епоксидування. А саме встановлено наступні технологічні параметри гідрохлорування АГ: швидкість барботування  $\text{HCl}$  –  $12,7 \cdot 10^{-7} \text{ м}^3/\text{хв}$ , тривалість взаємодії – 240 хв, температура процесу –  $50 \text{ }^\circ\text{C}$ . Для епоксидування відповідно було обрано наступні умови: температура –  $85 \text{ }^\circ\text{C}$ , час – 180 хв, відношення маси олії до маси пероксиду – 1:1,2, кількість каталізатору – 0,08 %.

3. Вперше досліджено вплив молекулярної маси продукту взаємодії гідрохлорованої соняшникової олії з натрієвими милами ЖК на в'язкісно-температурні властивості одержаних сполук – основи мастильних матеріалів. При співвідношенні продукт взаємодії гідрохлорованої соняшникової олії з

ацетатом натрію : бутилові естери гідроксильованих ЖК 90:10 в'язкість становить  $70,5 \text{ мм}^2/\text{с}$  при  $T = 41 \text{ }^\circ\text{C}$ ; для нафтового мастила Такт-2Т –  $76,2 \text{ мм}^2/\text{с}$  при  $T = 40 \text{ }^\circ\text{C}$ .

Доведено, що потрібну кінематичну в'язкість також можливо досягнути додаючи продукт етерифікації епоксидованої соняшникової олії оцтовою кислотою бутиловими естерами епоксидованої олії. Так, кінематична в'язкість для зразку з співвідношенням бутилові естери епоксидованої олії : продукт етерифікації, як 89 %мас. : 11 %мас. має в'язкість  $72,4 \text{ мм}^2/\text{с}$  при  $T=43 \text{ }^\circ\text{C}$ . Наведенні в'язкості близькі до в'язкості зразку співставлення.

4. Експериментально визначено технологічні властивості: в'язкісно-температурна залежність та окислювальну стійкість одержаного продукту, а саме залежність пероксидного числа від часу витримки за температури  $90 \text{ }^\circ\text{C}$ . Виявлено, що індукційний період окиснення гідрохлорованої соняшникової олії, що найменше в 9 разів більший в порівнянні з соняшниковою олією.

5. Розроблено технологічну схему одержання мастильного матеріалу на основі соняшникової олії, а саме суміші продукту взаємодії епоксидованої олії з оцтовою кислотою та бутиловими естерами епоксидованої олії. Проведено її економічну оцінку. Визначено, що застосуванням технології мастильного матеріалу на основі епоксидованої соняшником олії можна одержати продукт, собівартість якого складає  $128157,8 \text{ грн/т}$  та він є конкурентоспроможним на вітчизняному ринку мастил.

6. Запропоновану технологію перевірено в промислових умовах на підприємстві ТОВ «Слобожанський миловар». Результати дисертаційної роботи впроваджено в навчальний процес кафедри технології жирів та продуктів бродіння НТУ «ХП».

*Ключові слова:* біомастильні матеріали, епоксидування, гідроксильовання, в'язкісно-температурна характеристика, жирні кислоти.

Список публікацій здобувача

*Наукові праці, в яких опубліковано основні наукові результати дисертації:*

1. Касьяненко Л. Н. Можливість одержання біомастильних матеріалів шляхом хімічної модифікації олій / [Л.Н. Касьяненко, І.Н. Демидов, С.Н. Мольченко] // Вісник Національного технічного університету "Харківський політехнічний інститут" Серія: Іноваційні дослідження у наукових роботах студентів. – 2019. – №15. – С. 51-55.

2. . Kasianenko L. The technology for producing greases based on sunflower oil by hydrochlorination of oil / [L. Kasianenko, I. Demydov, S. Molchenko] // Norwegian Journal of development to the International Science. – 2020. – №40. – P. 5-8.

3. Касьяненко Л. М. Одержання мастил із жирової сировини / [Л.М. Касьяненко, І.М. Демидов, Є.І. Шеманська] // Наукові праці Національного університету харчових технологій. – 2020. – №26. – С. 53-58.

4. Kasianenko L. Products of modification sunflower oil as bio-lubricants / [L. Kasianenko, I. Demydov, S. Molchenko] // Polish Journal of Science. – 2020. – №34. – P. 47-51.

5. Використання епоксидованої соняшникової олії для одержання біомас тильних матеріалів / [Л.М. Касьяненко, І.М. Демидов, С.М. Мольченко, А.О. Демидова] // Вісник Національного Технічного Університету «ХПІ». Серія: Іноваційні дослідження у наукових роботах студентів. – 2020. – №6. – С. 61-65.

6. Kasianenko L. Esters of stearic acid of epoxidized sunflower oil as a grease for internal combustion engines [L. Kasianenko, I. Demydov] // Deutsche Internationale Zeitschrift für zeitgenössische Wissenschaft. – 2021. – №6. – P. 39-43.

*Опубліковані праці апробаційного характеру:*

7. Демидов І.М. Рослинні олії як сировина при одержанні мастильних матеріалів / [Демидов І.М., Крамской В.В., Шеманська Є.І., Касьяненко Л.М.] // *Перспективи розвитку м'ясної, молочної та олієжирової галузей у контексті євроінтеграції: п'ятої міжн. наук.-техконф.*, 7-8 листопада 2016 р.: тези доп. – Київ: НУХТ, 2016. – С. 159–160.

8. Касьяненко Л.М. Можливість використання соняшникової олії як основи мастильних олиив / [Касьяненко Л.М., Демидов І.М.] // *XI Міжн. науково-практ. конф. магістрантів та аспірантів*, 2017 р.: тези доп. – Харків: НТУ “ХП”, 2017. – Ч. II. – 213с.

9. Касьяненко Л.М. Етоксидування та метоксидування соняшникової олії для одержання мастильних матеріалів / [Касьяненко Л.М., Демидов І.М., Сорочинський В.М.] // *Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я. MicroCAD-2018: XXVI Міжн. науково-практ. конф.*, 2018 р.: тези доп. – Харків: НТУ “ХП”, 2018. – Ч. II. – 241с.

10. Касьяненко Л.М. Гідрохлорування соняшникової олії для подальшого її перетворення у основу для олиив / [Л.М. Касьяненко, І.М. Демидов, В.М. Сорочинський, С.М. Мольченко] // *Наукові проблеми харчових технологій та промислової біотехнології в контексті Євроінтеграції: VII Міжнар.наук.-техн.конф.*, 2018р.: тези доп. – Київ: НУХТ, 2018. – 271-272с.

11. Касьяненко Л.Н. Использование соевого и других масел для получения базовых основ моторных масел / [Касьяненко Л.Н., Демидов И.Н., Сорочинський В.М.] // *Современные технологии соевой индустрии: II Международ. научно-практ.конф.*, 14-15 ноября 2018г.: тезисы док. – Киев, 2018, – 20 с.

12. Касьяненко Л.М. Епоксидована соняшникова олія як альтернатива нафтовим мастильним матеріалам / [Касьяненко Л.М., Демидов І.М., Заратуйко А.О.] // *Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування*



людства у XXI столітті: 85 Ювілейна Міжн. наук. конф. молодих учених, аспірантів і студентів, 2019р.: тези доп. – Київ: НУХТ, 2019. – 441с.

13. Касьяненко Л.М. Одержання кисневмісних похідних соняшникової олії як базової оливи для ДВЗ / [Касьяненко Л.М., Демидов І.М., Заратуйко А.О.] // *Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я. MicroCAD-2019: XXVII Міжн. науково-практ. конф.*, 15-17 травня 2019 р.: тези доп. – Харків: НТУ “ХП”, 2019. – Ч. II. – 254с.

14. Касьяненко Л.Н. Применение окисленного подсолнечного масла как альтернатива нефтяным смазочным материалам / [Касьяненко Л.Н., Демидов И.Н.] // *Масложировая отрасль: технологи и рынок: XII Международ. конф.* 14 мая 2019г.: тезисы док. – Киев, 2019, – 28с.

15. Касьяненко Л.Н. Облучение УФ-излучением подсолнечное масло как альтернатива нефтяным смазочным материалам / [Касьяненко Л.Н., Демидов И.Н.] // *Масложировая отрасль: технологи и рынок: XII Международ. конф.* 14 мая 2019г.: тезисы док. – Киев, 2019, – С.25-27.

16. Касьяненко Л.М. Розробка технології одержання мастильних матеріалів на основі соняшникової олії / [Касьяненко Л.М., Демидов І.М., Шеманська Є.І.] // *Наукові проблеми харчових технологій та промислової біотехнології в контексті Євроінтеграції: IX Міжн. науково-технічна конф.*, 2020р.: тези доп. – Київ: НУХТ, 2020. – 277-279с.

17. Яценко Б.С. Вплив молекулярної маси на властивості продукту взаємодії хлорпохідних олій з милами жирних кислот / [Яценко Б.С., Касьяненко Л.М., Демидов І.М.] // *Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я. MicroCAD-2020: XXVIII Міжн. науково-практ. конф.*, 28-30 жовтня 2020р.: тези доп. – Харків: НТУ “ХП”, 2020. – Ч. II. – 298с.

*Опубліковані праці які додатково відображають наукові результати дисертації:*

18. Касьяненко Л.М. Застосування окисненої соняшникової олії як альтернативи нафтовим мастильним матеріалам / [Л.М. Касьяненко, І.М. Демидов] // Збірник УкрНДІОЖ НААН Іноваційні технології: актуальні питання науки та практики. – 2018. – №2. – С. 70-77.

19. Касьяненко Л. Н. Использование растительных масел для получения базовых основ моторных масел / [Л.Н. Касьяненко, И.Н. Демидов, В.М. Сорочинский] // Масложировой комплекс №1 (64) – 2019. – 41-42с.

20. Касьяненко Л.Н. Облученное УФ-излучением подсолнечное масло как альтернатива нефтяным смазочным материалам / [Л.Н. Касьяненко, И.Н. Демидов] // Масложировой комплекс №3. – 2019. – 29-31с.

## SUMMARY

*Kasianenko L.M.* Technology for vegetable oil based lubricants production. – Manuscript.

The thesis is submitted to obtain a scientific degree of Doctor of Philosophy, specialty 181 – Food technology. – National Technical University “Kharkiv Polytechnic Institute”, Kharkiv, 2021.

The work was carried out at the Department of The work was carried out at the Department of Technology of Fats and Fermentation Products of the National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute" of the Ministry of Education and Science of Ukraine.

The dissertation is available in the library of the National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute" at the address: 61002, Kharkiv, st. Kirpichova, 2.

*The object of research* is the technology of obtaining lubricating oils from oils.

*The subject of research* is the technological parameters of hydrochlorination, epoxidation, triacylglycerols, fatty acid esters and their subsequent conversion into hydroxyl and ester compounds of oils, tribological and physicochemical properties of lubricating oils based on vegetable raw materials.

The dissertation work is devoted to the development of methods for obtaining lubricants from oils by hydrochlorination or epoxidation with the subsequent production of oxygen - containing derivatives and the increase of the carbon radical. Several routes for the synthesis of chlorinated triacylglycerols (TAG) of sunflower oil have been developed, in particular hydrochlorination with dry HCl or chlorinated lime  $\text{Ca}(\text{OCl})_2$ . The interaction of chlorine-containing TAGs with sodium soaps of hydrofat (mainly acids of the  $\text{C}_{18}$  series), coconut oil (mainly acids of the  $\text{C}_{12,14}$  series) and acetic acid was studied. Methods for obtaining epoxy compounds have also been developed, namely the method of UV irradiation of sunflower oil in a thin layer and the method of epoxidation with peracids. The interaction of epoxy groups with stearic, lauric and acetic acids to obtain a

lubricant has been studied. It was found that the obtained compounds have high tribological characteristics and meet the criteria of bio-oils.

*The aim of the study.* The dissertation aims at scientific substantiation and development of technology of obtaining lubricants on the basis of vegetable oils by their hydrochlorination or epoxidation with the subsequent chemical conversion of reaction products into oxygen - containing compounds with corresponding tribological characteristics.

Research methods: analytical, chemical, physico-chemical, experimental-statistical, performed using modern devices and information technology.

*Scientific novelty of the obtained results.* The thesis for the first time:

– To obtain lubricants from renewable vegetable raw materials, new technological methods are proposed, namely: hydrochlorination of TAG sunflower oil by treatment with gaseous HCl,  $\text{Ca}(\text{OCl})_2$  solution, followed by esterification of the obtained compounds with fatty acid soaps; epoxidation of TAG of sunflower oil by UV radiation in a thin layer and treatment with peracids, followed by interaction with fatty acids (FA);

– Regularities of the course of hydrochlorination reactions of TAG by treatment with gaseous HCl, solution of  $\text{Ca}(\text{OCl})_2$ , esterification of the obtained compounds with fatty acid soaps were revealed; epoxidation of TAG of sunflower oil by treatment with peracids, and UV radiation in a thin layer with the subsequent interaction with FA;

– New scientific data on the tribological characteristics of the reaction products of the hydrochlorination of TAG sunflower oil by treatment with gaseous HCl,  $\text{Ca}(\text{OCl})_2$  solution, followed by esterification of the obtained compounds with fatty acid soaps; epoxidation of TAG of sunflower oil by UV radiation in a thin layer and treatment with peracids, followed by interaction with fatty acids.

The introduction substantiates the relevance, purpose and scientific objectives of the study, shows the relationship of work with scientific programs, plans, topics, provides scientific novelty and formulates the practical significance of the results.

**In the first chapter**, a patent and literature search of existing methods of chemical modification of oils to obtain lubricants. As a result of the review, the main directions of research of the dissertation were determined.

**In the second chapter** the characteristics of materials, auxiliary materials. Methods of conducting experimental research and methods of analysis of the obtained products are described, the equipment used in the work is indicated. The general scheme of the dissertation research is presented, which determined the main stages of the technology of obtaining oil for the main sunflower oil.

**The third chapter** is devoted to experimental research on the development of scientifically sound technology of lubricants from sunflower oil by its hydrochlorination. The production of dihydroacids from hydrochlorinated oil is shown. Carried out: alcoholism of dihydroxy acids with butyl and methyl alcohols; esterification of the hydrochlorinated product with sodium FA soaps. The experiment was planned in the Mathcad software package.

**The fourth chapter** presents the results of experimental research on the development of scientifically sound technology for obtaining oil based on epoxidized sunflower oil. The following epoxidation conditions were selected based on the results of research: temperature – 85 °C, time – 180 min, peroxide mass – 1,2 parts in relation to oil mass – 1 part, catalyst mass to oxide mixture – 0,08%. It is proposed to add to the epoxidized sunflower oil butyl esters of fatty acids of such oil.

**In the fifth chapter**, the technological scheme of obtaining oils based on vegetable oil is developed and its economic and ecological assessment is carried out.

## CONCLUSIONS

The dissertation presents the solution of scientific and practical task - the creation of a scientific basis and experimental verification of promising technology of lubricants based on vegetable oils by their hydrochlorination or epoxidation, followed by obtaining the corresponding esters. Based on the analysis of scientific

and technical sources of information, generalization of experimental research, conclusions are formulated:

1. Based on the analyzed sources of scientific and technical foreign and domestic literature, and formulated and experimentally confirmed the working hypothesis of hydrochlorination or epoxidation of oil with subsequent chemical conversion of the product to obtain basic bases of lubricants.

2. For the first time the influence of the proposed methods of obtaining the basis of lubricants was experimentally evaluated. Rational technological parameters of hydrochlorination and epoxidation are established. According to the research results, a mathematical analysis of the data was performed. The following conditions of hydrochlorination flow have been established: HCl bubbling rate –  $12,7 \cdot 10^{-7} \text{ m}^3 / \text{min}$ , interaction duration - 240 min, process temperature –  $50 \text{ }^\circ\text{C}$ . The following conditions were chosen for epoxidation: temperature –  $85 \text{ }^\circ\text{C}$ , time – 180 min, the ratio of oil mass to peroxide mass – 1: 1.2, catalyst mass – 0.08%.

3. For the first time the influence of the molecular weight of the product of interaction of hydrochlorinated sunflower oil with sodium soaps of FA on the viscosity-temperature properties of the obtained compounds – the basis of lubricants. When the ratio of the product of the interaction of hydrochlorinated sunflower oil with sodium acetate: butyl esters of hydroxylated FA 90%: 10% viscosity is  $70,5 \text{ mm}^2 / \text{s}$  at  $t = 41 \text{ }^\circ\text{C}$ ; for Tact-2T oil –  $76,2 \text{ mm}^2 / \text{s}$  at  $t = 40 \text{ }^\circ\text{C}$ .

It has also been shown that the desired kinematic viscosity can also be achieved by diluting the esterification product of epoxidized sunflower oil with acetic acid with butyl esters of epoxidized oil. Thus, the kinematic viscosity for the sample with the ratio of butyl esters of epoxidized oil: esterification product, as 89%: 11% has a viscosity of  $72.4 \text{ mm}^2 / \text{s}$  at  $t = 43 \text{ }^\circ\text{C}$ . The viscosity values are close to the viscosity of the comparison sample.

4. Physico-chemical characteristics were determined experimentally: viscosity-temperature dependence and antioxidant characteristics of the obtained product, namely the dependence of the peroxide number on the exposure time at a

temperature of 90 °C. It was found that the induction period of oxidation of hydrochlorinated sunflower oil, which is at least 9 times longer than sunflower oil.

5. The technological scheme of obtaining a lubricant based on sunflower oil, namely a mixture of the product of the interaction of epoxidized oil with acetic acid and butyl esters of epoxidized oil. Its economic assessment was carried out. It is determined that by applying the technology of lubricant on the basis of epoxidized sunflower oil it is possible to obtain a product, the cost of which is 128157,8 UAH / t and it is competitive in the lubricants market.

6. The results of the dissertation work are introduced into the educational process of the Department of Technology of Fats and Fermentation Products of NTU "KhPI" during the teaching of the discipline "Scientific and practical bases of technology of fats and fat substitutes".

*Keywords:* biomaterials, epoxidation, hydroxylation, viscosity-temperature characteristics, fatty acids.

#### LIST OF PUBLICATIONS ON THE SUBJECT OF THE DISSERTATION

*Scientific papers, in which the main scientific results of the dissertation are published:*

1. Kasianenko L. N. Mozhlyvist oderzhannia biomastylnykh materialiv shliakhom khimichnoi modyfikatsii olii / L. N. Kasianenko, I. N. Demydov, S. N. Molchenko. // Visnyk Natsionalnoho tekhnichnoho universytetu "Kharkivskiyi politekhnichnyi instytut" Serii: Inovatsiini doslidzhennia u naukovykh robotakhstudentiv. – 2019. – №15. – S. 51–55.

2. Kasianenko L. The technology for producing greases based on sunflower oil by hydrochlorination of oil / L. Kasianenko, I. Demydov, S. Molchenko. // Norwegian Journal of development of the International Science. – 2020. – №40. – P. 5-8.

3. Kasianenko L. M. Oderzhannia mastyl iz zhyrovoy syrovyny / L. M. Kasianenko, I. M. Demydov, Ye. I. Shemanska. // Naukovipratsi Natsionalnoho universytetu kharchovykh tekhnolohii. – 2020. – №26. – S. 53-58.

4. Kasianenko L. Products of modification sunflower oil as bio-lubricants / L. Kasianenko, I. Demydov, S. Molchenko. // Polish Journal of Science. – 2020. – №34. – P. 47-51.

5. Vykorystannia epoksydovanoi soniashnykovoii olii dlia oderzhannia biomastylnykh materialiv / L. M. Kasianenko, I. M. Demydov, S. M. Molchenko, A. O. Demydova. // Visnyk Natsionalnoho Tekhnichnoho Universytetu «KhPI». Seriiia: Innovatsiini doslidzhennia u naukovykh robotakh studentiv. – 2020. – №6. – S. 61-65.

6. Kasianenko L. Esters of stearic acid of epoxidized sunflower oil as a grease for internal combustion engines [L. Kasianenko, I. Demydov] // Deutsche Internationale Zeitschrift für zeitgenössische Wissenschaft. – 2021. – №6. – P. 39-43.

*Published works of approbatory character:*

7. Demydov I.M. Roslynni olii yak syrovyna pry oderzhanni mastylnykh materialiv / [Demydov I.M., Kramskoi V.V, Shemanska Ye.I., Kasianenko L.M.] // Perspektyvy rozvytku miasnoi, molochnoi ta oliiezhyrovoi haluzei u konteksti yevrointehratsii: piatoi mizhn. nauk.-tekhkonf., 7-8 lystopada 2016 r.: tezy dop. – Kyiv: NUKhT, 2016. – S. 159–160.

8. Kasianenko L.M. Mozhlyvist vykorystannia soniashnykovoii olii yak osnovy mastylnykh olyv / [Kasianenko L.M., Demydov I.M.] // XIMizhn. naukovo-prakt. konf. mahistrantiv ta aspirantiv, 2017 r.: tezy dop. – Kharkiv: NTU “KhPI”, 2017. – Ch. II. – 213 s.

9. Kasianenko L.M. Etoksyliuvannia ta metoksyliuvannia soniashnykovoii olii dlia oderzhannia mastylnykh materialiv / [Kasianenko L.M., Demydov I.M., Sorochynskyi V.M.] // Informatsiini tekhnolohii: nauka, tekhnika, tekhnolohiia, osvita, zdorovia. MicroCAD-2018: XXVIMizhn. naukovo-prakt. konf., 2018 r.: tezy dop. – Kharkiv: NTU “KhPI”, 2018. – Ch. II. – 241s.

10. Kasianenko L.M. Hidrokhloruvannia soniashnykovoii olii dlia podalshoho yii peretvorennia u osnovu dlia olyv / [L.M. Kasianenko, I.M.



Demydov, V.M. Sorochynskiy, S.M. Molchenko] // Naukovi problemy kharchovykh tekhnolohii ta promyslovoi biotekhnolohii v konteksti Yevrointehratsii: VII Mizhnar.nauk.-tekhn.konf., 2018r.: tezy dop. – Kyiv: NUKhT, 2018. – 271-272s.

11. Kasianenko L.N. Yspolzovanye soevoho y druykh masel dlia polucheniya bazovyykh osnov motornyykh masel / [Kasianenko L.N., Demydov Y.N., Sorochynskiy V.M.] // Sovremennyye tekhnolohyy soevoi industry:II Mezhdunar. nauchno-prakt.konf., 14-15 noiabria2018 h.: tezysy dok. – Kyev, 2018, – 20 s.

12. Kasianenko L.M. Epoksydovana soniashnykova oliia yak alternatyva naftovym mastylnym materialam / [Kasianenko L.M., Demydov I.M., Zaratuiko A.O.] // Naukovi zdobutky molodi – vyrishenniu problem kharchuvannia liudstva u KhKhI stolitti: 85 Yuvileina Mizhn. nauk.konf. molodykh uchenykh, aspirantiv i studentiv, 2019r.: tezy dop. – Kyiv: NUKhT, 2019. – 441s.

13. Kasianenko L.M. Oderzhannia kysnevmyshnykh pokhidnykh soniashnykovoii olii yak bazovoi olyvy dlia DVZ / [Kasianenko L.M., Demydov I.M., Zaratuiko A.O.] // Informatsiini tekhnolohii: nauka, tekhnika, tekhnolohiia, osvita, zdorovia. MicroCAD-2019: XXVII Mizhn. naukovoprakt.konf., 15-17 travnia 2019 r.: tezy dop. – Kharkiv: NTU “KhPI”, 2019. – Ch. II. – 254s.

14. Kasianenko L.N. Prymenenye okyslennoho podsolnechnoho masla kak alternatyva neftianym smazochnym materyalam / [Kasianenko L.N., Demydov I.N.] // Maslozhyrovaia otrasl: tekhnolohy y rynek: XII Mezhdunar. konf.14 maia2019h.: tezysy dok. – Kyev, 2019, – 28s.

15. Kasianenko L.N. Obluchenye UF-yzlucheniyem podsolnechnoe maslo kak alternatyva neftianym smazochnym materyalam / [Kasianenko L.N., Demydov I.N.] // Maslozhyrovaia otrasl: tekhnolohy y rynek: XII Mezhdunar. konf.14 maia2019h.: tezysy dok. – Kyev, 2019, – C.25-27.

16. Kasianenko L.M. Rozrobka tekhnolohii oderzhannia mastylnykh materialiv na osnovi soniashnykovoii olii / [Kasianenko L.M., Demydov I.M., Shemanska Ye.I.] // Naukovi problemy kharchovykh tekhnolohii ta promyslovoi

biotekhnolohii v konteksti Yevrointehratsii: IX Mizhn. naukovo-tekhnichna konf., 2020r.: tezy dop. – Kyiv: NUKhT, 2020. – 277-279s.

17. Iatsenko B.S. Vplyv molekuliarnoi masy na vlastyvoli produktu vzaiemodii khlorpokhidnykh olii z mylamy zhyrnykh kyslot / [Iatsenko B.S., Kasianenko L.M., Demydov I.M.] // Informatsiini tekhnolohii: nauka, tekhnika, tekhnolohiia, osvita, zdorovia. MicroCAD-2020: XXVIII Mizhn. naukovo-prakt. konf., 28-30 zhovtnia 2020r.: tezy dop. – Kharkiv: NTU “KhPI”, 2020. – Ch. II. – 298s.

*Published works that further reflect the scientific results of the dissertation:*

18. Kasianenko L.M. Zastosuvannia okysnenoii soniashnykovoii olii yak alternatyvy naftovym mastylnym materialam / [L.M. Kasianenko, I.M. Demydov] // Zbirnyk UkrNDIOZh NAAN Inovatsiini tekhnolohii: aktualni pytannia nauky ta praktyky. – 2018. – №2. – S. 70-77.

19. Kasianenko L. N. Yspolzovanye rastytelnykh masel dlia polucheniia bazovykh osnov motornykh masel / [L.N. Kasianenko, Y.N. Demydov, V.M. Sorochynskiy] // Maslozhyrovoy kompleks№.1 (64) – 2019. – 41-42s.

20. Kasianenko L.N. Obluchennoe UF-yzluchenyem podsolnechnoe maslo kak alternatyva neftianym smazochnym materyalam / [L.N. Kasianenko, I.N. Demydov] // Maslozhyrovoy kompleks№3. – 2019. – 29-31s.

## ЗМІСТ

СПИСОК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ ТА СКОРОЧЕНЬ.....	4
ВСТУП.....	5
РОЗДІЛ 1. Огляд літератури .....	11
1.1.Олії як біомастила. Структура олій.....	11
1.2.Процес окиснення олій.....	14
1.3.Види мастил. Їх основні характеристики та добавки, що використовуються для покращення їх властивостей.....	17
1.4.Методи модифікацій олій для одержання епоксидних та галогенопохідних.....	20
1.5 Оксикислоти та їх властивості.....	25
1.6 Гідрохлорування. Галоген похідні та їх властивості.....	28
1.7 Система мащення двотактних двигунів.....	32
РОЗДІЛ 2. Характеристика об'єктів досліджень, методики проведення експериментів та аналізів.....	36
2.1 Загальна схема дисертаційного дослідження.....	36
2.2 Характеристика сировини та допоміжних матеріалів.....	37
2.3 Методики та устаткування.....	39
2.3.1 Епоксидування соняшникової олії.....	38
2.3.2 Виділення ЖК.....	39
2.3.3. Взаємодія жирних кислот з епоксидованою олією.....	40
2.3.4. Методика алкоголізу.....	41
2.3.5 Методика гідрохлорування олії сухим газоподібним HCl.....	42
2.3.6 Методика гідрохлорування олії хлорним вапном CaOHCl.....	42
2.3.7 Методика отримання дигідроксикислот.....	44
2.3.8 Взаємодія гідрохлорованої олії та солей натрію.....	45
2.3.9 Визначення кислотного числа.....	46
2.3.10 Визначення йодного числа.....	46
2.3.11 Визначення числа омилення.....	48

2.3.12	Визначення ефірного числа.....	48
2.3.13	Визначення епоксидного числа.....	48
2.3.14	Вимірювання кінематичної в'язкості.....	49
2.3.15	Методика визначення вмісту повареної солі.....	53
2.3.16	Методика роботи диференційної скануючої калориметрії.....	53
2.3.17	Розрахунок собівартості та ціни 1 т мастильного матеріалу на основі соняшникової олії.....	55
2.3.18	Повний факторний експеримент.....	56
РОЗДІЛ 3. Гідрохлорування олії.....		62
3.1	Гідрохлорування соняшникової олії хлорним вапном.....	62
3.2	Гідрохлорування соняшникової олії газоподібним HCl.....	64
3.3	Одержання дигідроксикислот із гідрохлорованої соняшникової олії.....	65
3.4	Алкоголіз ЖК ГХП бутиловим та метиловим спиртом.....	66
3.5	Етерифікація гідрохлорованої олії милами жирних кислот.....	67
3.6	Оптичні властивості одержаних ефірів та ЖК ГХП соняшникової олії.....	71
3.7	Оцінка в'язкісно-температурних характеристик ефірів ЖК ГХП.....	73
3.8	Дослідження дії альтернативних в'язкісних присадок на в'язкісно-температурні властивості хлорованої олії.....	77
3.9	Окисна стабільність продукту гідрохлорування соняшникової олії....	79
3.10	Планування експерименту з гідрохлорування соняшникової олії.....	80
РОЗДІЛ 4. Епоксидування соняшникової олії та її подальші модифікації		89
4.1	Епоксидування надоцтовою кислотою соняшникової та соєвої олій.....	89
4.2	Залежність епоксидного числа від тривалості дослідження.....	92
4.3	Залежність йодного числа від температури проведення реакції.....	93
4.4	Залежність йодного числа від маси каталізатора.....	94
4.5	Залежність в'язкості зразків від температури.....	95

	4
4.6 Визначення в'язкості одержаних продуктів.....	99
4.7 Оптичні властивості одержаної епоксидованої соняшникової олії.....	101
4.8 Планування експерименту з епоксидування соняшникової олії.....	102
РОЗДІЛ 5. Економічна та екологічна оцінка нової технології.....	112
5.1 Технологічна схема мастильного матеріалу на основі соняшникової олії.....	113
5.2 Економічні розрахунки доцільності впровадження перспективної технології.....	116
5.3 Економіко-екологічна оцінка технології.....	118
ВИСНОВКИ.....	120
СПИСОК ДЖЕРЕЛ ІНФОРМАЦІЇ.....	122
Додатки.....	133