

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ТАВРІЙСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРОТЕХНОЛОГІЧНИЙ  
УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ ДМИТРА МОТОРНОГО

**ПРАЦІ**

Таврійського державного  
агротехнологічного  
університету



ТАВРІЙСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ  
АГРОТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ІМЕНІ ДМИТРА МОТОРНОГО

**Випуск 24, том 1**

Наукове фахове видання  
*Технічні науки*



Запоріжжя – 2024 р.

# МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ



ТАВРІЙСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ  
АГРОТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ІМЕНІ ДМИТРА МОТОРНОГО



DMYTRO MOTORNYI TAVRIA STATE  
AGROTECHNOLOGICAL UNIVERSITY



## ПРАЦІ

**Таврійського державного  
агротехнологічного університету**  
*Технічні науки*

**PROCEEDINGS OF TAVRIA STATE  
AGROTECHNOLOGICAL UNIVERSITY**  
*Technical sciences*

*Виходить 3 рази на рік  
Видається з 1998 р.*

**Випуск 24, том 1  
Issue 24, volume 1**

**WEB:** <https://oj.tsatu.edu.ua>

**DOI:** 10.32782/2078-0877-2024-24-1

**Запоріжжя – 2024**



УДК [631.3+621.3+004+663/664]

Праці Таврійського державного агротехнологічного університету: наукове фахове видання / ТДАТУ; гол. ред. д.т.н., проф. В. М. Кюрчев. Запоріжжя: ТДАТУ, 2024. Вип. 24, т. 1. 236 с.

ISSN 2220-8674

Представлені результати наукових досліджень вчених у галузях галузевого машинобудування, енергетики, електротехніки, електромеханіки, харчових технологій, комп'ютерних наук та інформаційних технологій.

Видання призначене для наукових працівників, викладачів, інженерно-технічного персоналу і здобувачів вищої освіти, які спеціалізуються у відповідних або суміжних галузях науки та напрямках виробництва.

**Реферативні бази:** Crossref, Google Scholar, «Україна наукова», НБУ ім. В. І. Вернадського

**Головний редактор**

Кюрчев В. М., чл.-кор. НААН України,  
д-р техн. наук, проф. (Україна)

**Заступники головного редактора**

Надикто В. Т., чл.-кор. НААН України,  
д-р техн. наук, проф. (Україна)  
Панченко А. І., д-р техн. наук, проф. (Україна)

**Відповідальний секретар**

Волошина А. А., д-р техн. наук, проф. (Україна)

**Технічний секретар**

Погорельцева Д. О. (Україна)

**Editor in chief**

Kyurchev V., corresponding member of NAAS of  
Ukraine, Dr. Sci. Tech., Prof. (Ukraine)

**Deputy editors in chief**

Nadykto V., corresponding member of NAAS of  
Ukraine, Dr. Sci. Tech., Prof. (Ukraine)  
Panchenko A., Dr. Sci. Tech., Prof. (Ukraine)

**Executive secretary**

Voloshina A., Dr. Sci. Tech., Prof. (Ukraine)

**Technical secretary**

Pogoreltseva D. (Ukraine)

**РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ****ГАЛУЗЕВЕ МАШИНОБУДУВАННЯ**

Белоев Христо, д-р техн. наук, проф. (Болгарія)  
Даманаускас Відас, д-р техн. наук, проф. (Литва)  
Івановс Семенс, д-р техн. наук (Латвія)  
Ольт Юрі, PhD, д-р техн. наук, проф. (Естонія)  
Паскуцці Сімоне, PhD, доц. (Італія)  
Финдура Павол, PhD, проф. (Словачія)  
Вершков О. О., канд. техн. наук, доц. (Україна)  
Дідур В. В., д-р техн. наук, проф. (Україна)  
Журавель Д. П., д-р техн. наук, проф. (Україна)  
Кувачов В. П., д-р техн. наук, проф. (Україна)  
Кюрчев С. В., д-р техн. наук, проф. (Україна)  
Скляр О. Г., канд. техн. наук, проф. (Україна)  
Скляр Р. В., канд. техн. наук, доц. (Україна)  
Тітова О. А., д-р пед. наук, проф. (Україна)

**ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКА, ЕЛЕКТРОТЕХНІКА  
ТА ЕЛЕКТРОМЕХАНІКА**

Шафранець Анджей, д-р техн. наук, проф. (Польща)  
Кавакзех Мохаммед, PhD, проф. (Йорданія)  
Бур'ян С. О., канд. техн. наук, доц. (Україна)  
Галько С. В., канд. техн. наук, доц. (Україна)  
Карпалюк І. Т., д-р техн. наук, проф. (Україна)  
Квітка С. О., канд. техн. наук, доц. (Україна)  
Кузнецов М. П., д-р техн. наук, проф. (Україна)  
Лисенко О. В., д-р техн. наук, проф. (Україна)  
Мірошник О. О., д-р техн. наук, проф. (Україна)  
Мороз О. М., д-р техн. наук, проф. (Україна)  
Плюгін В. Є., д-р техн. наук, проф. (Україна)

**SECTORAL MACHINE BUILDING**

Beloev Hristo, Dr. Sci. Tech., Prof. (Bulgaria)  
Damanauskas Vidas, Dr. Sci. Tech. (Lithuania)  
Ivanovs Semjons, Dr. Sci. Tech. (Latvia)  
Olt Jüri, PhD, Dr. Sci. Tech., Prof. (Estonia)  
Pascuzzi Simone, PhD, Assoc. Prof. (Italia)  
Pavol Findura, PhD, Prof. (Slovakia)  
Vershkov O, Cand. Sci. Tech, Assoc. Prof. (Ukraine)  
Didur V., Dr. Sci. Tech., Prof. (Ukraine)  
Zhuravel D., Dr. Sci. Tech., Prof. (Ukraine)  
Kuvachov V., Dr. Sci. Tech., Prof. (Ukraine)  
Kiurchev S., Dr. Sci. Tech., Prof. (Ukraine)  
Sclyar O., Cand. Sci. Tech, Prof. (Ukraine)  
Sclyar R., Cand. Sci. Tech, Assoc. Prof. (Ukraine)  
Titova O., Dr. Sci. Ped., Prof. (Ukraine)

**ELECTRICAL POWER ENGINEERING,  
ELECTRICAL ENGINEERING AND  
ELECTROMECHANICS**

Szafraniec Andrzej, Dr. Sci. Tech., Prof. (Poland)  
Qawaqzeh Mohamed, PhD, Prof. (Jordan)  
Burian S., Cand. Sci. Tech, Assoc. Prof. (Ukraine)  
Halko S., Cand. Sci. Tech, Assoc. Prof. (Ukraine)  
Karpaliuk I., Dr. Sci. Tech., Prof. (Ukraine)  
Kvitka S., Cand. Sci. Tech, Assoc. Prof. (Ukraine)  
Kuznietsov M., Dr. Sci. Tech., Prof. (Ukraine)  
Lysenko O., Dr. Sci. Tech., Prof. (Ukraine)  
Miroshnyk O., Dr. Sci. Tech., Prof. (Ukraine)  
Moroz O., Dr. Sci. Tech., Prof. (Ukraine)  
Pliuhin V., Dr. Sci. Tech., Prof. (Ukraine)

**КОМП'ЮТЕРНІ НАУКИ**

Гавриленко Є. А., д-р техн. наук, проф. (Україна)  
Гнатушенко В. В., д-р техн. наук, проф. (Україна)  
Гумен О. М., д-р техн. наук, проф. (Україна)  
Дашкевич А. О., канд. техн. наук, доц. (Україна)  
Лубко Д. В., канд. техн. наук, доц. (Україна)  
Лясковська С. Є., канд. техн. наук, доц. (Україна)  
Малкіна В. М., д-р техн. наук, проф. (Україна)  
Мацулевич О. Є., канд. техн. наук, доц. (Україна)  
Холодняк Ю. В., канд. техн. наук, доц. (Україна)  
Яблонський П. М., канд. техн. наук, доц. (Україна)

**ХАРЧОВІ ТЕХНОЛОГІЇ**

Дейниченко Г. В., д-р техн. наук, проф. (Україна)  
Євлаш В. В., д-р техн. наук проф. (Україна)  
Ломейко О. П., канд. техн. наук, доц (Україна)  
Паламарчук І. П., д-р техн. наук, проф. (Україна)  
Пилипенко Л. М., д-р техн. наук, проф. (Україна)  
Пріс О. П., д-р техн. наук, проф. (Україна)  
Самойчук К. О., д-р техн. наук, проф. (Україна)  
Сердюк М. Є., д-р техн. наук, проф. (Україна)  
Ялпачик В. Ф., д-р техн. наук, проф. (Україна)

**ПРАЦІ****Таврійського державного  
агротехнологічного університету****Випуск 24, том 1****Засновник**

Таврійський державний агротехнологічний  
університет імені Дмитра Моторного

Заснований у 1998 році

Свідоцтво про державну реєстрацію  
КВ №24285-14125ПР від 27.12.2019 р.  
Виходить 3 рази на рік

Рекомендовано до друку вченою радою  
Таврійського державного агротехнологічного  
університету  
імені Дмитра Моторного  
Протокол № 9 від 30.04.2024 р.

«Праці ТДАТУ» включено до **Категорії Б**  
Переліку наукових фахових видань України  
(науки: технічні), в яких можуть  
публікуватися результати дисертаційних  
робіт на здобуття наукових ступенів  
доктора наук і доктора філософії /  
кандидата наук (накази МОН України від  
17.03.2020 р. № 409)

**Адреса редакції**

*Юридична:* 72312, Запорізька обл.  
м. Мелітополь, пр. Б. Хмельницького, 18  
*Фактична:* 69600, Запорізька обл.  
м. Запоріжжя, вул. Жуковського, 66  
<https://oj.tsatu.edu.ua>,  
DOI: 10.32782/2078-0877-2024-24-1

**COMPUTER SCIENCES**

Havrylenko Ye., Dr. Sci. Tech., Prof. (Ukraine)  
Hnatushenko V., Dr. Sci. Tech., Prof. (Ukraine)  
Humen O., Dr. Sci. Tech., Prof. (Ukraine)  
Dashkevych A., Cand. Sci. Tech, Assoc. Prof. (Ukraine)  
Lubko D., Cand. Sci. Tech, Assoc. Prof. (Ukraine)  
Liaskovska S., Cand. Sci. Tech, Assoc. Prof. (Ukraine)  
Malkina V., Dr. Sci. Tech., Prof. (Ukraine)  
Matsulevych O., Cand. Sci. Tech, Assoc. Prof. (Ukraine)  
Kholodniak Y., Cand. Sci. Tech, Assoc. Prof. (Ukraine)  
Yablonskyi P., Cand. Sci. Tech, Assoc. Prof. (Ukraine)

**FOOD TECHNOLOGIES**

Deynichenko G., Dr. Sci. Tech., Prof. (Ukraine)  
Evlash V., Dr. Sci. Tech., Prof. (Ukraine)  
Lomeiko O., Cand. Sci. Tech, Assoc. Prof. (Ukraine)  
Palamarchuk I., Dr. Sci. Tech., Prof. (Ukraine)  
Pylypenko L., Dr. Sci. Tech., Prof. (Ukraine)  
Priss, O., Dr. Sci. Tech., Prof. (Ukraine)  
Samoichuk K., Dr. Sci. Tech., Prof. (Ukraine)  
Serdyuk M., Dr. Sci. Tech., Prof. (Ukraine)  
Yalpachik V., Dr. Sci. Tech., Prof. (Ukraine)

**PROCEEDINGS OF TAVRIA STATE  
AGROTECHNOLOGICAL UNIVERSITY****Issue 24, volume 1****Founder**

Dmytro Motornyi Tavria State  
Agrotechnological University

Founded in 1998

Certificate of governmental registration  
KB No. 24285-14125ПР dated December 27, 2019  
Published 3 times a year

Recommended for publication by the Academic  
Board of Dmytro Motornyi Tavria State  
Agrotechnological University  
Record No. 9 dated April 30, 2024

Proceedings of TSATU is included in the List of  
scientific professional editions of Ukraine  
(technical sciences), category B, in which the  
results of theses for obtaining scientific degrees  
of Doctor of Sciences and Doctor of Philosophy /  
Candidate of Sciences can be published (order of  
the Ministry of Education and Science of Ukraine  
dated March 17, 2020, No. 409)

**Address of the Editorial office**

*Legal address:* 72312, Zaporizhzhia region  
Melitopol, 18, B. Khmelnytskyi Ave.  
*Actual address:* 69600, Zaporizhzhia region  
Zaporizhzhia, 66, Zhukovskiy Str.  
<https://oj.tsatu.edu.ua>,  
DOI: 10.32782/2078-0877-2024-24-1



---

**ЗМІСТ / CONTENTS**

---

**ГАЛУЗЕВЕ МАШИНОБУДУВАННЯ**

- Панченко А. І., Волошина А. А., Романишин О. Ю., Волошин А. А.** Вплив форми вікон на пропускну спроможність розподільної системи планетарного гідромотора 7
- Panchenko A., Voloshina A., Romanyshyn A., Voloshin A.** The influence of the shape of the window on the throughput of the distribution system of the planetary hydraulic motor 7
- Mikulionok I.** Classification and analysis of designs of screw presses for oil raw materials 23
- Мікульонюк І.** Класифікація та аналіз конструкцій шнекових пресів для олійної сировини 23
- Кюрчев С. В., Самойчук К. О., Ломейко О. П.** Визначення параметрів струминного та пульсаційного гомогенізаторів молока при їх промисловому застосуванні 53
- Kiurchev S., Samoichuk K., Lomeiko O.** Determination of the parameters of flow and pulsation milk homogenizers in their industrial application 53
- Дідур В. В., Лещенко І. А., В'юник О. В.** Проблеми очищення рослинних олій 63
- Didur V., Leshchenko I., Viunyk O.** Problems of purification of vegetable oils 63
- Мельник В. А., Попадюк І. С., Волик Д. А., Степаненко С. П.** Дослідження розвитку технологій та технічних засобів для пневмовідцентрового розділення зернових матеріалів 75
- Melnyk V., Popadyuk I., Volyk D., Stepanenko S.** Research on the development of technologies and technical means for pneumatic centrifugal separation of grain materials 75
- Скляр О. Г., Скляр Р. В., Болтянський Б. В.** Аспекти вдосконалення технології виробництва біогазу 89
- Skliar O., Skliar R., Boltianskyi B.** Aspects of improving biogas production technology 89
- Верхоланцева В. О., Паляничка Н. О., Фучаджи Н. О., Червоткіна О. О.** Дослідження технології заморожування ягід 101
- Verkholantseva V., Palianychka N., Fuchadgu N., Chervotkina O.** Research of berry freezing technology 101



**ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКА, ЕЛЕКТРОТЕХНІКА ТА ЕЛЕКТРОМЕХАНІКА**

- Галько С. В., Дудніков С. М., Мірошник О. О., Мороз О. М., Трунова І. М.** Розробка алгоритму роботи комбінованої системи електропостачання з відновлюваними джерелами енергії 109
- Halko S., Dudnikov S., Miroshnik O., Moroz O., Trunova I.** Development of algorithm for the operation of a combined power supply system with renewable sources
- Попов С. В., Левченко Ю. В., Петраш О. В., Попов К. С.** Експериментальне дослідження режимів інтелектуального імпульсного зарядного пристрою 122
- Popov S., Levchenko Yu., Petrash O., Popov K.** The experimental research of pulse charger modes
- Вовк О. Ю., Квітка С. О., Попова І. О., Діордієв В. Т.** Збереження роботоздатності трифазного статичного навантаження за неповнофазного живлення 136
- Vovk O., Kvitka S., Popova I., Diordiev V.** Maintaining the performance of a three-phase static load with a partial-phase power supply
- Коробка С. В., Стукалець І. Г., Бабич М. І., Сиротюк С. В., Скляр О. Г., Болтянський Б. В., Скляр Р. В.** Підвищення енергетичної безпеки електрозабезпечення споживачів ліній електропередач 0,38 кВ із застосуванням системи моніторингу віртуально вимірювальних приладів 151
- Korobka S., Stukalets I., Babych M., Syrotyuk S., Skliar O., Boltianskyi B., Skliar R.** Enhancement of energy security of electrical supply of consumers of electrical transmission lines of 0.38 kV using the monitoring system of virtual measuring devices
- Дудніков С. М., Markowska K., Щур Т. Г., Савченко О. А., Трунова І. М., Серєда А. І., Галько С. В., Пазій В. Г., Попадченко С. А.** Аналіз перспектив функціонування біоенергетичного потенціалу в системах енергопостачання України на основі аналізу енергетичного балансу 170
- Dudnikov S., Markowska K., Shchur T., Savchenko O., Trunova I., Sereda A., Halko S., Pазii V., Popadchenko S.** Analysis of prospects for the functionality of bioenergy potential in energy supply systems of Ukraine based on energy balance analysis

**КОМП'ЮТЕРНІ НАУКИ**

- Мацулевич О. Є.** Застосування спеціалізованої PLM-системи Technologi CS при розробці автоматизованої системи ведення конструкторсько-технологічних баз даних підприємства сільськогосподарського машинобудування 184
- Matsulevych O.** Application of the specialized PLM-system Technologi CS in the development of an automated system for managing design and technological databases of an agricultural machinery engineering enterprise



**Ванін В. В., Залевський С. В., Голова О. О., Грубич М. В., Лазарчук-Воробйова Ю. В.** Про один спосіб побудови моделі чебишевської сітки на поверхні 195

**Vanin V. V., Zalevsky S. V., Golova O. A., Grubich M. V., Lazarchuk-Vorobyova Yu. V.** Pro is one way to build a model of a chebyshev mesh on a surface

**Lubko D. V.** Ways to solve the complex problem of introducing STEM-education and artificial intelligence into the educational process at universities 202

**Лубко Д. В.** Шляхи вирішення комплексної проблеми впровадження STEM-освіти та штучного інтелекту в навчальний процес в університетах

### ХАРЧОВІ ТЕХНОЛОГІЇ

**Погорілий С. П., Присяжний В. Г.** Раціональні схеми садіння картоплі в умовах зміни клімату 211

**Pogorilyu S. P., Prisyazhnyi V. G.** Rational schemes of potato planting under the conditions of climate change

**Василишина О. В., Чернега А. О., Гайдай І. В.** Розроблення технології десертів функціонального призначення з використанням полісахаридів 218

**Vasylyshyna O. V., Chernega A. O., Haidai I. V.** Development of technology of functional desserts using polysaccharides

**Фіалковська Л. В.** Розробка рецептури та технології виробництва майонезу 228

**Fialkovska L. V.** Development of the recipe and mayonnaise production technology



DOI: 10.32782/2078-0877-2024-24-1-4

УДК 665.3:621.928.3

В. В. Дідур<sup>1</sup>, д-р техн. наук

ORCID: 0000-0001-7584-5073

І. А. Лещенко, PhD

ORCID: 0000-0002-0937-6739

О. В. В'юник<sup>2</sup>, ст. викладач

ORCID: 0000-0002-6413-5567

<sup>1</sup> Уманський національний університет садівництва<sup>2</sup> Таврійський державний агротехнологічний університет

імені Дмитра Моторного, м. Запоріжжя, Україна

e-mail: olga.viunyk@tsatu.edu.ua, тел: +380987240967

## ПРОБЛЕМИ ОЧИЩЕННЯ РОСЛИННИХ ОЛІЙ

*Анотація.* Аналізуються способи очищення рослинних олій центрифугуванням. Показано, що сепарування не забезпечує повне очищення, оскільки існує межа центрифугування. Використання вертикальних центрифуг, що фільтрують, з цеолітовою фільтрувальною перегородкою дозволяє забезпечити якісне очищення рослинних олій в умовах сільськогосподарських підприємств з мінімальними експлуатаційними витратами. Наводяться формула продуктивності центрифуги та підсумкові результати аналізу адекватності математичних моделей та експериментальних даних процесу очищення рослинних олій на експериментальній фільтруючій центрифугі з цеолітовою фільтрувальною перегородкою. Отримані результати дозволяють використовувати математичну модель робочого процесу відцентрової фільтрації при обґрунтуванні конструктивних параметрів конічних проєктованих фільтруючих центрифуг.

*Ключові слова:* рослинні олії, очищення, види, центрифугування, математична модель, оптимальні характеристики, адекватність.

*Постановка проблеми.* Виробництво рослинних олій безпосередньо у виробника дозволяє підвищити рентабельність виробництва за рахунок зниження витрат на транспортування сировини та одержуваної продукції. Однак відсутність малогабаритного обладнання, пристосованого для умов сільськогосподарських виробників за незначних обсягів виробництва, стримується відсутністю обладнання для тонкого очищення олій.

*Аналіз останніх досліджень.* Олію з насіння олійних культур для умов сільськогосподарських підприємств доцільно видобувати механічним способом, в основі якого лежить пресування подрібненої сировини (при цьому окрім олії отримують макуху) [1, 2].

На малюнку 1 наведено схему отримання рослинних олій після попереднього знежирення методом пресування (форпресування).



За літературними джерелами [1, 3] рослинна олія, отримана пресовим методом, викликає особливий інтерес завдяки великій кількості в ній вітамінів та біологічно активних речовин. Олія холодного пресування зберігає натуральні смак і запах, але вона виходить каламутною через білкові та слизові речовини, що перейшли з олійної сировини, і, як правило, проходить фільтрування.

Найбільший ефект при переробці культур, олійність яких сягає 50%, забезпечує дворазове пресування: попереднє пресування на пресах безперервної дії (форпресах) під малим тиском з віджиманням лише частини олії (60...85%) та вторинне пресування на шнекових пресах – експеллерах [1, 3-12].

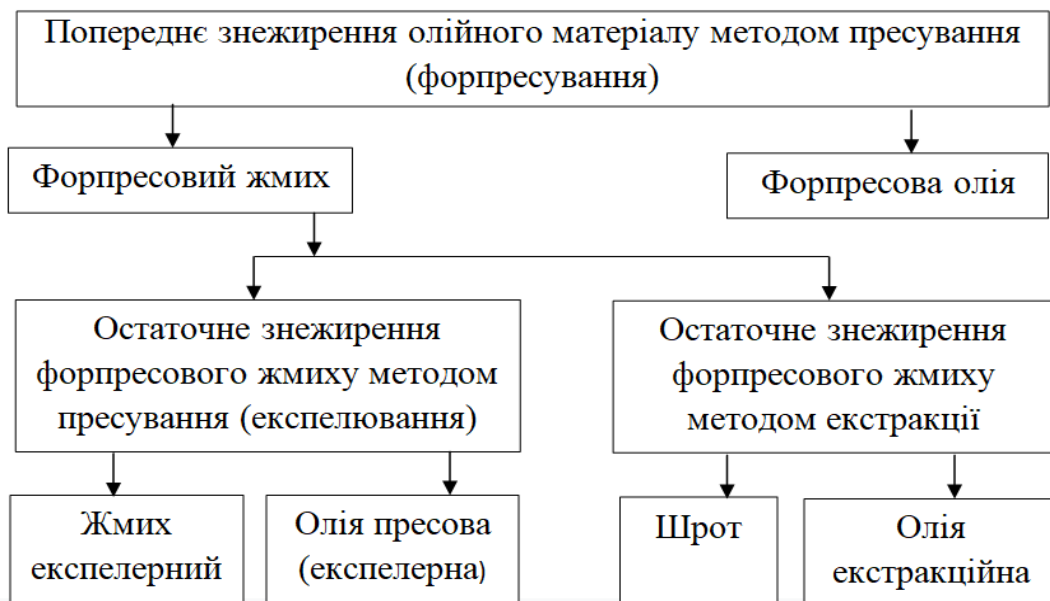


Рис. 1. Схема отримання рослинних олій методом пресування

Методи поділу суспензій (очищення) поділяються залежно від того, яка фаза рухається щодо іншої (рис. 2).



Рис. 2. Класифікація методів поділу неоднорідних систем



У процесі осадження частки рухаються щодо суцільного середовища. При фільтруванні дисперсійна фаза проходить через концентровану дисперсну фазу [9-13].

З досліджень [14-16] випливає, що при центрифугуванні з неоднорідних систем видаляються як зважені домішки, так і вода.

*Формулювання цілей статті.* Метою дослідження є визначення таких показників: продуктивність за певного ступеня очищення, залежність показників якості очищення від конструктивно-кінематичних параметрів центрифуги, технологічних властивостей «сирої» олії та параметрів фільтрувальної перегородки.

*Основна частина.* Застосування фільтруючих центрифуг з фільтрувальною перегородкою з цеоліту відповідно до нашої гіпотези дозволить витягувати практично всі види домішок [17, 18].

Про переваги і недоліки центрифуг можна судити за фактором поділу та індексу продуктивності, у конічних центрифугах середній індекс продуктивності більший у 2,7...3 рази порівняно з циліндричними.

Для центрифуг, призначених для очищення рослинних олій, важливими показниками є: продуктивність за певного ступеня очищення, залежність показників якості очищення від конструктивно-кінематичних параметрів центрифуги, технологічних властивостей «сирої» олії та параметрів фільтрувальної перегородки.

Використання сепараторів для очищення олії не дозволяє повністю видалити механічні домішки. Для сепараторів із центральною подачею рідини граничний розмір частки

$$d_1 = \sqrt{\frac{27I\mu}{\pi\omega^2 z \operatorname{tg}\alpha (R_a^3 - R_i^3)^2 (\rho_o - \rho_e)}}, \quad (1)$$

де  $\rho_o$  – щільність рідини, кг/м<sup>3</sup>;

$\rho_z$  – густина частинки, кг/м<sup>3</sup>;

$\mu$  – динамічна в'язкість рідини, Па·с;

$z$  – кількість тарілок;

$R_d$  – максимальний радіус тарілки, м;

$R_t$  – мінімальний радіус тарілки;

$\alpha$  – кут конуса тарілки, град.

$I$  – продуктивність сепаратора, м<sup>3</sup>/с.

У цьому випадку під граничним розміром частинки розуміють мінімальний розмір такої частинки, яка, перебуваючи на конічній поверхні периферії тарілки, може витримати напір рідини, що рухається від центру до периферії, і втриматися на тарілці. Граничним розміром частинки, що виділяється з рідини, можна охарактеризувати якість поділу системи. Очевидно, що менше граничний розмір частинки, тим ефективніший процес сепарування.



Занадто малі зважені в рідині частинки, що мають розміри, менші так званої межі центрифугування, не відокремлюються від рідини при центрифугуванні. Ця межа є визначеною для даної центрифуги, даної дисперсної системи та умов центрифугування.

Поняття про межу центрифугування, чи, як він спочатку назвав, про межу сепарації, введено Г.І. Бремером в середині двадцятого століття [19]. За його дослідженнями дуже дрібні частинки, що осідають в центрифугуваній рідині, внаслідок дифузії можуть залишатися в рідині у зваженому стані незалежно від тривалості процесу.

Це пов'язано з тим, що скупчення високодисперсних частинок біля поверхні, що обмежує їх рух, за певних умов і нестисненому броунівському русі може призвести до рівності рушійної сили процесу і градієнта осмотичного тиску.

Як показують наші дослідження використання фільтрувальної перегородки, в конічних фільтруючих центрифугах із цеоліту, дозволяє здійснювати більш глибоке очищення порівняно з сепаруванням.

Основне диференціальне рівняння фільтрування [1]:

$$dV / (S dt) = (\Delta P / \mu)(R_{oc} + R_{fn}), \quad (2)$$

де  $\Delta P$  - різниця тисків, Па;

$R_{oc}$  - гідравлічний опір осаду,  $m^{-1}$ ;

$R_{fn}$  - гідравлічний опір фільтрувальної перегородки,  $m^{-1}$ .

Основне диференціальне рівняння фільтрування з утворенням осаду, що не стискається на нестисненій перегородці [20]:

$$\frac{dV}{Sd\tau} = \frac{\Delta P}{\mu \left( r_o x_o \frac{V}{S} + R_{oi} \right)}. \quad (3)$$

Що стосується процесу очищення в конічних фільтруючих центрифугах, перепад тиску, що діє на фільтрувальну перегородку

$$\Delta P = 2\pi^2 \rho_f n^2 (R_2^2 - R_1^2). \quad (4)$$

де  $n$  – число обертів барабана центрифуги, об/с;

$\rho_f$  – щільність дисперсійної фази,  $kg/m^3$ ;

$R_2$  – середній радіус зовнішнього барабана, м;

$R_1$  – середній внутрішній радіус шару осаду, м.

Тиск, що розвивається в рідині при дії відцентрового поля

$$P = \left[ (\omega^2 \rho_f) / 2 \right] (R^2 - r_o^2), \quad (5)$$

де  $R$  – зовнішній радіус ротора центрифуги, м;

$r_o$  – внутрішній радіус шару суспензії в роторі, м.

При фільтруванні з постійною швидкістю підвищується опір



осаду внаслідок збільшення його товщини.

При постійній різниці тисків рівняння фільтрування з утворенням фільтрувальної перегородки, що не стискається:

$$V^2 + 2 \frac{R_{o.i.} S}{r_o x_o} V = 2 \frac{\Delta P S^2}{\mu r_o x_o} T. \quad (6)$$

У проаналізованих роботах [21-24] наводиться така формула продуктивності при ламінарному відцентровому фільтруванні

$$V = \frac{k_c P_f}{\mu h} F, \quad (7)$$

де  $V$  – кількість рідини, що проходить в одиницю часу через середовище, що фільтрує,  $\text{м}^3/\text{с}$ ;

$k_c$  – коефіцієнт проникності даного фільтруючого середовища,  $\text{м}^2$ ;

$P_f$  – падіння тиску при проходженні рідини через фільтруюче середовище,  $\text{Па} \cdot \text{с}$ ;

$\mu$  – динамічна в'язкість суспензії,  $\text{Па} \cdot \text{с}$ ;

$h$  – товщина шару, що фільтрує,  $\text{м}$ .

$F$  – повна площа поперечного перерізу фільтраційного потоку, включаючи площу пор і твердих частинок,  $\text{м}^2$ .

При високих тисках, що розвиваються в центрифугах, осади, що стискаються, сильно ущільнюються, і їх гідравлічний опір потоку стає надмірно великим. Тому на фільтруючих центрифугах недоцільно розділяти суспензії, що утворюють осад, що сильно стискається [22].

Необхідно враховувати високий тиск, що створюється в конічній фільтруючій центрифугі при роботі, та передбачати відповідне ущільнення робочих органів.

Процес очищення рослинної олії у вертикальній конічній фільтруючій центрифугі можна розділити на три періоди:

- утворення шару осаду у порах цеоліту;
- ущільнення осаду та зменшення обсягу пор цеоліту;
- витіснення рідини, що утримується капілярними та молекулярними силами [20-22].

Перший період можна порівняти зі звичайною фільтрацією, причому тиск фільтрації обумовлюється тут натиском, що розвивається завдяки дії суспензії поля відцентрових сил.

Другий період є специфічним, який не має аналогій серед інших процесів. Під час другого періоду спочатку тверді частинки центрифугованої суспензії розташовані некомпактно, при мінімумі точок дотику один з одним. Зважаючи на те, що осад знаходиться під дією силового поля, його скелет прагне до більш щільного розташування частинок. Однак зближення частинок пов'язане зі зменшенням об'єму пор в цеоліті, і, відтак, з вичавлюванням рідкої фази з цих пор.



В цьому випадку виникає рух рідкої фази до центру обертання. Швидкість цього процесу описується рівнянням Стокса. Тиск, який виникає у зв'язку з цим процесом, зумовлює фільтрацію рідини. Окрім тиску, викликаного дією скелету на рідку фазу, в останній розвивається тиск від дії на неї відцентрового поля.

Процес спливу рідкої фази протягом другого періоду обумовлений дією двох вище зазначених тисків; від них, а також від гідравлічного опору залежить швидкість переміщення частинок до зовнішньої обичайки.

Після закінчення періоду ущільнення осаду в порах цеоліту починається перехідний період, під час якого відбувається рух рівня насичення осаду до зовнішньої обичайки ротора.

Коли цей рівень досягне стану максимального заповнення пор цеоліту домішками, починає виявлятися у чистому вигляді третій період процесу. До цього моменту розташування частинок скелета стає найбільш компактним. До початку третього періоду в місцях зіткнення частинок між собою і з поверхнею пор цеоліту залишається рослинна олія, що утримується капілярними та молекулярними силами. Частина його поступово перетікає від одного стику до іншого до центру центрифуги.

Домішки, що у маслі, як більш важка фракція, витісняються до периферії. З метою підвищення якості очищення виведення олії з ротора центрифуги здійснюється через отвори, що розташовані ближче до центру центрифуги.

Неочищена олія після надходження в нижню частину зазору між обичайками починає рух вгору зі швидкістю протоки  $U_{пр}$ . До центру центрифуги рухається очищена олія, що витісняється більш важкими частинками домішок зі швидкістю спливу  $U_c$ . При русі вгору в міжобичайному просторі ротора вздовж твірної конуса олія протікає каналами цеоліту при одночасному радіальному русі, в процесі якого вона поступово звільняється від частинок домішок під дією сил відцентрового поля. При досягненні верхньої частини ротора очищена олія виводиться через трубку з регульованою площею поверхні отвору і потрапляє до збірника очищеної олії кожуха центрифуги.

В результаті теоретичних досліджень [21] отримано наступне рівняння продуктивності

$$W = 3,16gF_2 \cdot Frk_c C_m = 3,16g\Sigma k_c C_m, \quad (8)$$

де  $F_2$  - площа поверхні осадження ротора центрифуги, м<sup>2</sup>;

$$F_2 = r_{\min} \left\{ \left[ (r_{\min} + H \operatorname{tg} \theta_o) r_{\min} \right]^{1/2} + \left[ (r_{\min} + H \operatorname{tg} \theta_o + l_2) (r_{\min} + l_2) \right]^{1/2} \right\}^2 / \left[ (r_{\min} r_{\max})^{1/2} \operatorname{tg} \theta_o \right], \quad (9)$$

де  $F_r$  – фактор поділу



$$Fr = \frac{\omega^2 r_{cp}}{g} = \frac{\omega^2}{g} (r_{min} r_{max})^{1/2} \quad (10)$$

Коефіцієнт проникності

$$k_c = 0,0068d^2 \frac{\varepsilon^3}{1 + \zeta}. \quad (11)$$

Показник, що характеризує вплив властивостей мастила, що обробляється,  $C_m$  (кг·с/м<sup>5</sup>)

$$C_m = \frac{\rho_s - \rho_f}{\nu} = \frac{\Delta\rho}{\nu}. \quad (12)$$

Індекс продуктивності центрифуги

$$\Sigma = 0,196\omega F_{ome} \left[ (R_{max} R_{min})^{1/2} + (r_{max} r_{min})^{1/2} \right] \times \\ \times \left[ \rho_f \nu / (\rho_s - \rho_f) \right] / [q k_c]. \quad (13)$$

Вирішуючи щодо різниці щільностей дисперсної та дисперсійної фаз  $\Delta\rho$ , отримаємо

$$\Delta\rho = (\rho_s - \rho_f) = 0,196\omega F_{ome} \nu \rho_f \left[ (R_{max} R_{min})^{1/2} + \right. \\ \left. + (r_{max} r_{min})^{1/2} \right] / (q k_c \Sigma). \quad (14)$$

де  $\omega$  – частота обертання ротора центрифуги, с<sup>-1</sup>;

$\rho_s - \rho_f$  – різниця густин дисперсної та дисперсійної фаз рослинної олії, кг/м<sup>3</sup>;

$\rho_f$  – щільність дисперсійного середовища (олії), кг/м<sup>3</sup>;

$\mu$  – динамічна в'язкість суспензії, кг/м·с;

$r_{min}$  – мінімальний радіус внутрішньої обічайки ротора центрифуги, м;

$d$  – діаметр частинок цеоліту, м;

$\varepsilon$  – пористість фільтруючого матеріалу;

$\zeta$  – коефіцієнт пористості;

$H$  – висота ротора центрифуги, м;

$\theta_o$  – кут між осьюовою лінією і твірною ротора центрифуги, град.;

$\ell_2$  – радіальна відстань між обічайками ротора центрифуги, м.

$\rho_s$  – щільність суспензії, кг/м<sup>3</sup>;

$\nu$  – кінематична в'язкість масла, що фільтрується, м<sup>2</sup>/с.

Експериментальна центрифуга має наступні параметри: мінімальний радіус внутрішньої обічайки конуса ротора  $r_{min}=0,04$  м, радіальна відстань між внутрішньою і зовнішньою обічайками ротора  $\ell_2=0,028$  м, висота конуса ротора  $H=0,135$  м, тангенс кута нахилу між утворюючою ротора з вертикальною віссю центрифуги  $\text{tg } 35^\circ = 0,7$ .

У процесі досліджень аналізованими факторами процесу очищення рослинних олій прийняті: частота обертання ротора





центрифуги  $X_1(\omega)$ , площа отворів на виході очищеної олії з центрифуги  $X_2(F_{\text{отв}})$  і еквівалентний діаметр частинок цеоліту  $X_3(d)$ .

Компромісні значення аналізованих факторів оцінюються за результатами аналізу результатів багатofакторних експериментів при оцінці критеріїв оптимізації: різниці густин очищеної олії та дисперсійної фази ( $Y_1$ ), кислотного числа очищеної олії ( $Y_3$ ), масової частки нежирових домішок ( $Y_4$ ), масової частки вологи летких речовин ( $Y_5$ ).

Компромісними параметрами є частота обертання ротора центрифуги  $\omega \geq 250 \text{ c}^{-1}$ , еквівалентний діаметр частинок цеоліту  $d = 0,0035 \dots 0,004 \text{ м}$ , які справедливі для всіх центрифуг аналогічної конструкції. При таких показниках і при розмірних характеристиках експериментальної центрифуги продуктивність обмежується отвором для виходу очищеного масла  $F_{\text{отв}} < 0,5 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2$ .

Наведені дані свідчать про те, що розроблені конструкції центрифуг дозволяють отримувати очищену олію, відповідно вимогам ДСТУ 4534:2006 [25] та ДСТУ 4492:2017 [26] при їх використанні з компромісними параметрами, що впливають на якісні показники очищення.

За теоретичними ( $\Delta\rho_{\text{теор}}$ ,  $\text{кг/м}^3$ ) та експериментальними ( $\Delta\rho_{\text{експ}}$ ,  $\text{кг/м}^3$ ) даними різниці густин очищеної соняшникової олії та дисперсійної фази отримана залежність теоретичної та експериментальної різниці густин очищеної соняшникової олії та дисперсійної фази від площі отворів для виведення очищеної олії з ротора центрифуги.

Експеримент проведено на центрифугі при частоті обертання ротора  $\omega = 250 \text{ c}^{-1}$  та еквівалентному діаметрі частинок цеоліту  $d = 0,004 \text{ м}$ .

Теоретична різниця густин отримана за математичною моделлю (14) при частоті обертання ротора  $\omega = 250 \text{ c}^{-1}$  і еквівалентному діаметрі частинок цеоліту  $d = 0,004 \text{ м}$ .

У зв'язку з тим, що при виведенні математичної моделі процесу очищення рослинних олій врахувати всі мікро- і макрофактори неможливо, експериментальні дані відрізняються від теоретичних, тому введений поправочний коефіцієнт  $K_n$ :

$$\Delta\rho = K_n 82,8 F_{\text{отв}} / (\omega C_y).$$

Поправочний коефіцієнт  $K_n$  знаходиться за експериментальним  $\Delta\rho_{\text{експ}}$  і теоретичним  $\Delta\rho_{\text{теор}}$  даним за формулою

$$K_n = \Delta\rho_{\text{експ}} / \Delta\rho_{\text{теор}} = 2,62$$

За формулою (14) розраховується теоретична різниця густин ( $\Delta\rho_{\text{теор}}$ ,  $\text{кг/м}^3$ ) при конструктивно-кінематичних параметрах, що характеризують експериментальну центрифугу, яка уточнюється поправним коефіцієнтом  $K_n$  і наноситься на графік (рис. 4, ряд 2).

З використанням програми «Excel» за отриманими даними побудовано графік (рисунок 4) залежності теоретичної та експериментальної різниці густин очищеної соняшникової олії та дисперсійної фази від площі отвору. За програмою «Statistica-6» визначена тіснота зв'язку між теоретичними та експериментальними значеннями різниці густин, яка характеризується коефіцієнтами детермінації  $R^2 = 0,981$  та кореляції  $R = 0,993$  при довірчій ймовірності  $p = 0,0075$ , що характеризує хороший зв'язок.

Розрахунковий критерій Фішера  $F_R = 77,4$  більше табличного  $F_{\text{табл}} = 10,1$ , тобто математична модель адекватно відбиває процеси очищення рослинних олій у конічних центрифугах.

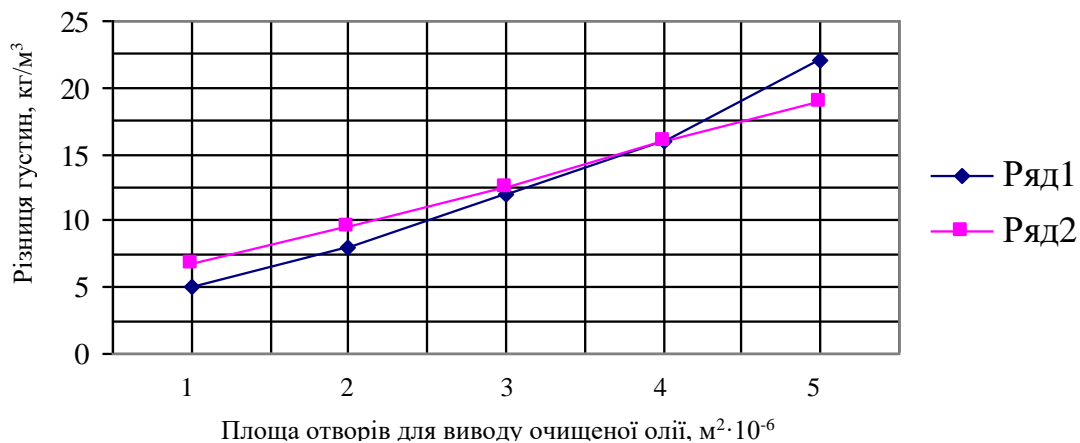


Рис. 4. Залежність теоретичної та експериментальної різниці густин очищеної олії та дисперсійної фази від площі отворів для виведення очищеної олії з ротора центрифуги:  
ряд 1 – експериментальна; ряд 2 – теоретична

*Висновки.* Раціональними параметрами експериментальної центрифуги є: частота обертання ротора центрифуги  $\omega \geq 250 \text{ с}^{-1}$ , еквівалентний діаметр частинок цеоліту  $d = 0,0035 \dots 0,004 \text{ м}$ , площа отвору для виходу очищеної олії  $F_{\text{отв}} = 0,1 \cdot 10^{-6} \dots 0,3 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2$ .

При зазначених параметрах критерії оптимізації для експериментальної центрифуги рівні: кислотне число  $K = 0,4 \text{ мг КОН/г}$ , масова частка нежирових домішок, масова частка вологи та летких речовин, різниця щільностей очищеної олії та дисперсійної фази близько нуля.

Обґрунтовано адекватність розроблених математичних моделей та експериментальних даних робочого процесу вертикальних конічних фільтруючих центрифуг.

Отримані результати дозволяють рекомендувати математичну модель робочого процесу відцентрової фільтрації при обґрунтуванні конструктивних параметрів конічних фільтруючих центрифуг.



*Список використаних джерел.*

1. Пісчанська В.В., Медведовська В.М. Механічні процеси і апарати хімічних виробництв: навч. посібник. Дніпропетровськ: НМетАУ, 2008. 52 с.
2. Didur V., Tkachenko V., Tkachenko A., Didur V., Vereshchaga A.. Rheology of the pulp of castor-oil seeds and its effect on the process of pressing. *Advances of science: Proceedings of articles the international scientific conference. Karlovy Vary, Kyiv: MCNIP, 2018. P. 609–618.*
3. Дідур В. В., Журавель Д. П., Шокарев О. М., Вюник О. В., Комар А. С. Аналіз технологій отримання олії з олійних культур. *Науковий вісник ТДАТУ. 2022. Вип. 12, т. 3. С. 180–189.* <http://elar.tsatu.edu.ua/handle/123456789/16597> (дата звернення 24.12.2023).
4. Процеси та апарати харчових виробництв: підручник / А. М. Поперечний, О. І. Черевко, В. Б. Гаркуша, Н. В. Кирпиченко; за ред. А. М. Поперечного. Київ : Центр учбової літератури, 2007. 304 с.
5. Механічні процеси і обладнання переробного та харчового виробництва : навч. посібник / П. С. Берник [та ін.]. Львів : Львівська політехніка, 2004. 336 с.
6. Розрахунки обладнання підприємств переробної і харчової промисловості / В. Г. Мирончук [та ін.]. Вінниця: Нова книга, 2004. 288 с.
7. Малезик І. Ф. Процеси і апарати харчових виробництв: лабораторний практикум / за ред. І. Ф. Малезика. Київ: НУХТ, 2006. 224 с.
8. Marvin Winkler, Heiko Sonner, Marco Gleiss, Hermann Nirschl Fractionation of ultrafineparticles: Evaluation of separation efficiency by UV–visspectroscopy. *Chemical Engineering Science. 2020. Vol. 213. e115374.* [https://doi.org/10.1016/j.ces.2019.115374.](https://doi.org/10.1016/j.ces.2019.115374)
9. Лабораторний практикум з дисципліни «Процеси і апарати»: навч. посібник / В. Ф. Ялпачик [та ін.]. Мелітополь: Видавничий будинок Мелітопольської міської друкарні, 2017. 275 с.
10. Процеси і апарати харчових виробництв : лабораторний практикум : навч. посібник / О. І. Черевко [та ін.]. Харків : Світ Книг, 2013. 168 с.
11. Процеси і апарати. Механічні та гідромеханічні процеси: підручник / В. С. Бойко, К. О. Самойчук, В. Г. Тарасенко [та ін.]. Мелітополь, 2021. 445 с.
12. Хімічна технологія та обладнання підприємств: навч. посібник для студентів спеціальності 133 «Галузеве машинобудування» денної та заочної форм навчання / О. Д. Клименко, Е. Л. Селезньов. Луцьк: Луцький НТУ, 2018. 136 с.
13. Паляничка Н. О., Верхоланцева В. О. Пресове обладнання для виробництва рослинної олії: метод. вказівки для студентів, які



навчаються за спеціальністю 133 «Галузеве машинобудування», здобувачів вищої освіти «Магістр». Мелітополь: ТДАТУ, 2018. 21 с.

14. Паламарчук І. П., Бандура В. М., Фіалковська Л. В., Пазюк В. М. Обґрунтування технології та розробка обладнання для первинного очищення соняшникової олії. *Вібрації в техніці та технологіях*. 2017. № 1(84). С. 128 – 132.

15. Dellapiane Juan, Peloso, Jose. Process for purification of vegetable oils upon withdrawal of solids by centrifugation in the miscella stage. *Patent*. 2014. US8692004B <https://www.researchgate.net/publication/302724382> (дата звернення 04.01.2024).

16. Wong M., Eyres L., Ravetti L. Modern Aqueous Oil Extraction—Centrifugation Systems for Olive and Avocado Oils. *Green Vegetable Oil Processing*. 2018. P. 19-51. <https://doi.org/10.1016/B978-0-9888565-3-0.50005-4>.

17. Resasco D. E., Crossley S. P., Wang B., White J. L. Interaction of water with zeolites: a review. *CatalysisReviews*. 2021. Vol. 63(2). P. 302–362. <https://doi.org/10.1080/01614940.2021.1948301>.

18. Salahudeen N. A. Review on Zeolite: Application, Synthesis and Effect of Synthesis Parameters on Product Properties. *ChemistryAfrica*. 2022. Vol. 5. P. 1889–1906. <https://doi.org/10.1007/s42250-022-00471-9>.

19. Бремер Г. И. Жидкостные сепараторы. Москва: Машгиз, 1977. 295 с.

20. Tantray Javeed Mansoor, Sheikh Choh Wani, Rasy Nissa, Nighat. *Basic Life Science Methods*, 2023. P. 15-20. <https://doi.org/10.1016/B978-0-443-19174-9.00005-2>.

21. Процеси і апарати. Механічні та гідромеханічні процеси: підручник / В. С. Бойко, К. О. Самойчук, В. Г. Тарасенко [та ін.] Мелітополь, 2021. 445 с.

22. Angelis A., Michailidis D., Antoniadis L., Stathopoulos P. [et al.] Pilot continuous centrifugalliquid-liquid extraction of extravirgin olive oil biophenols and gram-scale recovery of pure oleocanthal, oleacein, MFOA, MFLA and hydroxytyrosol. *Separation and Purification Technology*. 2021. Vol. 255. e117692. <https://doi.org/10.1016/j.seppur.2020.117692>.

23. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт професійно-орієнтованої дисципліни «Технологічне обладнання м'ясної та молочної галузі» (Частина 3: Обладнання для розділення неоднорідних систем) для студентів напрямку підготовки 6.051701 – харчові технології та інженерія денної форми навчання / Укладачі В. М. Пазюк, О. Д. Пазюк. Вінниця: ВНАУ, 2014. 32 с.

24. Навчально-методичний посібник до виконання лабораторних робіт з дисципліни «Експлуатація техніки в переробці» для студентів спеціальності 6.100102 «Процеси, машини та обладнання



агропромислового виробництва» денної форми навчання / Укладачі В. М. Пазюк, О. Д. Пазюк, О. В. Цуркан. Вінниця: ВНАУ, 2013. 81 с.

25. ДСТУ 4534-2006 Олія соєва. Технічні умови. [Чинний від 2007-04-01]. Київ, 2007. 19 с. (Інформація та документація).

26. ДСТУ 4492:2017 Олія соняшникова. Технічні умови. [Чинний від 2019-01-01]. Київ Держстандарт України 2018 р. 19 с. (Інформація та документація).

*Стаття надійшла до редакції 04.02.2024 .*

**V. Didur<sup>1</sup>, I. Leshchenko<sup>1</sup>, O. Viunyk<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Uman National University of Horticulture

<sup>2</sup>Dmytro Motornyi Tavria state agrotechnological university

## **PROBLEMS OF PURIFICATION OF VEGETABLE OILS**

### *Summary*

The production of vegetable oils directly at the manufacturer allows to increase the profitability of production due to the reduction of costs for the transportation of raw materials and received products. The paper provides a scheme for obtaining vegetable oils by the pressing method and a scheme for classifying methods of separation of heterogeneous systems. The results of the analysis of vegetable oil purification methods are presented. Methods of purification of vegetable oils by the centrifugation method are considered. It is shown that separation does not provide complete purification because there is a limit to centrifugation. The process of purifying vegetable oil in a vertical conical filter centrifuge is considered in detail. Processes that occur in each of the three periods of purification are described. It was established that the use of vertical filter centrifuges with a zeolite filter partition allows for high-quality purification of vegetable oils in the conditions of agricultural enterprises with minimal operating costs. The formula for centrifuge productivity is given. The parameters of the experimental centrifuge and the factors by which the research was conducted are described. The final results of the analysis of the adequacy of mathematical models and experimental data of the process of purifying vegetable oils on an experimental filter centrifuge with a zeolite filter partition are presented. The dependence of the theoretical and experimental difference in the densities of the purified oil and the dispersion phase on the area of the holes for removing the purified oil from the centrifuge rotor is presented. The paper presents the rational parameters of the experimental centrifuge, and specifies the optimization criteria for the experimental centrifuge with the specified parameters. The adequacy of the developed mathematical models and experimental data of the working process of vertical conical filtering centrifuges is substantiated. The obtained results allow the use of a mathematical model of the work process of centrifugal filtration when substantiating the design parameters of the designed conical filtering centrifuges.

**Keywords:** vegetable oils, purification, types, centrifugation, mathematical model, rational parameters, adequacy.

**ПРАЦІ**  
**Таврійського державного агротехнологічного університету**

*Наукове фахове видання*

**Випуск 24, том 1**

*Заснований у 1998 р*  
*Виходить три рази на рік*

Свідоцтво про державну реєстрацію  
Друкованого засобу масової інформації  
Міністерство юстиції  
КВ 24285-14125 ПР від 27.12.2019 р.

Відповідальний за випуск – д.т.н., професор Панченко А.І.

---

Підписано до друку 01.05.2024 р. Формат 60x84/8. Папір офсетний.  
Гарнітура Times New Roman. Ум. друк. арк. 27,43. Наклад 100.

Видавництво і друкарня – Видавничий дім «Гельветика»  
65101, м. Одеса, вул. Інглезі, 6/1  
Телефони: +38 (095) 934 48 28, +38 (097) 723 06 08  
E-mail: mailbox@helvetica.ua  
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи  
ДК № 7623 від 22.06.2022 р.