

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
«ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ»

Мазур Олена Валеріївна



УДК 665.117.2.03

**УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ПІДГОТОВКИ СОНЯШНИКОВОЇ  
МАКУХИ ДО ВИДОБУВАННЯ ОЛІЇ**

Спеціальність 05.18.06 – технологія жирів, ефірних масел та  
парфумерно-косметичних продуктів

Автореферат  
дисертації на здобуття наукового ступеня  
кандидата технічних наук

Харків – 2013

Дисертацією є рукопис.

Роботу виконано у відділі досліджень технологій олійно-екстракційного виробництва Українського науково-дослідного інституту олій та жирів, м. Харків, Національна академія аграрних наук України.

**Науковий керівник:** доктор технічних наук, професор  
**Демидов Ігор Миколайович,**  
Національний технічний університет  
“Харківський політехнічний інститут”,  
професор кафедри технології жирів  
та продуктів бродіння

**Офіційні опоненти:** доктор хімічних наук, професор  
**Манк Валерій Веніамінович,**  
Національний університет харчових технологій,  
завідувач кафедри технології жирів і  
парфумерно-косметичних виробів

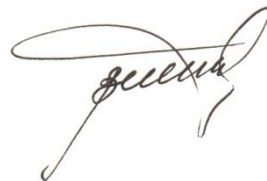
кандидат технічних наук  
**Левчук Ірина Володимирівна,**  
ДП «Укрметртестстандарт»,  
зам. начальника науково-методичної лабораторії  
хроматографічних досліджень

Захист відбудеться «24» жовтня 2013 р. о 14<sup>00</sup> годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 64.050.05 Національного технічного університету “Харківський політехнічний інститут” за адресою: вул. Фрунзе, 21, м. Харків, 61002

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Національного технічного університету “Харківський політехнічний інститут”.

Автореферат розіслано « 20 » вересня 2013 р.

Вчений секретар  
спеціалізованої вченої ради  
Д 64.050.05



Тимченко В.К.

## ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

**Актуальність теми.** Високі показники виробництва соняшникової олії в Україні забезпечуються за рахунок постійного вдосконалення технологій вирощування насіння та видобування з нього рослинних олій. Одним з найпоширеніших методів видобування соняшникової олії є метод з попереднім пресуванням спеціально підготованого насіння та подальшій його екстракції за допомогою розчинників. З цих двох технологічних стадій, стадія екстракції є набагато більш складною в апаратурному оформленні, вимагає більшої кількості підготовчих технологічних операцій, потребує більших матеріальних витрат. Правильне проведення екстракції забезпечує необхідну повноту вилучення олії та її високу якість.

Процес екстракції залежить від значної кількості факторів, серед яких одним з найголовніших є внутрішня та зовнішня структура олійного матеріалу. Оптимальна внутрішня структура матеріалу та правильна структура його шару дозволяє вилучати олію максимально повно та швидко. Для створення оптимальної внутрішньої та зовнішньої структури матеріалу, який підлягає екстракції, використовують низку технологічних операцій з використанням значної кількості обладнання. Стан сучасних технологій підготовки матеріалу до екстракції спонукають дослідників до їх спрощення та створення технологій які б забезпечували оптимальну внутрішню структуру матеріалу. Виходячи з цього дослідження, які спрямовані на удосконалення технологій видобування рослинних олій є актуальними та складають наукове завдання, яке вирішує дана дисертаційна робота.

**Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.** Дисертаційну роботу виконано у відділі досліджень технологій олійно-екстракційного виробництва Українського науково-дослідного інституту олій та жирів у відповідності з програмою НААН України, план наукових досліджень №36 «Інноваційні технології зберігання і переробки сільськогосподарської сировини та виробництва харчової продукції з науково-обґрунтованою системою їх якості», завдання «Виконати дослідження та розробити методи визначення показників капілярно-пористих структур сировини для екстракції олії» (№ ДР 0111U 00541), де здобувач був відповідальним виконавцем окремих етапів робіт.

**Мета і задачі дослідження.** Мета роботи – створення наукового обґрунтування та технології підготовки соняшникової макухи у вигляді гранул до вилучення екстракційної олії.

Для досягнення поставленої мети поставлено наступні завдання:

– провести теоретичні дослідження та сформулювати робочу гіпотезу щодо можливості покращення капілярно-пористої структури олійного матеріалу з використанням методів грануляції;

– експериментально дослідити технологічні властивості (вологість, олійність і т.д.) виробничих зразків соняшникової макухи у вигляді пелюстки, крупки та гранул;

– створити науково-обґрунтовану методику визначення пористої структури соняшникової макухи;

– виконати порівняльні дослідження пористої структури промислових зразків соняшникової макухи та дослідити вплив пористості та технологічних властивостей соняшникової макухи на ступінь вилучення екстракційної олії;

– виявити ефективні параметри формування соняшникової макухи у вигляді гранул; створити математичну модель прогнозування залишкової олійності шроту від технологічних показників формування гранул макухи методом екструзії;

– розробити технологічну схему та технологічну інструкцію підготовки соняшникової макухи у вигляді гранул;

– запровадити результати досліджень у виробництво і навчальний процес.

*Об'єкт дослідження* – процес підготовки соняшникової макухи до екстракції.

*Предмет дослідження* – показники пористої структури соняшникової макухи; технологічні показники процесів підготовки олійного матеріалу та екстракції олії з макухи.

**Методи дослідження.** Характеристики пористості соняшникової макухи – відкрита пористість, питома поверхня – визначались за розробленою методикою методом насичення. Олійність, вологість, бензоолієємність макухи – стандартними методами згідно ГОСТ та ДСТУ. Розрахунки кінетичних параметрів дифузії олії з гранул розраховано диференціальним методом. Планування експериментів, обробку отриманих даних проведено за допомогою програмних пакетів Microsoft Excel, MathCAD. Експериментальні дослідження виконані у відділі досліджень технологій олійно-екстракційного виробництва Українського науково-дослідного інституту олій та жирів та у промислових умовах АО «Флоаря Соарелуй», (Молдова, м. Бельці).

#### **Наукова новизна одержаних результатів:**

Вперше:

– доведено, що для досліджень пористої структури соняшникової макухи перспективним є метод насичення з використанням імерсійної рідини – бензолу, який дозволяє оцінювати характеристики олійного матеріалу що піддається екстракції;

– експериментально одержано нові наукові дані стосовно удаваної густини, відкритої пористості, питомої поверхні та ефективного об'єму пор промислових зразків макухи, підготовленої у вигляді пелюсток, крупки та гранул;

– визначено кількісні характеристики руху розчинника через шар матеріалу (проникність, коефіцієнт фільтрації, швидкість руху розчинника, швидкість екстракції, насичуваність) в залежності від величини відкритої пористості матеріалу;

– розраховано коефіцієнти дифузії соняшникової олії з гранульованої макухи до місцели та встановлено залежність цього показника від значення відкритої пористості гранул матеріалу з використанням програмних пакетів MathCAD та Microsoft Excel;

– для прогнозування величини відкритої пористості гранул в залежності від основних технологічних параметрів: вологості мезги, частоти обертання шнеку пресу, та значення живого перетину матриці вихідного отвору створено адекватну математичну модель процесу формування макухи;

– запропоновано математичну модель прогнозування значення залишкової олійності шроту від технологічних параметрів підготовки гранул.

**Практичне значення одержаних результатів** для олійножирової галузі полягає у експериментальному визначенні оптимальних технологічних умов, які необхідно підтримувати при підготовці соняшникової макухи у вигляді гранул для досягнення максимального виходу та швидкості вилучення екстракційної олії. Розроблено «Методику виконання вимірювань визначення відкритої пористості, удаваної щільності, ефективного об'єму пор і питомої поверхні макухи олійних культур» для оцінки характеристик пористості соняшникової макухи, яка пройшла метрологічну атестацію та необхідне узгодження. Розроблено технологічну схему підготовки соняшникової макухи у вигляді гранул. Результати роботи опочатковано на Вінницькому ОЖК та підприємстві АО «Флорая Соарелуй» (м. Бельці, Молдова) для якого розроблено «Технологическую инструкцию по эксплуатации прессового агрегата МПШ -92 М для предварительного отжима масла из семян подсолнечника с экспандированием жмыха в виде гранул для последующей экстракции растворителем  $\Pi = 4000$  кг/сутки». Основні результати дисертаційної роботи використовуються у навчальному процесі НТУ «ХПІ» під час викладання дисциплін «Сучасні напрями розвитку технології видобування жирів», курсовому та дипломному проектуванні.

**Особистий внесок здобувача.** Всі основні положення дисертації, які винесено на захист, одержано здобувачем самостійно, серед яких: планування та виконання експериментальної частини роботи, розробка методики визначення характеристик пористості соняшникової макухи, проведення досліджень екстракції олії з олійного матеріалу, математична обробка одержаних експериментальних даних щодо кінетики екстрагування олії, виконання необхідних експериментальних досліджень з визначення основних характеристик сировини та одержаних продуктів, формулювання основних висновків дисертації. Постановка мети та задач дослідження, обговорення та аналіз одержаних результатів виконано разом з науковим керівником.

**Апробація результатів роботи.** Основні положення і результати дисертаційної роботи оприлюднено і обговорено на: Науково-технічній конференції “Хімія і технологія жирів” (м. Харків, 2005 р.), V Міжнародній конференції “Масложировая индустрия – 2005. Факторы, определяющие

качество масложировых продуктов” (м. Санкт-Петербург, 2005 р.), на 3-х Міжнародних науково-практичних конференціях “Хімія і технологія жирів. Перспективи розвитку олійно-жирової галузі” (м. °Алушта, 2009, 2011 та 2012 р.).

**Публікації.** Основні результати дисертаційної роботи опубліковано у 9 працях, з яких 3 в фахових наукових виданнях України, 2 – у матеріалах конференцій.

**Структура та об’єм роботи.** Дисертаційна робота складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаних джерел, додатків. Загальний обсяг дисертації становить 160 сторінок; з них 38 рисунок по тексту; 1 рисунок на 1 окремій сторінці; 19 таблиць по тексту; списку використаних джерел з 105 найменування на 11 сторінках, 6 додатків на 30 сторінках.

## ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

**У вступі** розкрито актуальність досліджень спрямованих на удосконалення технологій підготовки соняшникової макухи до видобування олії методом екстракції, сформульовано мету, поставлено основні задачі дослідження, представлено наукову новизну та практичну значимість проведених досліджень. Наведено відомості про випробування розробленого технологічного рішення та розроблених методик, зазначено особистий внесок здобувача.

**У першому розділі** проведено аналіз науково-технічних даних щодо видобування олій та жирів методом екстракції. Обґрунтовані основні фактори, які впливають на процес вилучення цільових речовин. Систематизовано сучасні технології підготовки олійного матеріалу до екстракції та їх вплив на ступінь вилучення олії. Проведено аналіз сучасних технологій екстракції рослинних олій. Відзначено, що найбільш перспективними є дослідження властивостей пористості олійних матеріалів, оскільки вони мають найбільший вплив на видобування олії методом екстракції. Сформульовано гіпотезу щодо удосконалення технології підготовки соняшникової макухи з використанням методів грануляції.

**В другому розділі** наведено характеристики основних та допоміжних речовин та матеріалів, які використано для досліджень. Зазначено основні методи аналізу сировини та одержаних продуктів. Наведено методики обробки експериментальних даних. Для визначення характеристик пористості представлених соняшникових макух розроблено перспективну методику, яка базується на методі насичення матеріалу імерсійною рідиною. Насичення матеріалу відбувається шляхом вакуумування на установці, яка представлена на рис. 1.

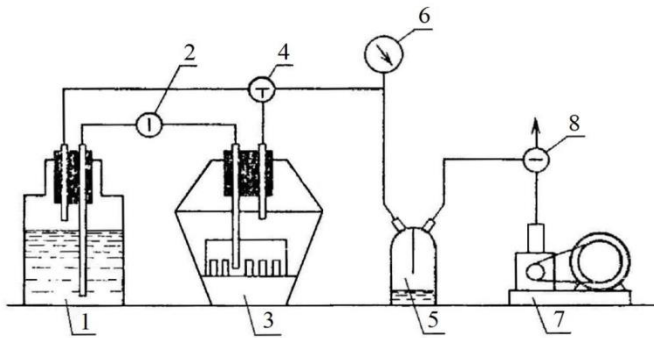


Рисунок 1 – Принципова схема насичення зразків макухи імерсійною рідиною шляхом вакуумування, де 1 – склянка для імерсійної рідини; 2 – кран; 3 – ємність для насичення зразків; 4 – трьохходовий кран; 5 – пастка для запобігання потрапляння рідини у вакуумний насос 6 – вакуумметр; 7 – вакуумний насос; 8 – кран вакуум-насосу та заповнення системи повітрям.

пористості макух, яка пройшла необхідне затвердження та метрологічну атестацію.

Дослідження екстракції проведено на лабораторній дослідній установці, яка складається з восьми комірок екстракції, дозволяє організувати рух розчинника у «протихід» та дозволяє відбирати зразки з будь-яких комірок. Час проведення екстракції становив 90 хвилин, що дорівнює часу промислової екстракції. Температура розчинника становила 50 °С, температура макухи 60 °С, а гідромодуль екстракції - 1:1.

Одержання гранульованої макухи проведено в промислових умовах підприємства АО «Флоаря Соарелуй», на пресовому агрегаті для попереднього віджиму олії МПШ-92М з використанням насадки для виробництва гранул, яка розроблена у відділі досліджень олійноекстракційного виробництва УкрНДІОЖ НААН України спільно з ПАТ «Хімтекстильмаш», (м. Чернігів).

Олійність, вологість макух та шротів визначено стандартними методами згідно ГОСТ 13979.2 та ДСТУ ISO 662 відповідно. Характеристики руху розчинників у шарі матеріалу, що екстрагується визначено за допомогою методик технохімконтролю. Обробку результатів та математичне моделювання проведено з використанням програмних пакетів Microsoft Excel, MathCAD.

**В третьому розділі** наведені експериментальні результати дослідження впливу пористості матеріалу на технологічні характеристики окремих

Розроблений метод визначання відкритої пористості, удаваної щільності, ефективного об'єму пор і питомої поверхні макухи олійних культур ґрунтується на здатності імерсійної рідини насичувати пори матеріалу. За результатами проведених досліджень підібрано імерсійну рідину – бензол – яка дозволяє визначати характеристики пористості та при цьому не взаємодіє з соняшниковою макухою та не викликає її набрякання. З використанням одержаних результатів розроблено методику визначення характеристик

часточок макухи та її шару, який підготовлено до екстракції. Визначено вплив відкритої пористості на швидкість руху розчиннику всередині часточок макухи та шару макухи, а також значення відкритої пористості на повноту, швидкість екстракції та залишкову олійність шроту. Визначено вплив способу підготовки матеріалу до екстракції на протікання процесу вилучення олії. Встановлено залежність коефіцієнту дифузії олії з матеріалу підготованого у вигляді гранул від значення відкритої пористості матеріалу.

Для експериментальних досліджень використано зразки макухи у вигляді пелюстки, крупки та гранул з різних олійноекстракційних підприємств, характеристики пористості яких представлено в таблиці 1 та 2.

Таблиця 1

Основні характеристики пористості зразків макухи у вигляді пелюстки та крупки

Показник	Пелюстка		Крупка		
	1	2	1	2	3
Удавана щільність, г/см <sup>3</sup>	0,85	0,91	0,887	0,87	0,93
Відкрита пористість, %	38,82	35,27	36,26	39,93	30,27
Питома поверхня, см <sup>2</sup> /г	1243,4	972,15	1097,5	1195,83	919,76
Ефективний об'єм пор, см <sup>3</sup>	18,25	16,39	16,65	18,9	14,64

Таблиця 2

Основні характеристики пористості зразків макухи у вигляді гранул

Показник	Гранула														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Удавана щільність, г/см <sup>3</sup>	0,901	0,887	0,84	0,812	0,808	0,799	0,78	0,779	0,778	0,77	0,77	0,766	0,757	0,75	0,75
Відкрита пористість, %	34,54	36,28	40,2	41,56	42,09	42,67	43,35	43,46	43,49	44,11	44,2	44,46	45,93	46,91	47,47
Питома поверхня, см <sup>2</sup> /г	1036,74	1097,5	1224,04	1392,09	1430,59	1443,63	1461,39	1472,92	1472,92	1547,3	1547,3	1570,56	1630,2	1685,89	1722,94
Ефективний об'єм пор, см <sup>3</sup>	15,04	16,65	19,9	20,4	20,87	21,03	21,5	21,62	21,62	22,7	22,7	23,06	24,5	24,9	25,4

Оскільки відомо, що на швидкість та повноту процесу екстракції великий вплив має структура матеріалу та структура його шару, то спершу визначено вплив значення відкритої пористості на такі показники як удавана густина матеріалу, питома поверхня та ефективний об'єм пор. На рис. 2 представлено залежність значення удаваної щільності від величини відкритої пористості



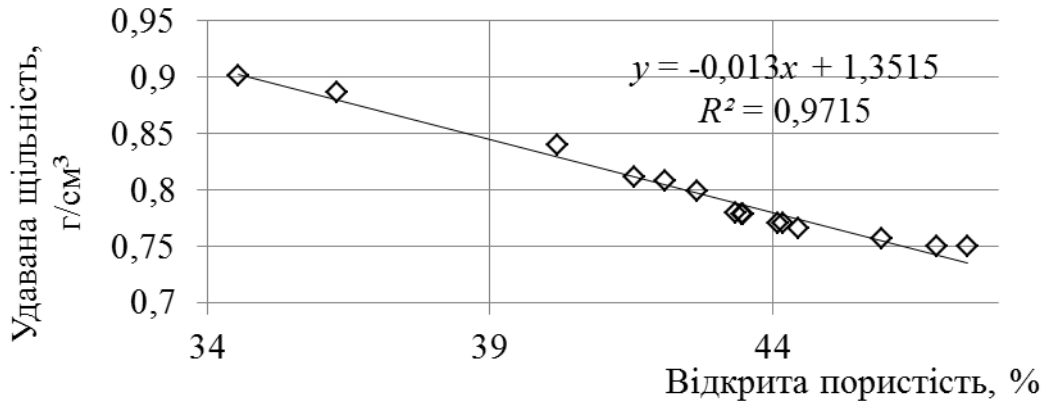


Рисунок 2 – Залежність значення удаваної щільності від відкритої пористості.

Встановлено (рис. 2), що збільшення величини відкритої пористості спричиняє поступове зменшення удаваної щільності матеріалу та визначено, що з коефіцієнтом кореляції  $>0,97$  ця залежність описується рівнянням прямої лінії. Така залежність пояснюється тим, що підвищення значення відкритої пористості призводить до збільшення кількості пустот у матеріалі, в результаті чого значення удаваної щільності зменшується.

Відомо, що в процесі екстракції олії певну роль відіграє значення площі поверхні матеріалу, що екстрагується, а оскільки збільшення кількості пустот в матеріалі призводить до збільшення площі його поверхні, то далі досліджено вплив відкритої пористості на значення питомої поверхні матеріалу, яке представлено на рис. 3.

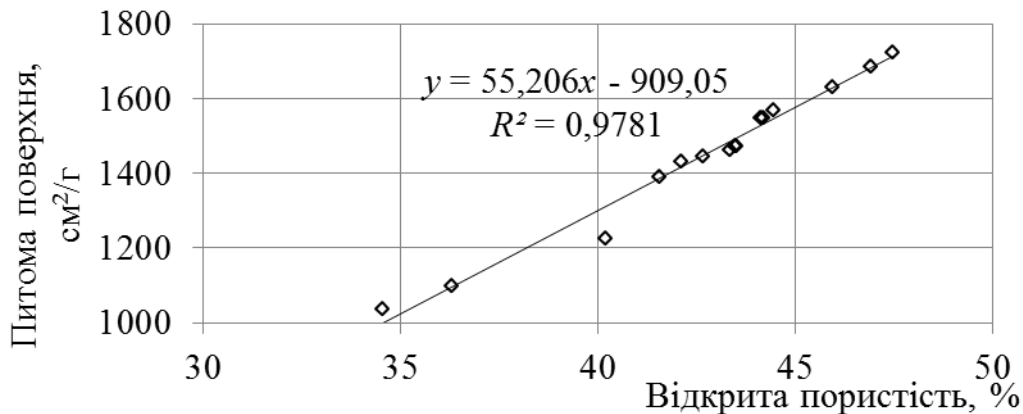


Рисунок 3 – Залежність питомої поверхні гранул соняшникової макухи від значення відкритої пористості.

Як видно (рис. 3) підвищення значення відкритої пористості призводить до збільшення питомої поверхні матеріалу, при чому ця залежність підпорядковується рівнянню прямої лінії з коефіцієнтом кореляції 0,98. Виходячи з цього, можна стверджувати, що підвищення значення відкритої пористості має сприяти збільшенню швидкості екстракції олії з макухи. Разом з тим, окрім поверхні матеріалу, велике значення має також об'єм пор всередині матеріалу і його підвищення сприяє більш швидкому відведенню олії всередину розчинника. Виходячи з цього, на рис. 4

представлено залежність ефективного об'єму пор в залежності від значення відкритої пористості.

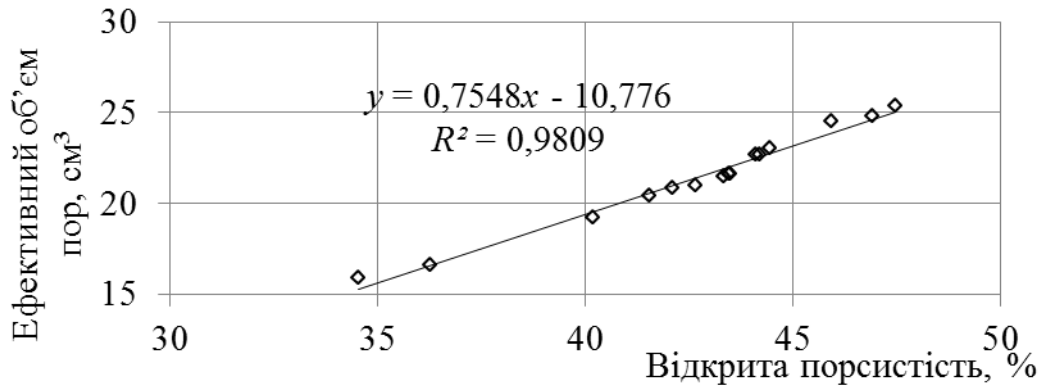


Рисунок 4 – Зміни ефективного об'єму пор в залежності від значення відкритої пористості соняшникової макухи.

Як і в попередньому випадку (рис. 3), підвищення пористості макухи призводить до збільшення ефективного об'єму пор, а це, відповідно повинно збільшувати швидкість та повноту екстракції. Разом з тим, на процес екстракції, окрім внутрішньої структури, вплив має також і структура шару матеріалу.

Відомо, що зараз екстракцію соняшникової олії проводять в основному методом ступеневого зрошення шару матеріалу вуглеводневим розчинником. При використанні такого методу суттєве значення набувають характеристики шару, які зумовлюють рух розчинника. Серед таких характеристик найбільш важливими є загальний об'єм пор та проміжків, проникність шару та швидкість руху розчинника всередині шару. Для встановлення впливу пористості матеріалу на ці показники досліджено їх зміни в залежності від значення відкритої пористості. На рис. 5 представлено залежності загального об'єму пор та проміжків шару матеріалу від значення пористості.

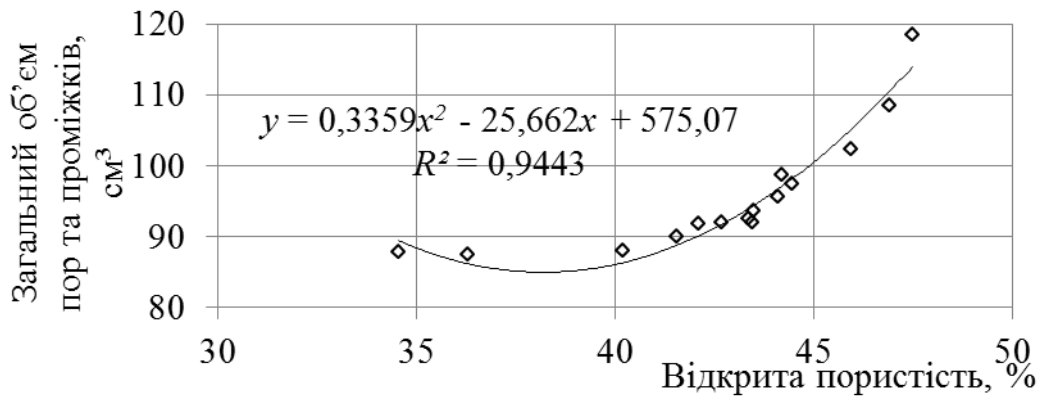


Рисунок 5 – Зміни загального об'єму пор та проміжків в шарі соняшникової макухи в залежності від значення відкритої пористості.

Встановлено (рис. 5), що залежність змін загального об'єму пор та проміжків апроксимується квадратичною залежністю. Так підвищення

значення відкритої пористості з ~34 % до ~41 % майже не впливає на значення загального об'єму пор, в той час як подальше збільшення пористості спричиняє його різке підвищення. Видно, що такі зміни загального об'єму пор та проміжків підпорядковуються квадратичній залежності з коефіцієнтом кореляції 0,94. Виходячи з цього можна припустити, що після певного визначеного значення відкритої пористості, загальний об'єм пор та проміжок визначається більшою мірою об'ємом пор всередині матеріалу. В той же час при малих значеннях відкритої пористості загальний об'єм пор та проміжків створюється більшою мірою за рахунок вільних проміжків між часточками матеріалу.

Матеріал також характеризується таким показником як проникність, або коефіцієнт фільтрації шару. Цей показник характеризує здатність шару матеріалу пропускати розчинник крізь себе. На рис. 6 представлено залежність цієї характеристики шару від значення відкритої пористості матеріалу, яка суттєво відрізняється від попередніх залежностей

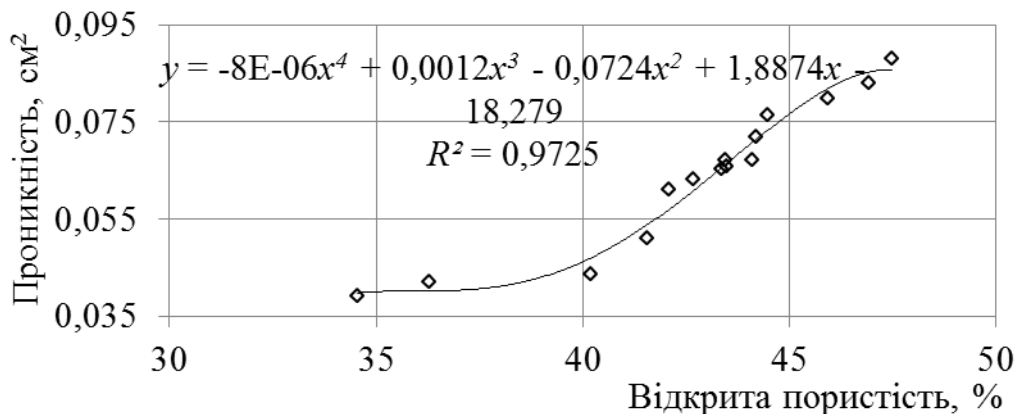


Рисунок 6 – Залежність проникності шару матеріалу від значення відкритої пористості.

Встановлено (рис. 6), що на залежності проникності від відкритої пористості можна виділити три стадії. На першій стадії з підвищенням відкритої пористості до ~39 % проникність шару матеріалу майже не змінюється. Після цього її підвищення від ~39 % до ~46 % зумовлює різке підвищення проникності шару майже у 2 рази, після чого подальше підвищення пористості майже не впливає на показник проникності. Такі результати пояснюються тим, що на перших стадіях проникність шару забезпечується головним чином за рахунок проміжків між часточками матеріалу, що екстрагується, в той час як кількість розчинника та швидкість його руху у порах матеріалу недостатня для значного підвищення проникності. На другій стадії рух розчиннику всередині пор можна співставляти з рухом розчиннику в проміжках між часточками та його вплив сильно позначається на значенні проникності шару. На третій стадії подальше підвищення пористості майже не впливає на проникність за рахунок того, що підвищення пористості зумовлює зменшення міцності часточок матеріалу, в результаті чого вони починають руйнуватись та

утворювати значну кількість дрібної фракції, яка заважає руху розчинника всередині матеріалу та в проміжках між часточками. Для підтвердження цього припущення визначено залежність дійсної швидкості руху розчинника всередині пор часточок, залежність якої від значення відкритої пористості представлено на рис. 7.

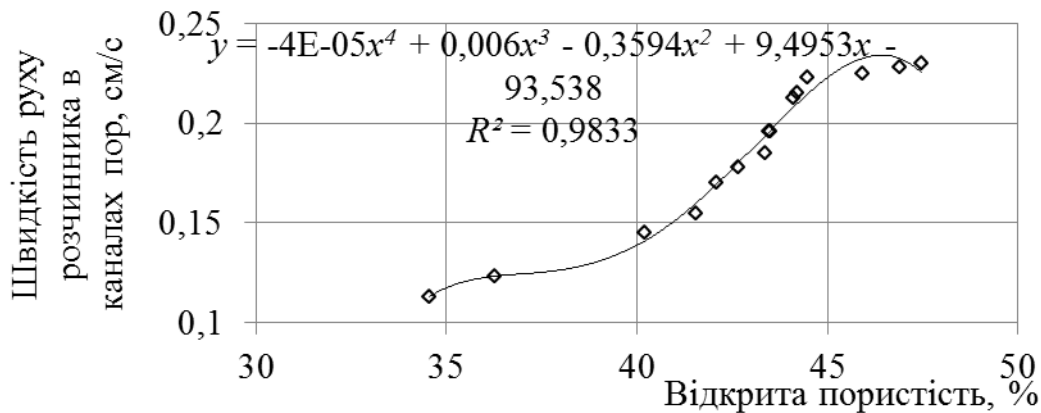


Рисунок 7 – Зміни швидкості руху розчинника в каналах пор в залежності від значення відкритої пористості.

Доведено (рис. 7), що зміни швидкості руху розчинника в залежності від значення відкритої пористості мають схожий характер, що і зміни величини проникності шару від пористості матеріалу. Представлена залежність також характеризується наявністю трьох стадій. На першій стадії до значення відкритої пористості  $\sim 42\%$  відбувається поступове підвищення швидкості руху розчинника, після чого підвищення значення відкритої пористості до  $\sim 45\%$  зумовлює різке збільшення швидкості руху розчинника. Подальше підвищення відкритої пористості майже не впливає на швидкість руху розчинника всередині часточок, що екстрагуються. Одержані дані узгоджуються зі змінами величини проникності шару.

Таким чином встановлено, що збільшення величини пористості матеріалу позитивно впливають на показники, які описують процес екстракції олії з макухи. Для підтвердження цього проведено дослідження з екстракції олії з макухи з різними значеннями відкритої пористості, результати яких представлено на рис. 8.

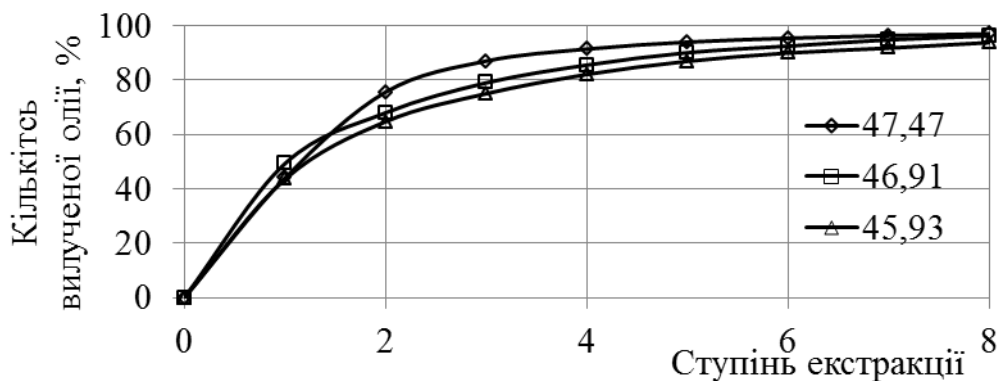


Рисунок 8 – Залежність кількості вилученої олії від значення відкритої пористості макухи.

Підвищення значення відкритої пористості матеріалу (рис. 8) призводить до збільшення швидкості екстракції та зменшення залишкової олійності шроту. Крім того, виявлено, що на перших 3-4 стадіях екстракції швидкість екстракції олії з гранул з більшою пористістю збільшується зі збільшенням значення відкритої пористості. Отримані дані узгоджуються з попередньо отриманими залежностями швидкостей руху розчинника, проникності та ін.

Для більш детального визначення впливу значення відкритої пористості матеріалу на процес екстракції досліджено також залежність насичуваності макухи розчинником від її пористості. Одержані результати представлено на рис. 9.

Встановлено, що збільшення відкритої пористості соняшникової макухи призводить до збільшення насичуваності соняшникової макухи на перших стадіях екстракції. При переході від перших стадій до кінцевих різниця в насичуваності макухи з різними значеннями відкритої пористості майже не проявляється. Разом з тим збільшення насичуваності на перших стадіях екстракції у макухи з більшим значенням відкритої пористості свідчить про кращу здатність розчинника проникати всередину часточок. Така здатність буде зумовлювати більшу швидкість екстракції (рис. 8).

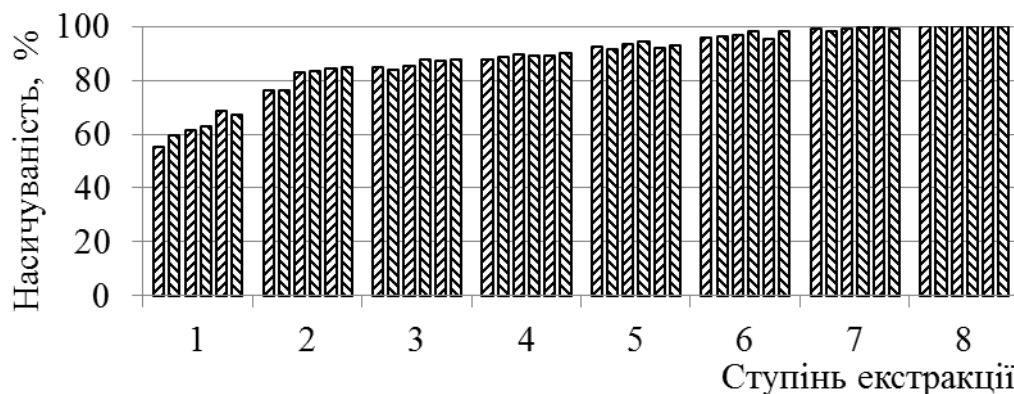


Рисунок 9 – Залежність насичуваності соняшникової макухи по ступеням екстракції від значення відкритої пористості, де стовпчики зліва направо: відкрита пористість 34,54; 36,28; 42,67; 43,49; 44,11; 44,46.

Разом з тим відомо, що окрім значення відкритої пористості на процес екстракції також значний вплив має форма матеріалу, яка зазвичай забезпечує структуру шару матеріалу, що екстрагується. Виходячи з цього проведено експериментальні дослідження екстракції макухи, яка підготована за різними технологіями у вигляді крупки, гранул та пелюстки, результати яких представлено на рис. 10.

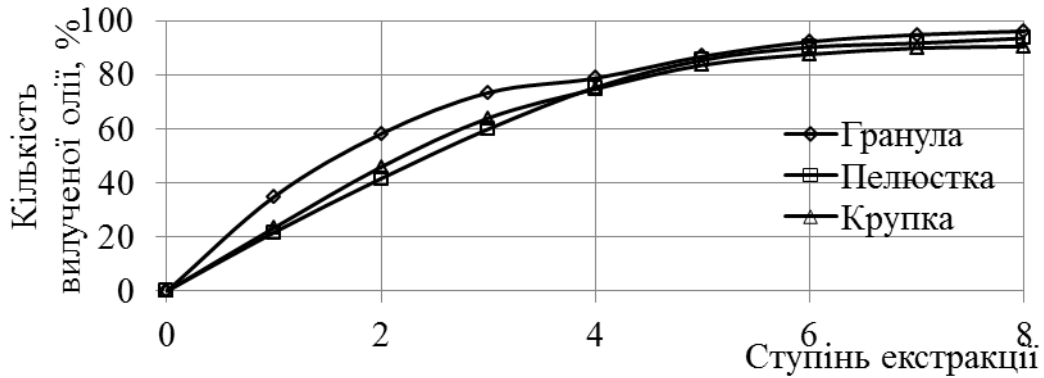


Рисунок 10 – Зміни кількості вилученої олії по стадіям в залежності від методу підготовки макухи.

Відзначено (рис. 10), що екстракція олії з гранули відбувається з більшою швидкістю ніж з пелюстки та крупки. Така тенденція особливо помітна на перших трьох ступенях екстракції, де швидкість екстракції гранул на ~30 % більша, ніж у пелюстки та крупки. На подальших стадіях швидкість вилучення олії майже однакова. Гранули макухи характеризуються меншою залишковою олійністю порівняно з крупкою та пелюсткою, так якщо цей показник для гранул становить 0,91 %, то для пелюстки та крупки цей показник складає 1,39 % та 1,98 % відповідно.

Оскільки встановлено, що зміна значення відкритої пористості впливає також і на значення залишкової олійності шроту то також проведено дослідження з визначення такого впливу. Результати проведених досліджень представлено на рис. 11.

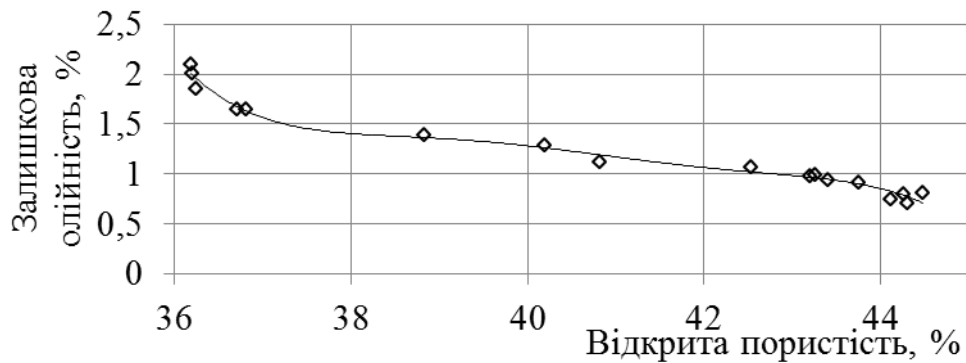


Рисунок 11 – Залежність значення залишкової олійності від відкритої пористості гранул

Встановлено, що підвищення пористості матеріалу зумовлює значне зменшення залишкової олійності шроту. Такі результати узгоджуються з попередньо отриманими результатами щодо швидкості руху розчинника в каналах пор, насичуваності та проникності. Збільшення відкритої пористості призводить до збільшення швидкості та повноти екстракції то для

встановлення кількісних залежностей швидкості екстракції розраховано коефіцієнти дифузії, які представлені в таблиці 3.

Таблиця 3

Значення коефіцієнту дифузії соняшникової олії з гранул макухи при різних значення відкритої пористості макухи

Відкрита пористість, %	Коефіцієнт дифузії, $\text{cm}^2/\text{s}$
44,2	$9,88 \cdot 10^{-6}$
43,46	$9,76 \cdot 10^{-6}$
42,09	$9,65 \cdot 10^{-6}$
41,56	$9,62 \cdot 10^{-6}$
38,94	$8,71 \cdot 10^{-6}$
36,28	$7,61 \cdot 10^{-6}$

Відзначено, що гранули макухи не тільки характеризуються кращими показниками відкритої пористості, удаваної густини, проникності, швидкості руху розчиннику, а і дозволяють проводити екстракцію з більшою швидкістю та, крім того, дозволяють одержувати шрот з набагато меншою олійністю.

**В четвертому розділі** проведено дослідження та встановлено залежність відкритої пористості соняшникової макухи від технологічних умов пресування та характеристик мезги, яка поступає на пресування для виготовлення гранул. Створено математичну модель процесу формування макухи, яка дозволяє прогнозувати значення відкритої пористості від характеристик мезги та умов пресування. Розроблено технологічну схему видобування соняшникової олії з використанням гранул соняшникової макухи.

За результатами проведених досліджень встановлено, що технологічні показники пресування та показники мезги впливають на значення відкритої пористості та залишкової олійності по-різному. Так підвищення вологості м'ятки сприяє збільшенню показника відкритої пористості та, разом з тим, збільшує олійність макухи. Збільшення частоти обертання шнеку призводить до невеликого збільшення пористості наряду з підвищенням олійності макухи. Підвищення значення живого перерізу матриці призводить до збільшення відкритої пористості. Оскільки підвищення відкритої пористості не завжди призводить до покращення технологічних показників, які описують процес екстракції, то з урахуванням проведених в третьому розділі результатів встановлено, що раціональним значенням відкритої пористості є діапазон 44-45 %.

Відзначено, що технологічні параметри виготовлення гранул впливають на показники пористості по-різному та в різній мірі то для визначення їх впливу та врахування їх взаємодії між собою проведено дослідження з використанням планів повного факторного експерименту. Одержано криву регресії, яка дозволяє прогнозувати значення відкритої пористості гранул ( $Y$ ) в залежності від технологічних режимів пресування: Виявлено, що значення відкритої пористості має великий вплив на значення залишкової олійності шроту то отримано також рівняння залежності залишкової олійності гранул ( $Z$ ) від технологічних параметрів пресування.

$$Y = -32,842 - 5,852 \cdot x_1 + 0,91 \cdot x_2 + 20,718 \cdot x_3 + 0,222 \cdot x_1 \cdot x_2 + 13,417 \cdot x_1 \cdot x_3 + 1,472 \cdot x_2 \cdot x_3 - 0,243 \cdot x_1 \cdot x_2 \cdot x_3 - 0,511 \cdot x_1^2 - 0,021 \cdot x_2^2 - 34,176 \cdot x_3^2, \quad (1)$$

$$Z = 21,344 - 1,755 \cdot x_1 - 0,127 \cdot x_2 - 16,405 \cdot x_3 + 0,019 \cdot x_1 \cdot x_2 + 0,06 \cdot x_1^2 + 5,648 \cdot x_3^2, \quad (2)$$

де,  $Y$ - відкрита пористість гранул,  $Z$  – залишкова олійність шроту після екстракції,  $x_1$  – вологість мезги,  $x_2$  – частота обертання шнеку пресу;  $x_3$  – живий переріз матриці вихідного отвору пресу.

На рис. 12 представлено графічні залежності відкритої пористості макухи і залишкової олійності шроту в залежності від технологічних параметрів пресування при живому перерізі матриці 1,3.

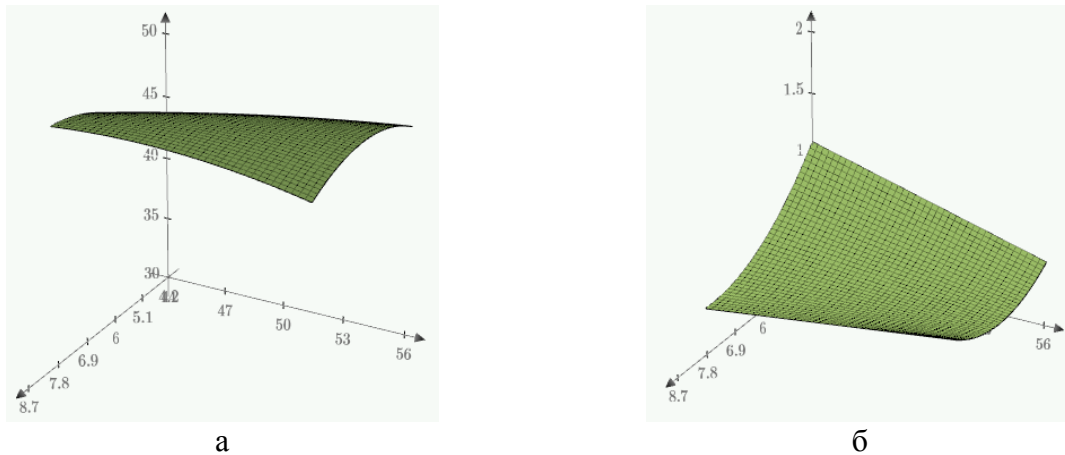


Рисунок 12 – Залежність відкритої пористості макухи (а) та залишкової олійності шроту (б) від технологічних параметрів пресування при живому перерізі матриці 1,3.

З використанням визначених оптимальних технологічних параметрів пресування розроблено технологічну схему підготовки соняшникової макухи



у вигляді гранул, за рахунок встановлення на преси спеціальної насадки–гранулятора, яку розроблено у відділі досліджень олійноекстракційного виробництва УкрНДІОЖ НААН. Схема дозволяє уникнути додаткових стадій підготовки макухи до екстракції, таких як подрібнення макухової черепашки, кондиціювання макухового крупця та його плющення з одержанням пелюстки. Удосконалений варіант технологічної схеми представлено на рис. 13.

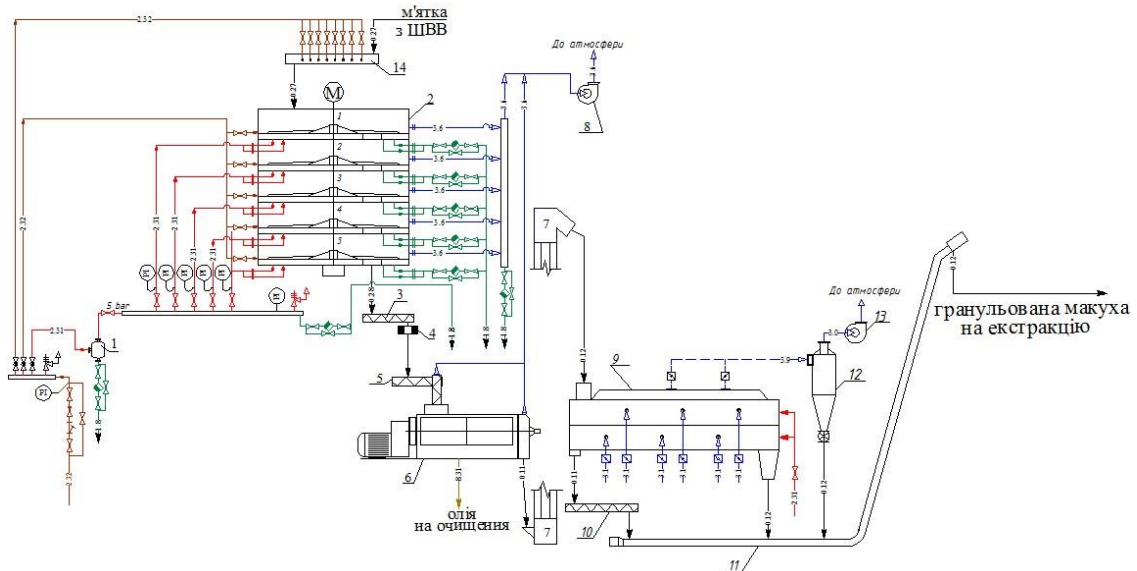


Рисунок 13 – Технологічна схема видобування соняшникової олії, де 1 – сепаратор пари, 2 – жаровня, 3 – шнек мезги, 4 – магнітний сепаратор, 5 – живитель пресу, 6 – прес, 7 – норія макухи, 8 – вентилятор, 9 – охолоджувач макухи, 10 – шнек макухи, 11 – транспортер макухи, 12 – циклон, 13 – вентилятор, 14 – інактиватор.

Запропонована технологічна схема (рис. 13) виключає ділянку підготовки макухи до екстракції, за рахунок чого схема є більш простою в апаратному оформленні. Таке спрощення дозволяє скоротити капітальні вкладення при будівництві нових підприємств та підвищити продуктивність у 1,5 рази в порівнянні з продуктивністю екстрактора при використанні пелюстки.

Економічними розрахунками доведено, що запропоноване спрощення технології дозволяє скоротити капітальні витрати на 5-7%. Крім того за рахунок підвищення продуктивності екстрактора економічний ефект складає 700-1000 грн/т видобутої олії.

**В додатках** розроблена методика визначення показників пористості (Додаток А), відомості про її метрологічне затвердження (Додаток Б), технологічна інструкція на прес МПШ-92М, використання якого дозволяє виготовляти макуху у вигляді гранул (Додаток В), довідка про впровадження

результатів дисертаційної роботи у виробництво (акт Вінницького ОЖК, Додаток Г) та навчальний процес (Додаток Д), мікрофотографії капілярно-пористої структури макухи (Додаток Ж).

## ВИСНОВКИ

На основі виконаних експериментальних досліджень, математичного моделювання та теоретичних узагальнень одержаних результатів виконано конкретне наукове завдання щодо удосконалення технології видобування соняшникової олії, яке дозволило суттєво покращити техніко-економічні показники олійно-екстракційного виробництва.

Основні висновки:

1. Проведеними теоретичними дослідженнями сформульовано та експериментально підтверджено робочу гіпотезу відносно того, що за допомогою удосконаленого методу підготовки соняшникової макухи до екстракції вдається отримувати гранули матеріалу з кращими показниками капілярно-пористої структури, ніж іншими методами.

2. Проведеними експериментальними дослідженнями встановлено залежність основних технологічних показників соняшникової макухи (удаваної щільності, питомої поверхні, загального об'єму пор та проміжків), а також параметрів руху розчинника всередині часточок макухи від значення їх відкритої пористості.

3. Створено науково-обґрунтовану методику визначення показників пористої структури соняшникової макухи та проведено її метрологічну атестацію.

4. Досліджено вплив значення відкритої пористості на ступінь вилучення соняшникової олії з матеріалу та значення залишкової олійності шроту та інших технологічних показників екстракції.

5. Експериментальними дослідженнями за допомогою математичного моделювання визначені раціональні технологічні умови формування соняшникової макухи у вигляді гранул, які дозволяють одержувати матеріал з ефективним значенням відкритої пористості

6. Створено математичну модель прогнозування залишкової олійності гранул соняшкового шроту в залежності від технологічних умов формування макухи.

7. Удосконалено технологічну схему видобування олії шляхом екстракції за рахунок використання гранульованої соняшникової макухи.

8. Розроблено технологічну інструкцію підготовки соняшникової макухи у вигляді гранул. Показано, що за рахунок удосконалення технології підготовки соняшникової макухи до вилучення олії продуктивність

екстрактора зростає у 1,5 рази, а залишкова олійність шроту зменшується на 0,3 %.

9. Результати дисертаційної роботи впроваджено у виробництво на Вінницькому ОЖК, підприємстві АО «Флоаря Соарелуй», та у навчальний процес кафедри технології жирів та продуктів бродіння НТУ «ХП».

### **СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ**

1. Мазур О.В. Технологические аспекты создания капиллярно-пористой структуры масличного материала // Мазур О.В. / Вісник Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут». – Харків: НТУ «ХП», 2012. – № 32 – С. 49-54.

2. Мазур О.В. Влияние структуры материала на процесс экстракции // Тимченко В.К. Мазур О.В. / Інтегровані технології та енергозбереження. – Харків: НТУ «ХП», 2013. – № 1 – С. 109-113.

*Здобувачем виконано планування експерименту, експериментальні дослідження щодо визначення впливу капілярно-пористої структури макухи на процес екстракції*

3. Мазур О.В. Методика определения пористости и удельной поверхности жмыха масличных культур // Евтушенко С.Л., Катасонова Н.Г., Литвиненко О.А. Мазур О.В. / Вісник Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут». – Харків: НТУ «ХП», 2013. – № 16(989) – С.146-150.

*Здобувачем розроблено методика визначення показників пористої структури олійного матеріалу*

4. Набокова О.В. (Мазур О.В.) Совмещение технологических процессов при подготовке жмыха к экстракции // Гирман В.В., Яретик Н.А., Набокова О.В. / Олійно-жировий комплекс. – Дніпропетровськ: ІА «АПК Інформ», 2003. – №1. – С. 26-27.

*Здобувачем проведено експериментальні дослідження одержання гранульованої макухи на удосконаленому обладнанні*

5. Набокова О.В. (Мазур О.В.) О качественной подготовке семян масличных культур к переработке и получению масла // Тенн А.И., Шумный Ю.Д., Евсикова В., Набокова О.В. / Олійно-жировий комплекс. – Дніпропетровськ: ІА «АПК Інформ», 2006. – №2. – С. 43

*Здобувачем проведено експериментальні дослідження одержання соняшникової макухи з покращеною капілярно-пористої структури, підготовлено матеріали до друку*

6. Набокова О.В. (Мазур О.В.) Переработка капиллярно-пористых структур гранулированных жмыхов на добывающих предприятиях

масложировой отрасли // Гирман В.В., Яретик Н.А., Набокова О.В. / Олійно-жировий комплекс. – Дніпропетровськ: ІА «АПК Інформ», 2006. – №3. – С. 74-77

*Здобувачем проведено промислові дослідження переробки соняшникової макухи з покращеною капілярно-пористою структурою*

7. Мазур О.В. Условия, влияющие на создание пористой структуры материала для экстракции / Гирман В.В., Захаренко О.Ю., Мазур О.В. // Тезисы докладов 2-й Международной научно-технической конференции [“Химия и технология жиров. Перспективы развития масло-жировой отрасли”], 21 – 25 сентября 2009 г. Алушта. – Харьков: УНИИМИЖ УААН, 2009. – С. 6.

*Здобувачем виконано планування експерименту та експериментальні дослідження по визначенню впливу пористої структури макухи на екстракцію*

8. Мазур О.В. Влияние структуры жмыха на эффективность процесса экстракции // Гирман В.В., Евтушенко С.Л., Мазур О.В. / Олійно-жировий комплекс. – Дніпропетровськ: ІА «АПК Інформ», 2011. – №1. – С. 44-46

*Здобувачем виконано експериментальні дослідження щодо впливу капілярно-пористої структури макухи на швидкість та повноту екстракції*

9. Мазур О.В. Структурные свойства жмыха в зависимости от способов подготовки его к экстракции / Гирман В.В., Евтушенко С.Л., Мазур О.В. // Тезисы докладов 5-й Международной научно-технической конференции [“Химия и технология жиров. Перспективы развития масло-жировой отрасли”], 23 – 24 мая 2012 г. Алушта. – Харьков: УНИИМИЖ НААН, 2012. – С. 40.

*Здобувачем оцінено основні технологічні властивості соняшникової макухи, одержаної за різними технологіями, проведено дослідження їх екстракції*

## АНОТАЦІЇ

**Мазур Е.В. Удосконалення технології підготовки соняшникової макухи до видобування олії.** – На правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.18.06. – технологія жирів, ефірних масел та парфумерно-косметичних продуктів. – Національний технічний університет „Харківський політехнічний інститут” Міністерства освіти і науки України, Харків, 2013.

Дисертаційна робота присвячена удосконаленню технології підготовки соняшникової макухи до видобування олії методом екстракції.

В дисертаційній роботі визначено залежності основних технологічних параметрів екстракції соняшникової макухи від характеристик пористості матеріалу. Характеристики пористості макухи визначались за допомогою спеціально розробленої методики з використанням методу насичення імерсійною рідиною. Визначено вплив пористості на параметри руху розчинника всередині часточок соняшникової макухи та всередині шару матеріалу, який підготовлено до екстракції. Вибрано найкращий метод підготовки макухи, який забезпечує оптимальне значення пористості та необхідну структуру шару. Визначено коефіцієнти дифузії соняшникової олії з гранул олійного матеріалу та встановлено залежність цього показника від пористості. Створено математичну модель, яка дозволяє прогнозувати значення відкритої пористості та залишкової олійності від технологічних умов формування макухи у вигляді гранул. Запропоновано спрощену технологію та технологічну схему видобування соняшникової олії. Проведеними економічними розрахунками доведено економічну ефективність запропонованого технологічного рішення.

*Ключові слова:* технологія жирів, соняшникова олія, макуха, шрот, показники пористості олійного матеріалу, технологічні параметри, ефективність екстракції, підвищення продуктивності.

**Мазур Е.В. Усовершенствование технологии подготовки подсолнечного жмыха к извлечению масла. - На правах рукописи.**

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.18.06. - Технология жиров, эфирных масел и парфюмерно-косметических продуктов. - Национальный технический университет "Харьковский политехнический институт" Министерства образования и науки Украины, Харьков, 2013.

Диссертация посвящена усовершенствованию технологии подготовки подсолнечного жмыха к добыче масла методом экстракции.

В диссертационной работе определены зависимости основных технологических параметров экстракции подсолнечного жмыха от характеристик пористости материала. Характеристики пористости жмыха определялись с помощью специально разработанной методики с использованием метода насыщения иммерсионной жидкостью. Для определения показателей пористости жмыхов определена иммерсионная жидкость – бензол. Установлены зависимости технологических показателей как отдельных частиц жмыха так и слоя жмыха подготовленного к экстракции от показателей пористости отдельных частиц. Установлено, что повышение пористости жмыха приводит к улучшению технологических

характеристик, как отдельных частиц, так и их слоя. Определено влияние пористости на параметры движения растворителя внутри частиц подсолнечного жмыха и внутри слоя материала, который подготовлен к экстракции. Установлено, что увеличение пористости до определенного значения приводит к улучшению характеристик движения растворителя (скорость движения повышается, улучшается проницаемость слоя, коэффициент фильтрации повышается), а последующее увеличение пористости либо не влияет на характеристики либо даже снижает их. Выбран лучший метод подготовки жмыха, который обеспечивает оптимальное значение пористости и необходимую структуру слоя. Определены коэффициенты диффузии подсолнечного масла из гранул масличного материала и установлена зависимость этого показателя от пористости. Установлена зависимость остаточной масличности шрота, от показателей пористости гранул подсолнечного жмыха. Определены параметры, влияющие на процесс получения гранулированного жмыха. Установлено, что повышение влажности мятки, частоты вращения шнека и поперечного сечения матрицы приводит к увеличению значения открытой пористости гранул. Вместе с этим увеличение влажности и частоты вращения приводит к меньшему съему масла на прессах и соответственно увеличению масличности гранул жмыха. Создана математическая модель, которая позволяет прогнозировать значение открытой пористости и остаточной масличности от технологических условий формирования жмыха в виде гранул. Предложено упрощенную технологию и технологическую схему добычи подсолнечного масла. Проведенными экономическими расчетами оценено экономическую эффективность предложенного технологического решения.

*Ключевые слова:* технология жиров, подсолнечное масло, жмых, шрот, показатели пористости масличного материала, технологические параметры, эффективность экстракции, повышение производительности.

**Mazur E.V. Improvement of sunflower oilcake preparation for oil extraction. – Manuscript.**

Dissertation for the degree of candidate of technical sciences on specialty 05.18.16 - technology of fats, essential oils and perfumery-cosmetic products. - National technical university "Kharkiv Polytechnic Institute" Ministry of Education and Science of Ukraine, Kharkov, 2013.

Dissertation is devoted to improvement of preparation technology of sunflower oilcake for oil producing by extraction.

In dissertation dependencies of basic technological parameters of oil extraction from sunflower oilcake against porosity parameters of material have been determined. Porosity characteristics of material have been determined by specially developed method with use of saturation by immersion liquid. Influence of porosity on parameters of solvent movement inside particles of oilcake and throw layer of prepared material have been determined. The best method of oilcake preparation has been chosen which provide optimal porosity and necessary layer structure. Diffusion coefficients of sunflower oil from oily material's pellets have been determined and correlation of this parameter against porosity has been established. Mathematical model have been created which allows to predict porosity and residual oil content against technological parameters of oilcake formation in the form of pellets. There were proposed improved technology and technological scheme of sunflower oil producing. Economic effectiveness of proposed technological solution has been approved by executed economical calculations.

*Keywords:* fats technology, sunflower oil, oilcake, solvent cake, oily material porosity parameters, technological parameters, extraction effectiveness, increasing of productivity.

A handwritten signature in cursive script, likely belonging to the author or a reviewer, located in the lower right quadrant of the page.

Відповідальний за випуск д.т.н, проф. Демидов І.М.

Підп. до друку 12.09.13. Формат 60x90/16.  
Папір офсетний. Друк - ризографія. Ум. друк. арк. – 0,9.  
Гарнітура Times New Roman. Наклад 100 прим. Зам. № 2496456

---

«ФОП Шевченко»

Свідоцтво про державну реєстрацію № 04058870Ф0070809

м. Харків, вул. Петровського, 34

т.: 700-42-81

---