

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ  
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ ІМЕНІ ІГОРЯ  
СІКОРСЬКОГО»**

**Факультет біотехнології і біотехніки**

**Кафедра біотехніки та інженерії**

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ В.М. Мельник

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 202\_р.

**Магістерська дисертація**

**на здобуття ступеня магістра**

зі спеціальності 162 – Біотехнології та біоінженерія

на тему: Технологія переробки відходів виробництва олій з

використанням ультразвуку

Виконав: студент II курсу, групи БІ-31мп

Кінкай Флоріан Флютуракович

\_\_\_\_\_ (підпис)

Керівник завідуючий кафедри Мельник Вікторія Миколаївна

\_\_\_\_\_ (підпис)

Консультант \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ (підпис)

Рецензент к.т.н., доцент каф. динаміки і міцності машин

та опору матеріалів Нонна ГНАТЕЙКО

\_\_\_\_\_ (підпис)

Засвідчую, що у цій магістерській дисертації немає запозичень з праць інших авторів  
без відповідних посилань.

Студент \_\_\_\_\_

(підпис)

Київ – 2024 року

# **Пояснювальна записка до магістерської дисертації**

на тему: Технологія переробки відходів виробництва олій з використанням  
ультразвуку

Київ – 2024 року

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ  
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ»  
ІМЕНІ ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО**

**Факультет біотехнології і біотехніки**  
(повна назва)

**Кафедра біотехніки та інженерії**

Рівень вищої освіти – другий (магістерський)

Спеціальність – 162 Біотехнологія та біоінженерія

Освітньо-професійна програма – «Біотехнології»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ Мельник В.М.  
(підпис) (ініціали, прізвище)

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2024 р.

**ЗАВДАННЯ  
на магістерську дисертацію студенту**

\_\_\_\_\_ Кінкаю Флоріану Флютураковичу  
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) \_\_\_\_\_ Технологія переробки відходів виробництва олій з використанням ультразвуку \_\_\_\_\_

керівник дисертації (роботи) \_\_\_\_\_ зав. кафедри Мельник В.М.  
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом по університету від « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2024 р. № \_\_\_\_\_

2. Строк подання студентом дисертації \_\_\_\_\_

3. Вихідні дані до дисертації (роботи) \_\_\_\_\_ Діаметр шнеку: 2,8м, діаметр корпусу =

2,88 м, довжина корпусу = 25 м, питоме навантаження об'єму = 620 кг/м<sup>3</sup>,

тривалість процесу=90 хв.

4. Зміст пояснювальної записки: (перелік завдань, які потрібно розробити) Літературний огляд, опис технологічного процесу, експериментальне дослідження, розрахунок шнеку, рекомендація з монтажу та експлуатації.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) Апаратурно-технологічна схема лінії виробництва олії з використанням ультразвуку (A1), Шнековий екструдер Складальне креслення (A1), Шнек Складальне креслення (A2), Корпус Деталь (A2).

6. Консультанти розділів дисертації<sup>□</sup>

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

7. Дата видачі завдання: \_\_\_\_\_.

Студент

\_\_\_\_\_

(підпис)

Ф.Ф. Кінкай

(ініціали, прізвище)

Керівник проекту (роботи)

\_\_\_\_\_

(підпис)

В.М. Мельник

(ініціали, прізвище)

## Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання Магістерської дисертації	Термін виконання Етапів Магістерської дисертації	Примітка
1	Вибір конструкції шнекового екструдера	01.11.2024-05.11.2024	Виконано
2	Проведення розрахунків шнеку	05.11.2024-10.11.2024	Виконано
3	Креслення загального виду шнекового екструдера	10.11.2024-16.11.2024	Виконано
4	Креслення апаратурної схеми лінії виробництва олії з соняшникового насіння	16.11.2024-22.11.2024	Виконано
5	Деталювання шнеку	22.11.2023-27.11.2024	Виконано
6	Деталювання корпусу	27.11.2024-31.11.2024	Виконано
7	Написання і оформлення пояснювальної записки	01.12.2024-16.12.2024	Виконано

Студент

\_\_\_\_\_ (підпис)

Ф.Ф. Кінкай  
(ініціали, прізвище)

Науковий керівник дисертації

\_\_\_\_\_ (підпис)

В.М. Мельник  
(ініціали, прізвище)

## Реферат

Магістерська дисертація «Технологія переробки відходів виробництва олій з використанням ультразвуку» містить 105 сторінки пояснювальної записки, що має 13 розділів, 24 використаних джерел, 7 таблиць, 30 рисунків, два креслення формату А1, два креслення формату А2, патентний пошук та 2 специфікації.

Основні розділи:

1. Літературний огляд.
2. Опис технологічного процесу.
3. Експериментальне дослідження.
4. Розрахунок шнеку.
5. Комп'ютерне моделювання «Solidworks»

Мета магістерської дисертації є налаштування виробництва олії, в основі якої є шнековий екструдер, що працює за механічного віджиму, де основним робочим елементом є шнек – металевий вал із спіральними витками.

В магістерській дисертації було розроблено корпус, шнек та шнековий екструдер. Апарат потрібен для екстракції рідкої фракції (олії) від твердого залишку (макухи) шляхом створення високого тиску і тертя. Для виготовлення шнека було обрано матеріал Ст10, яка відзначається підвищеною стійкістю до агресивних середовищ, високих температур і забезпечує надійність конструкції завдяки високому опору міжкристалічній корозії та зносостійкості, що ідеально підходить для роботи в умовах інтенсивного тертя та температурних навантажень.

Було проведено комп'ютерне моделювання, яке показало дійсність апарату.

Створив стартап-проект переробки насіння соняшнику на підприємстві.

На кресленнях магістерської дисертації зазначено: апаратурно–технологічну схему лінії виробництва олії з соняшникового насіння (формат А1), складальне креслення шнековий екструдер (формат А1), складальне креслення шнека (формат А1), корпус деталь(формат А2).

Виконав патентний пошук в Україні та країнах Німеччини та Італії. Виконуючи патентний пошук, порівняв апарати, що виконують екстракцію олії з насіння соняшника.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: ОЛІЯ, ШНЕКОВА УСТАНОВКА, ЕКСТРАКЦІЯ, ШНЕК,  
СОНЯШНИКОВЕ НАСІННЯ.

## Abstract

The master's thesis “Technology of oil production waste processing using ultrasound” contains 105 pages of explanatory note, which has 13 chapters, 24 references, 7 tables, 30 figures, 2 A1 drawings, 2 A2 drawing, patent search and 2 specifications.

Explanatory Note consists of the main sections:

1. Literature review.
2. Description of the technological process.
3. Experimental study.
4. Calculation of the screw.
5. Computer modeling “Solidworks”

The purpose of the master's thesis is to set up the production of oil based on a screw extruder, where the main working element is a screw - a metal shaft with spiral turns.

In his master's thesis, he developed a housing, a screw, and a screw extruder. The device is needed to extract the liquid fraction (oil) from the solid residue (cake) by creating high pressure and friction. For the manufacture of the auger, the material St10 was chosen, which is characterized by increased resistance to aggressive environments, high temperatures and ensures structural reliability due to its high resistance to intercrystalline corrosion and wear resistance, which is ideal for working under conditions of intense friction and temperature loads.

A computer simulation was conducted to show the feasibility of the plant.

We created a startup project for processing sunflower seeds at the enterprise.

The drawings of the master's thesis include: a hardware and technological scheme of the sunflower seed oil production line (format A1), a screw extruder assembly drawing (format A1), a screw assembly drawing (format A1), and a housing part (format A2).

We conducted a patent search in Ukraine, Germany and Italy. During the patent search, we compared devices that extract oil from sunflower seeds.

KEYWORDS: OIL, SCREW MACHINE, EXTRACTION, SCREW,  
SUNFLOWER SEEDS.

## Зміст

Вступ.....	12
Актуальність .....	14
1. Мета і задача дослідження .....	15
2. Літературний огляд.....	17
3. ОПИС ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ .....	30
3.1 Призначення виробу та галузь застосування .....	30
3.2 Викладення технологічного процесу .....	30
4. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ .....	34
4.1 Опис експериментальної установки.....	34
4.2 Підготовча стадія переробки сировини. ....	36
4.2.1 Сушіння й зберігання олійної сировини. ....	37
4.2.2 Очищення насіння від домішок.....	38
4.2.3 Способи і методи очищення .....	38
4.2.4 Кондиціювання насіння.....	39
4.2.5 Обрушення насіння.....	39
4.2.6 Подрібнення насіння.....	39
4.2.7 Гідротермічна обробка .....	40
4.2.8 Вилучення олії з рослинної сировини .....	40
4.2.9 Екстракційний спосіб вилучення олії .....	41
4.2.10 Очищення олії .....	43
4.3 Експериментальне дослідження (гарбузового насіння).....	46
4.3.1 Експериментальне дослідження (насіння соняшника). ....	50
5. Розрахунок шнеку .....	56
5.1 Розрахунок продуктивності шнека та його основних значень.....	56
5.2 Розрахунок міцності шнека.....	60
5.3 Тепловий розрахунок шнека.....	62
5.4 Розрахунок барабана.....	63
5.5 Розрахунок бункера .....	64
6. Комп'ютерне моделювання «Solidworks» .....	67
7. Рекомендація з монтажу та експлуатації.....	71

8. Стартап-проект обробки насіння соняшнику на підприємстві .....	74
9. Патентний пошук та огляд літератури.....	94
Висновки .....	95
Перелік посилань.....	

## Вступ

На сучасному етапі в світі сформувався такі ключові дії та активності: наступне покращення врожайності аграрної продукції, розвиток галузі тваринництва, розширення різноманітності, покращення якості, підвищення поживної ефективності та смакових властивостей олії, запровадження конкурентоздатних і економічно вигідних рішень, скорочення виробничого процесу та запровадження виробничих процесів і ефективного використання головної та середньої сировини. Досягнення цих цілей можливе лише за умов аналізу сучасних підходів технологічної обробки харчових продуктів та вибору найкращої організації виробничого потоку [1].

Забезпечення сировиною є основою економіки кожної країни. Харчова промисловість охоплює підприємства, які забезпечують людей харчовими продуктами. Вона більш тісно, ніж інші сфери, пов'язана із сільськогосподарською діяльністю і є невід'ємною складовою агропромислового комплексу. Різноманітність сировини і постійний попит на продукти харчування у всіх регіонах обумовлює значне розповсюдження підприємств харчової промисловості. Зокрема, масложирова промисловість спеціалізується на виробництві харчових і технічних олій, маргарину, кондитерських, хлібопекарських і кулінарних жирів, а також емульсійних соусів, таких як майонез [2].

Харчова промисловість належить до ключових секторів національної економіки, розвиток якого завжди перебуває у центрі уваги державного управління. Важливо підкреслити, що ця галузь тісно взаємодіє з тваринництвом та рослинництвом), так і з іншими секторами економіки. У сучасних умовах харчова промисловість зазнала суттєвих трансформацій, зокрема завдяки відновленню виробничої інфраструктури, запровадженню інноваційних та конкурентоспроможних технологій у процесах виробництва, зберігання й реалізації продукції, а також науково-технічному прогресу в галузі. [3].

Одним із ключових напрямів розвитку харчового виробництва є комплексна обробка сировини тваринного походження із залученням компонентів рослинного походження та їх комбінуванням. Це включає зменшення втрат на всіх етапах виробництва, вдосконалення технологічного обладнання, розробку та випуск нових видів продукції з подовженими термінами зберігання, підвищеною поживною та біологічною цінністю. Також значну увагу приділяють виробництву продуктів функціонального призначення, які сприяють покращенню здоров'я споживачів [4].

У сучасному виробництві рослинних олій пресування зазвичай виступає як початковий етап перед остаточним знежиренням насіння шляхом екстракції. Цей метод вилучення олії застосовують переважно у випадках невеликих обсягів виробництва. Якщо подрібнене олійне насіння (м'ятку) після обробки на вальцевому станку подати в прес, то навіть за умов високого тиску виділяється лише невелика частка олії — близько 10–15 % від її загального вмісту. Основна частина залишається у матеріалі, що підлягає подальшій екстракції [5].

Це пояснюється тим, що олія в м'ятці розподіляється у вигляді тонких плівок на поверхні подрібнених частинок ядра і утримується потужними поверхневими силами. Ці сили значно перевищують тиск, який здатні створювати преси. Для ефективного вилучення олії необхідно подолати або хоча б зменшити ці поверхневі сили, що утримують олію в матеріалі. Це завдання зазвичай вирішується під час подальшого процесу екстракції [6].

У процесі вилучення олії з олійного насіння під впливом високих температур і тиску разом з олією із клітин виходять різні речовини, що мають здатність розчинятися в ній. У результаті в товарній олії завжди присутні фосфоліпіди, воски, барвники, продукти гідролізу, такі як вільні жирні кислоти, моногліцериди, дигліцериди тощо. Також в олії можуть бути продукти окислення жирних кислот, тригліцеридів і інших ліпідів. Окрім хімічних домішок, у пресованій олії завжди наявні механічні частинки — дрібні залишки мезги, кількість яких може перевищувати 5% від загального обсягу [7].

## Актуальність

Актуальним завданням є збільшення виробництва олії та показників її продукції, таким чином використання ультразвуку дозволяє збільшити вихід кінцевого продукту, підвищити продуктивність та зменшити час на виробництво олії. Забезпечення якості та безпеки споживання, що залежить від суворого дотримання технічних параметрів виробництва, технічного рівня виробництва та контролю якості готової продукції. Оптимізація технологічних процесів потребує дослідження впливу окремих параметрів, а розробка більш ефективних рекомендацій щодо подовження термінів зберігання харчових продуктів – глибших знань і розуміння процесів, які відбуваються в сировині та продуктах.

## 1. Мета і задача дослідження

Задачами дослідження є:

1. З'ясувати вихід олії 100г (соняшникового та гарбузового насіння) без ультразвуку.
2. З'ясувати вихід олії 100г (соняшникового та гарбузового насіння) з ультразвуком.
3. Мета дослідження полягає в розробці та обґрунтуванні ефективної технології переробки відходів виробництва олій із використанням ультразвукових методів. Це дозволить оптимізувати процеси утилізації, знизити обсяги шкідливих відходів, отримати корисні побічні продукти з високою доданою вартістю та мінімізувати негативний вплив виробництва на екологію.
4. Дослідження розпочнеться з глибокого аналізу наявних методів утилізації відходів олійного виробництва, включаючи механічні, термічні, хімічні та біотехнологічні підходи. Основною метою стане виявлення їхніх недоліків, таких як висока енергоємність, значні втрати сировини або недостатня екологічна безпечність. Це дозволить окреслити перспективи використання ультразвукових технологій. Особливу увагу буде приділено вивченню типів відходів, що виникають у процесі олійного виробництва, таких як лушпиння, шрот, мила та залишкові масляні суміші. Ці відходи мають високий потенціал для подальшої переробки та використання.
5. План дослідження передбачає визначення ключових показників продуктивності готової продукції. Ультразвукові технології вибрано через їхні унікальні властивості, зокрема здатність інтенсифікувати процеси екстракції, деградації та емульгування. Особлива увага буде приділена вивченню впливу ультразвуку на фізико-хімічні характеристики відходів, включаючи їхню структуру, щільність, хімічний склад і реакційну здатність. Також викликає інтерес можливість виділення цінних компонентів із відходів, таких як білки, масла або біологічно активні речовини, що можуть бути використані у виробництві функціональних продуктів чи інших цінних матеріалів.

**Об'єктом дослідження** – є отримання олії соняшникового насіння без впливу ультразвуку та з його впливом.

**Предметом дослідження** – є процес впливу акустичних коливань на руйнацію, створення каустичних вихрів та обробка соняшникового і гарбузового насіння.

У рамках роботи буде розроблено експериментальну установку для ультразвукової обробки відходів, яка дозволить варіювати такі параметри, як частота, інтенсивність та тривалість впливу. Заплановані експерименти спрямовані на визначення оптимальних умов для максимізації виходу цінних продуктів та підвищення енергетичної ефективності процесу.

Для оцінки ефективності розробленої технології буде проведено порівняння з традиційними методами переробки відходів за такими критеріями, як продуктивність, витрати енергії, економічна вигідність та екологічна безпечність. Окрім того, дослідження включатиме екологічний аудит, який дозволить оцінити, наскільки запропонована технологія допомагає знизити негативний вплив на навколишнє середовище.

Підсумки роботи стануть основою для розробки рекомендацій щодо впровадження технології в промислових умовах. Це дозволить підвищити ефективність утилізації відходів олійного виробництва на підприємствах, сприяючи як екологічній, так і економічній стійкості галузі.

## 2. Літературний огляд

Соняшникова олія має рослинне походження. Це прозора рідина золотисто-жовтого кольору. З чого отримують олію? З насіння соняшника, яке містить 39–49% олії. Виробництво соняшникової олії складається з кількох етапів. Перш ніж перейти до процесу виділення олії, потрібно підготувати насіння. Для виділення олії застосовують два основні методи: механічний віджим та екстракцію за допомогою органічних розчинників. [8].

Для продовження терміну зберігання олії її нагрівають та проходять додаткову обробку. Така оброблена, або рафінована, соняшникова олія не тільки має більший термін зберігання, але й вищу точку димлення. Нерафінована олія зберігає свій характерний смак, тоді як рафінований продукт не має смакових та запахових властивостей.

Переробка харчових відходів є однією з найважливіших екологічних та економічних проблем сучасного світу. Традиційні методи утилізації, такі як поховання на сміттєзвалищах і спалювання, є неекологічними та малоефективними. Використання ультразвукової обробки для переробки відходів харчової та сільськогосподарської промисловості є перспективним і прогресивним методом [9].

Ультразвукова обробка вважається екологічно безпечною технологією завдяки зниженому споживанню енергії та відсутності потреби у використанні шкідливих хімічних речовин, на відміну від традиційних методів екстракції та переробки [10].

Автори Yue Wu та ін. (2022) досліджували потенціал ультразвукової обробки для перетворення харчових та сільськогосподарських відходів на продукти з доданою вартістю. Зокрема, вони детально аналізують застосування ультразвукової технології для переробки відходів виробництва олій [11].

Основні висновки авторів щодо технології переробки відходів виробництва олій з використанням ультразвуку можна представити так:

1. Ультразвукова обробка значно підвищує ефективність екстракції олій з харчових відходів. Завдяки механічному впливу ультразвукових хвиль

руйнуються клітинні оболонки, що полегшує вивільнення олій та інших біоактивних речовин [12]

2. Ультразвук зменшує розмір частинок відходів, що збільшує їхню поверхневу площу і сприяє більш ефективній екстракції олій. Це дає змогу отримувати більше продукту з тієї ж кількості сировини [13]

3. Ультразвукова технологія підвищує значення SCOD, що вказує на ефективне розщеплення органічних сполук і сприяє полегшенню подальших біохімічних процесів [14]

4. Застосування ультразвукової передобробки знижує енергоспоживання на наступних стадіях переробки, таких як анаеробне зброджування для отримання біогазу. Це підвищує ефективність процесу та забезпечує його екологічну безпечність. [15]

5. Ультразвукова технологія покращує перетворення відпрацьованих олій на біопаливо, зокрема біодизель. Ультразвукові хвилі забезпечують ефективніше змішування реагентів і прискорюють хімічні реакції, що збільшує вихід готового продукту. [16]

Ультразвукова технологія вважається екологічно чистою, оскільки зменшує потребу в хімічних реагентах і скорочує обсяг утворених відходів. Це робить процес переробки олій більш екологічно стійким. [17]

Автори наголошують, що ультразвукова технологія є багатообіцяючим методом для переробки відходів олійного виробництва, здатним значно підвищити ефективність і екологічну стійкість процесу. Її використання сприяє не лише збільшенню виходу корисних продуктів, але й мінімізації негативного впливу на довкілля. [18]

Zaharan et al. (2015) [19] у своїй дисертації "Максимізація використання відходів виробництва оливкової олії" вивчають переваги вилучення фенольних сполук (ФС) із відходів оливкової олії та листя за допомогою передових методів екстракції. Головними завданнями дослідження є зменшення рівня забруднення та повернення економічно значущих побічних продуктів виробництва оливкової олії [20].

У дослідженні розглядалися різні види відходів виробництва оливкової олії, зокрема тверді та рідкі залишки, що утворюються під час традиційного, трифазного та двофазного процесів екстракції. Було проаналізовано вплив різних умов, таких як вибір розчинника, температура, тривалість екстракції та використання методів із застосуванням ультразвуку та мікрохвиль, на ефективність вилучення фенольних сполук [21].

Результати дослідження свідчать, що ультразвукова екстракція значно підвищує ефективність вилучення фенольних сполук при мінімальній втраті якості продукту. Методи ультразвукової та мікрохвильової екстракції не лише прискорюють процес, але й зменшують час екстракції до 83%. Підвищення ефективності пояснюється руйнуванням клітинної структури, що забезпечує більший вихід продукту [22].

Дослідження також встановило, що екстракт оливкового листа, отриманий із застосуванням суміші етанолу та води у співвідношенні 1:1, проявляє антиоксидантні властивості. Це свідчить про високий потенціал економічно вигідного вилучення оливкових поліфенолів, які можуть використовуватися для підвищення окислювальної стабільності рослинних олій та інших харчових продуктів [23].

У своїй роботі Alessandro Leone et al. (2018) [24] провели всебічне дослідження, спрямоване на вдосконалення процесу підготовки оливкової маси для подальшої екстракції олії. Вони застосували інноваційний теплообмінник із перемішувальною пружиною, а також пристрої для мікрохвильової та ультразвукової обробки в поєднанні зі стандартною технологією малаксації [25].

Результати експериментів показали, що комбінація мікрохвильової обробки та теплообмінника здатна значно скоротити час підготовки оливкової пасти з 40 хвилин до 4,19 хвилини, при цьому зберігаючи високу ефективність екстракції олії. У порівнянні з традиційним методом малаксації, це призвело до підвищення продуктивності процесу та зниження енергетичних витрат. Крім

того, застосування ультразвукової обробки покращило ефективність екстракції, спрощуючи процес і зменшуючи енергоспоживання [26].

Велике значення мають харчові олії, що є поживним продуктом, який широко використовують у виробництві маргарину, майонезів та інших продуктів. Технічні олії використовують у виробництві мила, мийних засобів, сушильних олій, лаків і фарб, а також змащувальних мастил. Олії також мають застосування в фармацевтичній та парфумерно-косметичній промисловості [27].

Усі культури, що використовуються як сировина для олійно-жирової промисловості, можна поділити на дві групи: олійні культури, які вирощують безпосередньо для виробництва олії та жиру, і рослини, які спочатку використовують для виробництва інших продуктів, а потім застосовують для виробництва жирів, олій та вершкового масла [28].

До першої групи належать соняшник, рицинова олія та ріпак.

До другої групи належать прядильні олійні рослини (бавовна, льон, коноплі), білкові олійні рослини (соя, арахіс), пекучі олійні рослини (гірчиця), ефіроолійні рослини (коріандр, з якого спершу витягають ефірну олію) та олійні відходи (зародки зерен, виноградні кісточки, насіння фруктів тощо). Залежно від вмісту жиру в ядрі всі олійні культури можна поділити на три групи: низькоолійні (соя) із вмістом жиру 20-40 %; середньоолійні (бавовна) із вмістом жиру 30-50 %; високоолійні (соняшник, арахіс, льон та ін.) із вмістом жиру 45 % і більше [29].

Соняшник містить понад 45 % олії. На частку лушпиння припадає 20-27 %. Бавовна містить 19-24 % олії, а лушпиння - 30-60 %. Сира бавовняна олія містить токсичний пігмент госсипол, який темнить колір олії. Щоб видалити госсипол, олію рафінують. Соя містить 20-23 % олії, 8-13 % лушпиння і близько 35 % білка. Льон містить 30-50 % олії. Шкірка не відділяється під час обробки насіння. Арахіс містить 35,8. 71,6% олії та 25. 35,8% білка. Білкові речовини арахісу добре засвоюються організмом людини [30].

Технологія переробки олії включає такі етапи: - підготовка насіння до зберігання - підготовчі роботи, пов'язані з підготовкою насіння до екстракції олії - віджимання та екстракція олії - первинна та комбінована рафінація олії - переробка шроту.

Основна технічна схема переробки олійного насіння представлена на рис. 2.1 [31].

Насіння соняшнику для переробки характеризується розміром, який поділяється на великі та дрібні фракції, які переробляються окремо за різними технічними схемами. Сушіння та зберігання насіння олійних культур Більшість насіння олійних культур після збирання зберігається за вмісту вологи, що є вищим за оптимальне значення для зберігання та переробки [32].

Для зберігання насіння характерний дихальний газообмін для підтримання життєздатності насіння. Дихання потребує витрачання запасів насіння, здебільшого ліпідів та олій. Таким чином, у процесі зберігання вміст олії в насінні знижується, а вміст вільних жирних кислот і продуктів їх окиснення збільшується. Інтенсивність дихання залежить від вмісту вологи в насінні, температури та газового складу навколишнього середовища. При підвищенні температури навколишнього середовища швидкість дихання насінневої маси збільшується. Одним із перспективних методів зберігання вологого насіння є [33].

Складність обладнання та складських приміщень обмежує застосування цього методу в промислових умовах. Найпоширенішим методом зниження вмісту вологи в насінні перед зберіганням є термічне сушіння, під час якого насіння нагрівається за допомогою вологопоглинача (зазвичай це суміш повітря і відпрацьованого газу). Потім атмосферне повітря вдувається для охолодження насіння. Сушіння може проводитися одноетапним або двоетапним методом. За двоетапного методу сушіння спочатку відбувається за нижчої температури вологопоглинача, а остаточне сушіння - за вищої температури, що економічно вигідно [35].

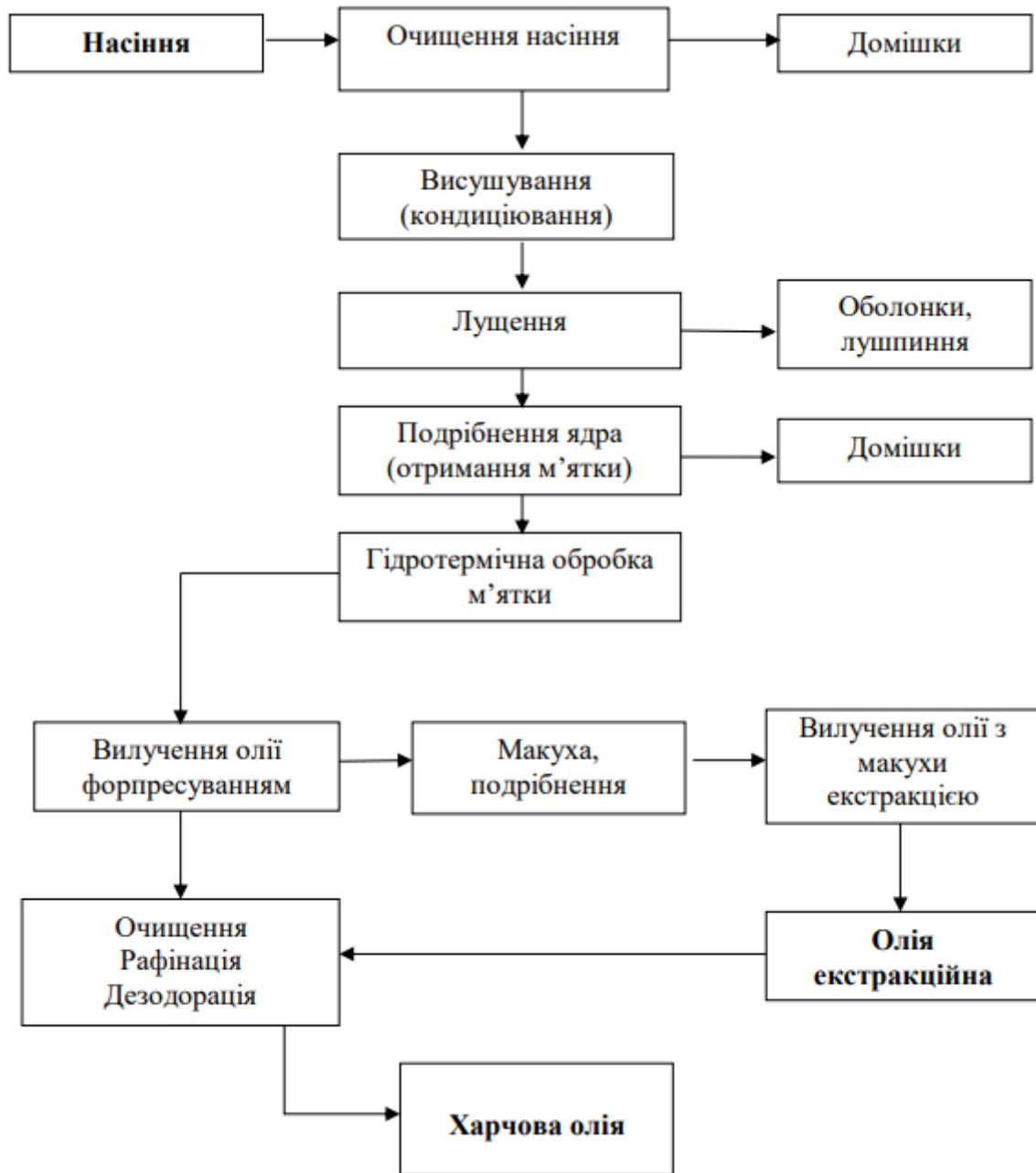


Рис. 2.1 – Принципова технологічна схема виробництва олії

Найкращий спосіб зберегти насіння - зберігати його в регульованому газовому середовищі, що містить 1-2% кисню та решту азоту. Майже повна відсутність кисню пригнічує дихання насінневої маси, тим самим зберігаючи якість насіння [34].

Зниження вмісту вологи підвищує терmostійкість насіння. За одноступеневого процесу сушіння в сушильну камеру надходить суміш повітря і відпрацьованих газів однакової температури. На тепло впливає висушене насіння, в якому відбуваються хімічні та біохімічні процеси, які покращують

технологічні характеристики насіння. Очищення насіння - важлива частина підготовки насіння. Видалення всіх видів домішок і в подальшому висушуванні (кондиціюванні). Присутність домішок погіршує властивості олійних культур під час зберігання та переробки. Переробка забрудненої сировини знижує якість одержуваної олії, збільшує втрати, погіршує і виводить з ладу технічне обладнання, знижує якість знежиреної макухи та шроту [36].

Домішки також є джерелом мікроорганізмів, які можуть зіпсувати насіння під час зберігання. Тому перед переробкою насіннєве сміття та металеві домішки видаляються. До домішок належать лушпиння, рештки листя і стебел, пісок, ґрунт, каміння, насіння дикорослих і культурних рослин, а також пошкоджене насіння основних культур. Методи і способи очищення залежать від розміру, форми, аеродинамічних і магнітних властивостей домішок і насіння. Ситові сепаратори використовуються для відділення домішок від насіння різного розміру з основного врожаю. Повітряні сепаратори використовуються для видалення домішок, схожих за розміром із насінням, але відмінних за щільністю. Металеві домішки видаляються за допомогою магнітних сепараторів [37].

У промисловості для очищення насіння від домішок використовуються комбіновані повітряно-ситові сепаратори. Для створення однорідних умов під час зберігання і переробки насіння розділяють. Він розділяється на велике і дрібне зерно. Потім вони відправляються на подальшу переробку. Велике насіння більш стійке при зберіганні та містить більш якісну олію. Насіння сортується таким чином за допомогою сепараторів або калібрувальних машин. Дрібна фракція включає незріле і дрібне насіння швидко видаляють [38].

Кондиціювання насіння. Для ефективного руйнування насіннєвої оболонки з мінімальним пошкодженням ядра вміст вологи в насіннєвій оболонці має бути нижчим за вміст вологи в ядрі. Тому проводиться кондиціювання насіння. Кондиціювання (зниження вологості) насіння олійних культур досягається шляхом сушіння. Для цього використовується суміш відпрацьованого газу та повітря. Сушарка складається з сушильної камери та камери охолодження.

Висушене насіння має бути охолоджене до температури, що не перевищує температуру довкілля більш ніж на 5°C. Олія в основному міститься в ядрі насіння, зародку та ендоспермі, тоді як плодова та оболонка насінини містять менше олії та мають бідніший ліпідний склад. Тому під час обробки насіння шкірка відділяється від ядра, яке є основною тканиною, що містить олію [39].

Процес луцення складається з двох основних операцій. Насіннева оболонка руйнується (луцення) і відділяється від ядра. Потім після луцення отримують суміш, яка називається рушанкою. Олійне насіння складається з цілого ядра, зовнішньої оболонки, частинок ядра (половушки), жирового борошна і частково очищеного насіння (під оболонкою). Для луцення олійного насіння використовують бичеві насіннерушарки, що працюють за принципом багатократного вдаряння, при якому крихка оболонка насінини руйнується під впливом удару бича. Оболонка розділяється на фракції та відокремлення оболонок від ядра застосовують сепарацію на аспіраційних насінневих установках, які розділяє компоненти аеродинамічного профілю за розмірами та аеродинамічними характеристиками [40].

Подрібнення насіння є важливим етапом процесу переробки, оскільки олія знаходиться Для більш ефективної екстракції необхідно зруйнувати клітинну структуру тканини. Після подрібнення утворюється нова структура олійного матеріалу. Вона складається здебільшого зі зруйнованих клітин, з яких виділяється олія й утримується на поверхні частинок м'яти, а частина олії залишається в клітинах. Добре подрібнена м'ята не повинна містити цілих клітин рослини. Для отримання м'ятки застосовуються вальцьові станки.

Перед процесом вилучення олії необхідна гідротермічна обробка м'ятки, яка допомагає ослабити зв'язки між плівками олії та частинами м'яти, яка робить легшим відокремлення жиру під час пресування. Гідротермічна обробка складається з двох етапів. На першому етапі вологість м'ятки доводиться до 8-9%, а температура — до 60°C [41].

Гідротермічна обробка м'ятки включає два етапи, кожен з яких має важливе значення для ефективності подальшого вилучення олії. На першому

етапі м'ятка поглинає воду, що спричиняє її набрякання та збільшення пластичності. Це ослаблює зв'язки між частками м'ятки, яка допомагає олії витискатися на її поверхню і знижує в'язкість матеріалу.

На другому етапі м'ятка висушується при температурі 105°C, що дозволяє довести вологість макухи до 5-6%. Це сприяє денатурації протеїнових речовин і зменшує пластичність макухи, роблячи її твердішою, що є оптимальним для процесу відтіснення олії.

Гідротермічну обробку м'ятки можна здійснювати в різних типах жаровень, таких як чанова, шнекова чи барабанна. Процес підготовки макухи в жаровнях займає 45-50 хвилин [42]

Олію добувають двома основними способами. Одинарне або подвійне пресування у шнекових пресах (до і після пресування разом) та екстракція органічними розчинниками (наприклад, бензином, хлороформом). Для збільшення виходу олії ці методи комбінують. Спочатку сировину пресують, а потім майже всю олію витягують за допомогою розчинника (залишковий вміст олії становить 0,5-1%). Попереднє видобуток олії відбувається на шнекових пресах, де отримують 60-85% олії, а жирність макухи складає 18%. Остаточне видобування олії здійснюється на пресах глибокого зняття олії (експелерах), які забезпечують вищий рівень стиснення сировини. Після отримання олії її піддають первинному очищенню для видалення механічних домішок (дрібних частинок насіння і м'якоті, що потрапили в олію в процесі пресування) [43].

Якщо олія зберігається з домішками, хімічні та біохімічні процеси погіршують її якість. Тому необхідна первинна переробка олії з технологічною операцією при одержанні олії пресовим методом. При екстракції механічних домішок використовуються методи відстоювання, центрифугування та фільтрування [44].

Під час переробки сировини з низьким вмістом олії (наприклад, соєвих бобів) олію спочатку видаляють пресуванням, щоб знежирити більшу частину насіння з високим вмістом олії, а потім роблять остаточне вилучення за допомогою екстракції (наприклад, для соняшнику, бавовнику, льону, арахісу та

інших). Процес екстракції базується на здатності і нафта розчиняється в органічних розчинниках. У процесі вилучення нафти відбувається молекулярна та конвективна дифузія. Важливою умовою для процесу дифузії є різниця між концентрацією олії всередині та зовні сировини. Коли насіння змішується з розчинниками, розчинник змочує поверхню часток насіння, заповнюючи пори структури мезги. Це дозволяє розчинити олію, Розчинник перебуває у вільному стані на поверхні зруйнованих насінневих частинок. Потім розчинник проникає через клітинну мембрану і розчиняє жир, що міститься в інтактній, нетрансформованій клітині [45].

Розчин жиру в розчиннику, який утворюється в процесі екстракції, називається лікером. Розчинники, що використовуються для екстракції олії, добре розчиняють жир і змішуватися з ним у будь-яких співвідношеннях, при цьому не розчиняють інші компоненти матеріалу, що підлягає екстракції. Вони повинні Однорідний за складом, повністю видаляється з олії та шроту, не вступає в хімічну реакцію з насінням і шротом. Не спричинити пошкодження апаратури. Крім того, розчинники повинні бути безпечними для людини, не шкідливими, а також пожеже- і вибухобезпечними. На сьогоднішній день не існує розчинників, які б відповідали всім цим вимогам. У видобувній промисловості для екстракції найчастіше використовують різні марки бензину. Переваги бензину в тому, що він добре розчиняється в нафті, нейтральний до екстрагуємого матеріалу та апаратури. Однак бензин є легкозаймистим, вибухонебезпечним і токсичним, а вдихання його парів шкідливе для здоров'я. Тому на виробництві мають дотримуватися таких особливих умов, що відповідають санітарним нормам і правилам безпечної роботи з вибухо- та пожежонебезпечними речовинами [46].

Щоб витягти найкращу олію шляхом екстракції, насіння олійних культур повинно мати певну структуру. Спочатку його подрібнюють за допомогою молоткової або дискової дробарки, щоб зруйнувати всю насінневу клітину. Потім макуха піддається гідротермічній обробці в бітермічній жаровні для підвищення пластичності матеріалу до вмісту вологи 7-8 % і температури 45

°С. Потім макуху доводять до необхідної вологості та температури і направляють на плющильні вальці для формування пелюсток товщиною 0,30-0,45 мм [47].

Принципова схема процесу екстракції олії представлена на рис. 2.2.

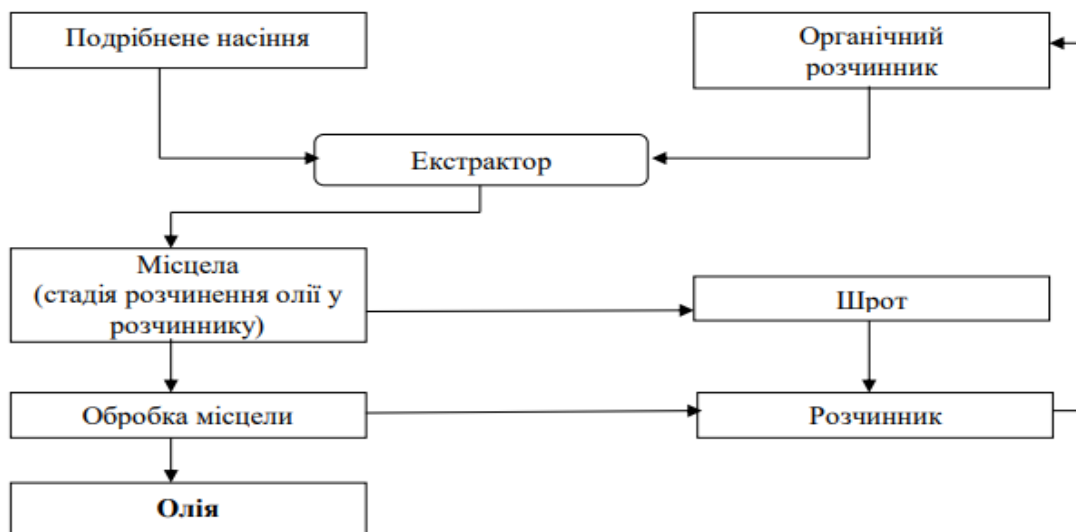


Рис. 2.2 – Принципова технологічна схема отримання олії екстракційним способом

Це пов'язано з тим, що сирі олії містять різноманітні домішки, як-от фосфоліпіди, воски, барвники, вільні жирні кислоти, моногліцериди та дигліцериди, які ускладнюють їхнє подальше використання та знижують якість продукту. Без очищення такі олії не можуть бути використані в харчових продуктах. Для очищення олії від домішок проводять процес рафінації, який включає кілька операцій: гідратація олії для видалення фосфоліпідів, виморожування для очищення віску і воскоподібні речовини, лужна нейтралізація для зниження вмісту вільних жирних кислот, відбілювання для видалення барвних речовин та дезодорацію для усунення смаку і запаху олії. [48];

Методи переробки олії можна розділити на фізичні, хімічні та фізико-хімічні. Фізичні методи переробки використовуються для первинної переробки

олії та включають відстоювання, центрифугування та фільтрування. Ці методи дозволяють видалити тверді частки, що з'являються відразу після приготування олії. Хімічні методи відфільтрування олії включають лужну рафінацію або нейтралізацію, яка полягає в обробці. Масло нейтралізується лугом для видалення залишків жирних кислот. У процесі нейтралізації утворюється мило, яке нерозчинне в олії та випадає в осад. Мило частково адсорбує фарбувальні речовини, білкові домішки і слиз. Потім його промивають 3-4 рази гарячою водою і висушують до вмісту вологи 0,06%.

Для нейтралізації олії використовуються розчини NaOH різної концентрації,  $\text{Na}_2\text{CO}_3$  та іноді КОН. Фізико-хімічні методи рафінації, такі як гідратація фосфоліпідів, виморожування, відбілювання та дезодорація, використовують для видалення домішок, які утворюють справжні розчини в олії, а також для видалення барвників, смакових і ароматичних речовин. Рафінація може бути повною або частковою. Після повної рафінації рослинні жири втрачають свої властивості, стає прозорою, злегка жовтою, без запаху і смаку, а також втрачає частину біологічно цінних компонентів. Тому для харчових цілей рекомендується використовувати олію, що пройшла лише часткову рафінацію. Гідратація - це процес видалення із сирої олії фосфоліпідів, білків і муцилаг [50].

Фосфоліпіди - це жироподібні сполуки, що мають високу біологічну цінність. Фосфоліпіди містяться в нафті в розчиненому стані, але під час зберігання, фосфоліпіди втрачають свою розчинність, що призводить до помутніння олії і утворення осаду. Метод гідратації базується на фосфоліпідах. Фосфоліпіди з'єднуються з водою, утворюючи нерозчинні у воді гідратовані фосфоліпіди, які випадають в осад (гідрофус). Олію відокремлюють від осаду у відстійнику і сушать за температури 76-91°C у вакуумній сушарці до вологості 0,05%. [51].

Виморожування застосовується для запобігання помутнінню олії. Під час зберігання за низьких температур олія висушується шляхом видалення воскоподібних речовин. Гідратовану та висушену олію повільно охолоджують

за низьких температур, витримують 4 години при температурі 10-12°C, щоб утворилися кристали воску. Потім олію підігрівають до 20°C для зниження її в'язкості та отримання більших кристалів. Восковий осад відокремлюють на фільтр-пресі. Вміст воску в олії становить від 0,05 до 0,4%, а після заморожування віск повністю видаляється. Разом із воском олія частково видаляються жирні кислоти, фосфоліпідів і пігментів.

При відбілюванні олії (адсорбційній рафінації) пігменти видаляються шляхом адсорбції розчинених в олії фарбувальних речовин на поверхні спеціальних адсорбентів [52].

Відбілювання олії здійснюється шляхом додавання до неї природних адсорбентів, таких як бентонітова глина, діатоміт, що відокремлюються з олії за допомогою фільтрації. Дезодорація потрібна для усунення ароматичних сполук, які надають олії характерний смак та запах. Оскільки ці сполуки є леткими, їх видаляють, обробляючи олію перегрітим паром (при температурі 210-230°C) під вакуумом. Згідно з чинними стандартами, олія класифікується на нерафіновану, гідратовану, рафіновану без дезодорації та рафіновану з дезодорацією. [53].

Отже, ультразвук продемонстрував значний потенціал у технології переробки відходів виробництва олій. Дослідження в цій галузі показали, що ультразвукова обробка сприяє збільшенню виходу корисних продуктів з відходів олійного виробництва. Ці результати підкреслюють перспективність застосування ультразвукових технологій у переробці відходів виробництва олій, що дозволяє підвищити вихід цінних продуктів і знизити втрати [54].

### 3. Опис технологічного процесу

#### 3.1 Призначення виробу та галузь застосування

Реактор призначений для приготування рідких харчових продуктів і оснащений сорочкою для подачі гріючого агента – пари. Всередині реактора встановлені три лопаті, які значно підвищують ефективність процесу розчинення цукру в очищеній воді. Такий апарат широко використовується в фармацевтичній промисловості, зокрема в лінії виробництва лікарських сиропів.

Фільтр використовується для здійснення процесу фільтрування цукрового розчину перед його розливом у флакони. Робочий орган апарата — фільтрувальна сітка, розрахована на вловлювання механічних часток розміром 0,25 мм і більше. Такий апарат застосовується в фармацевтичній промисловості, зокрема в лінії виробництва лікарських сиропів.

Перколятор — це апарат, призначений для екстракції БАР із дудника. Процес екстрагування складається з двох етапів: мацерації та перколяції. Перколяція здійснюється за рахунок циркуляції рідини насосом. Оптимальна температура рідини в апараті становить 60°C. Цей апарат застосовується в фармацевтичній промисловості, зокрема в лінії виробництва лікарських сиропів.

#### 3.2 Викладення технологічного процесу

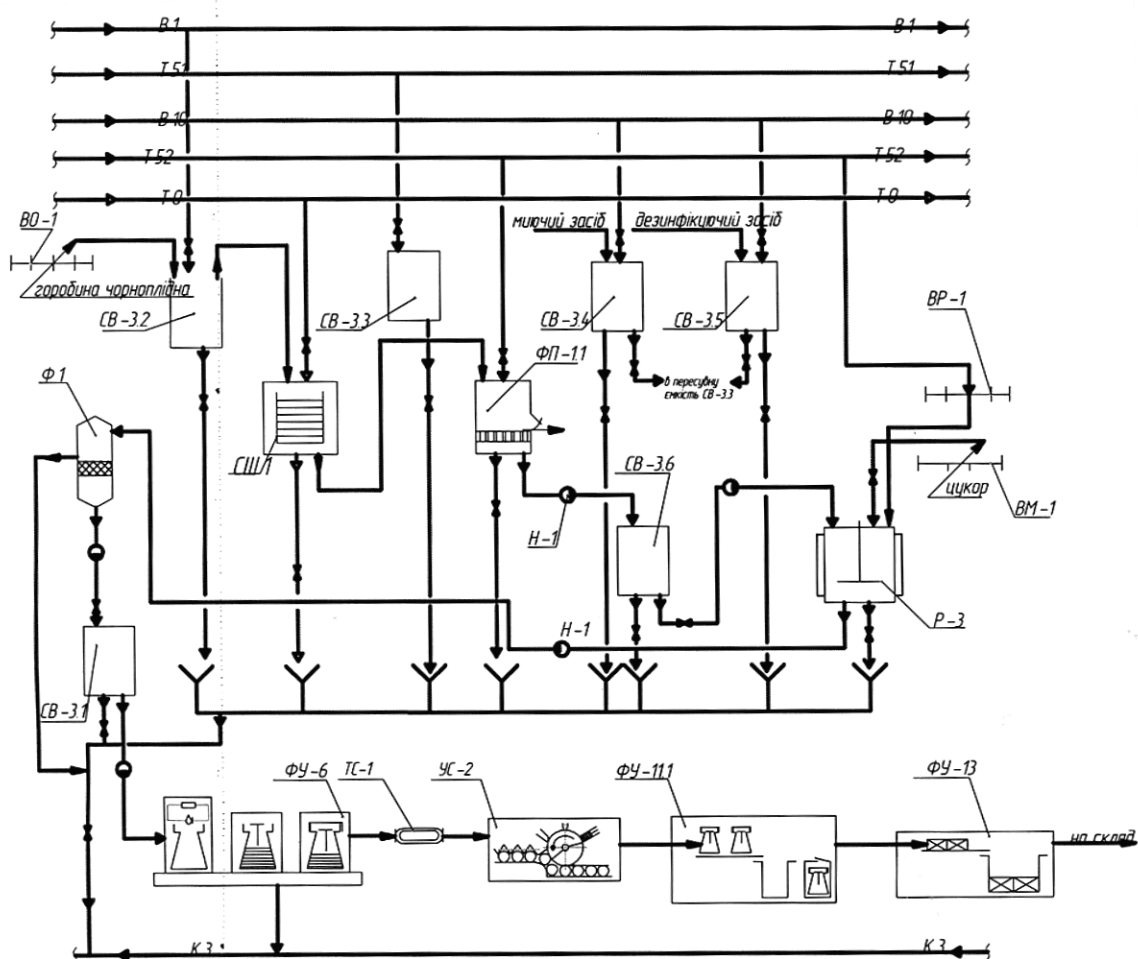
Придатну для обробки горобину зважують за допомогою об'ємно-вагових ваг ВО-1, після чого її направляють до збірника СВ-3.2 для миття. Збірник оснащений трубопроводом, через який подається питна вода для очищення сировини.

Сировина зі збірника СВ-3.2 направляється до сушильної шафи СШ1, де її обробляють очищеним повітрям, нагрітим до 90°C. Процес сушіння триває 5 годин. Після висушування, речовину переміщують у перколятор ФП-1.1, де здійснюється екстракція біологічно активної речовини — водорозчинного вітаміну Р, в системі тверда фаза-рідина. Для екстракції використовують очищену воду, температура якої становить 60°C. Процес екстрагування

проходить у два етапи — мацерації та перколяції, загальна тривалість процесу складає 4 години. Екстракт горобини чорноплідної за допомогою насоса Н-1 направляється до збірника СВ-3.6. Відпрацьовану сировину завантажують до сушильної шафи СШ1 для подальшої обробки, після чого вона направляється на склад.

У збірнику Р-3 готують цукровий сироп шляхом змішування цукру-рафінату, що має вміст сахарози 99%, з очищеною водою, яку зважують в дозаторі ВР-1. Після цього до цукрового розчину додають лікарський екстракт. Для очищення сиропу від баластних речовин, його перекачують за допомогою насоса Н-1 до фільтра Ф1.

На рисунку 3.1 представлена апаратурно-технологічна схема виробництва



рідких харчових продуктів.

Рис. 3.1 - Апаратурно-технологічна схема виробництва рідких харчових продуктів

Очищений сироп надходить до машини ФУ-6, де проводиться розлив рідини у флакони, їх закривання пробкою та загвинчування металічними кришками. За допомогою стрічкового транспортера ТС-1 флакони переміщуються до апарата етикетування УС-2. Потім флакони упаковуються в коробки за допомогою апарата ФУ-11.1, а на обладнанні ФУ-13 ці коробки укладаються в пачки. Пачки маркуються і відправляються на склад.

На кожному етапі виробництва готового лікарського засобу відбираються проби для проведення аналізу мікробіологічної чистоти продукту. Приміщення для виготовлення ліків оснащено збірниками СВ-3.4 та СВ-3.5 для приготування миючих та дезинфікуючих розчинів. Для їх приготування використовують воду питну, що має температуру 55°C. Після проведення дезинфекції обладнання та робочих поверхонь, їх витирають очищеною водою.

Згідно з Належною виробничою практикою, до обладнання висувають наступні вимоги:

1) Виробниче обладнання повинно бути спроектовано, розміщено та обслуговувано таким чином, щоб воно відповідало своєму призначенню, забезпечуючи ефективне виконання операцій та високий рівень безпеки.

2) Ремонтні та технічні роботи з обслуговування обладнання повинні здійснюватися так, щоб вони не впливали на якість продукції, запобігаючи її забрудненню або зниженню якості.

3) Обладнання повинно бути спроектовано так, щоб легше і ретельно очищати. Процес очищення має бути чітко визначений і документований. Очищення повинно проводитися відповідно до затверджених методик, а обладнання слід зберігати в чистому та сухому стані.

4) Устаткування, що використовується для миття та очищення, повинно бути обрано та використано так, щоб воно не було джерелом контамінації, запобігаючи будь-якому можливому впливу на якість продукції.

5) Обладнання повинно бути встановлено отже, щоб уникнути проблем з обладнанням, забезпечуючи належний процес виробництва без впливу на якість продукції;

6) Виробниче обладнання не повинно створювати небезпеки для продукту. Компоненти обладнання, що контактують із продуктом, не повинні вступати в реакцію з продуктом і не повинні виділяти або поглинати речовини в таких кількостях, які можуть вплинути на якість продукту і створити потенційну небезпеку.

7) У виробничій та управлінській діяльності, точні ваги та вимірювальне обладнання, які відповідають необхідному діапазону та точності для забезпечення правильності процесів.

8) Засоби вимірювання, ваги, контрольні апарати та пристрої, що вказують показники, повинні підлягати регулярній калібруванню і перевірці відповідними методами. Протоколи таких перевірок повинні вестися та зберігатися.

9) Стаціонарні трубопроводи повинні бути замарковані, які вказують їх вміст, а за потреби — і напрямок потоку, щоб уникнути помилок при використанні.

10) Дистильовану, деіонізовану воду та інші типи водопроводів потрібно дезінфікувати відповідно до задокументованих процедур, включно з визначенням меж мікробного забруднення та відповідними заходами для запобігання забрудненню.

11) Несправне обладнання, за можливості, Вони мають бути видалені із зони виробництва і контролю якості або, якщо це неможливо, чітко позначені як дефектні. Це дозволяє уникнути його використання в процесах, що можуть вплинути на якість продукції або безпеку.

Оскільки апарати використовуються для обробки складових частин лікарського препарату, важливо, щоб вони були виготовлені з корозійностійкої сталі, щоб уникнути реакцій з продуктом і забезпечити тривалу експлуатацію обладнання. Для підтримання стабільної температури під час розчинення цукру в реакторі необхідно передбачити сорочку, в яку подається пара. Це дозволяє підтримувати необхідну температуру та забезпечувати ефективний процес розчинення.

## 4. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ

### 4.1 Опис експериментальної установки.

Дослідження проводились на експериментальній ультразвуковій установці в полі дії кавітації, наведеної на рис. 4.1.

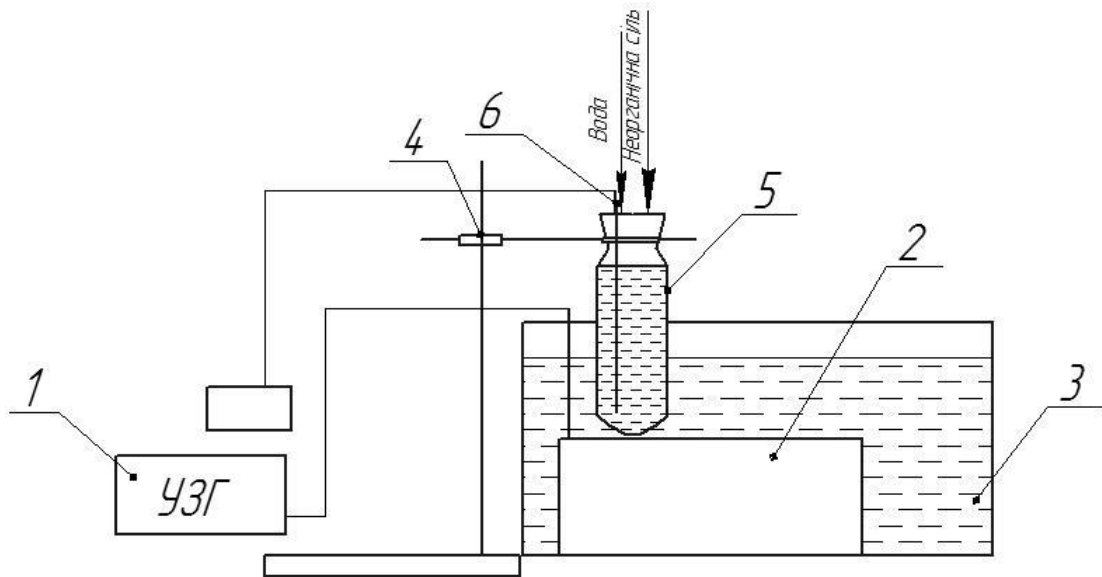


Рис. 4.1 - Принципова схема експериментальної установки: 1 - ультразвуковий генератор, 2 - ультразвуковий перетворювач, 3 - ємність, 4 - штатив, 5 - колба, 6 - термопара

Експериментальна установка складається з ультразвукового генератора 1 та ультразвукового перетворювача 2. Ультразвуковий перетворювач являє собою погрузний блок, який встановлюється в ємність 3 з робочою рідиною. На штативі 4 встановлена колба 5 об'ємом  $V = 120$  мл. Вимірювання температури здійснюється термопарою 6.

Ультразвук (УЗД) - це механічні коливання з частотою вище 20 кГц, що вище за межу чутності людини. В різних середовищах, таких як тверді, рідкі та газоподібні, і володіють високою механічною енергією. Ультразвук може бути використаний для викликання низки процесів у багатоклітинних і одноклітинних організмах, включно з мікроорганізмами, таких як деградація макромолекулярних сполук, коагуляція білків, інактивація ферментів і руйнування клітин.

Ці властивості УЗ роблять його цінним інструментом в багатьох галузях промисловості, зокрема в харчовій. Ультразвукові установки використовуються для очищення і стерилізації скляних ємностей, а також для стерилізації води та рідких харчових продуктів, таких як сік і вино. Це дозволяє значно покращити ефективність процесів очищення і зберігання продукції, забезпечуючи їх безпеку і якість.

Джерелом ультразвукових коливань служить низькочастотний ультразвуковий генератор (рис. 4.2а) із частотою випромінювання ультразвукових коливань 36 кГц, потужністю 300 Вт та інтенсивністю ультразвукових коливань 1,65 Вт/ см<sup>3</sup>.

Ультразвуковий перетворювач (погружний блок) (рис. 4.2б) виготовлений із неіржавкої сталі і складається з шести ультразвукових перетворювачів, які перетворюють електричну енергію в ультразвукові коливання. Підводний пристрій під'єднується до ультразвукового генератора і встановлюється в контейнер з таким чином. Повністю покритим робочою рідиною. Це необхідно, оскільки ультразвукові коливання використовуються в процесах із рідкими речовинами. Особливий процес ультразвукових коливань відбувається в рідких середовищах. Кавітація, яка забезпечує максимальний енергетичний вплив на різні речовини, що значно підвищує ефективність



а

б

Рис. 4.2. - Світлина ультразвукової установки: а – ультразвуковий генератор, б – ультразвуковий перетворювач 2 (погружний блок)

## 4.2 Підготовча стадія переробки сировини.

Технологія виробництва олій складається з наступних операцій:

- підготовка насіння до зберігання й зберігання;
- підготовчі операції, пов'язані з підготовкою насіння до видалення олії;
- пресування й екстракція олії,
- первинне й комплексне очищення олії,
- переробка шроту.

Принципова технологічна схема переробки олійної сировини представлена на рис. 4.3.

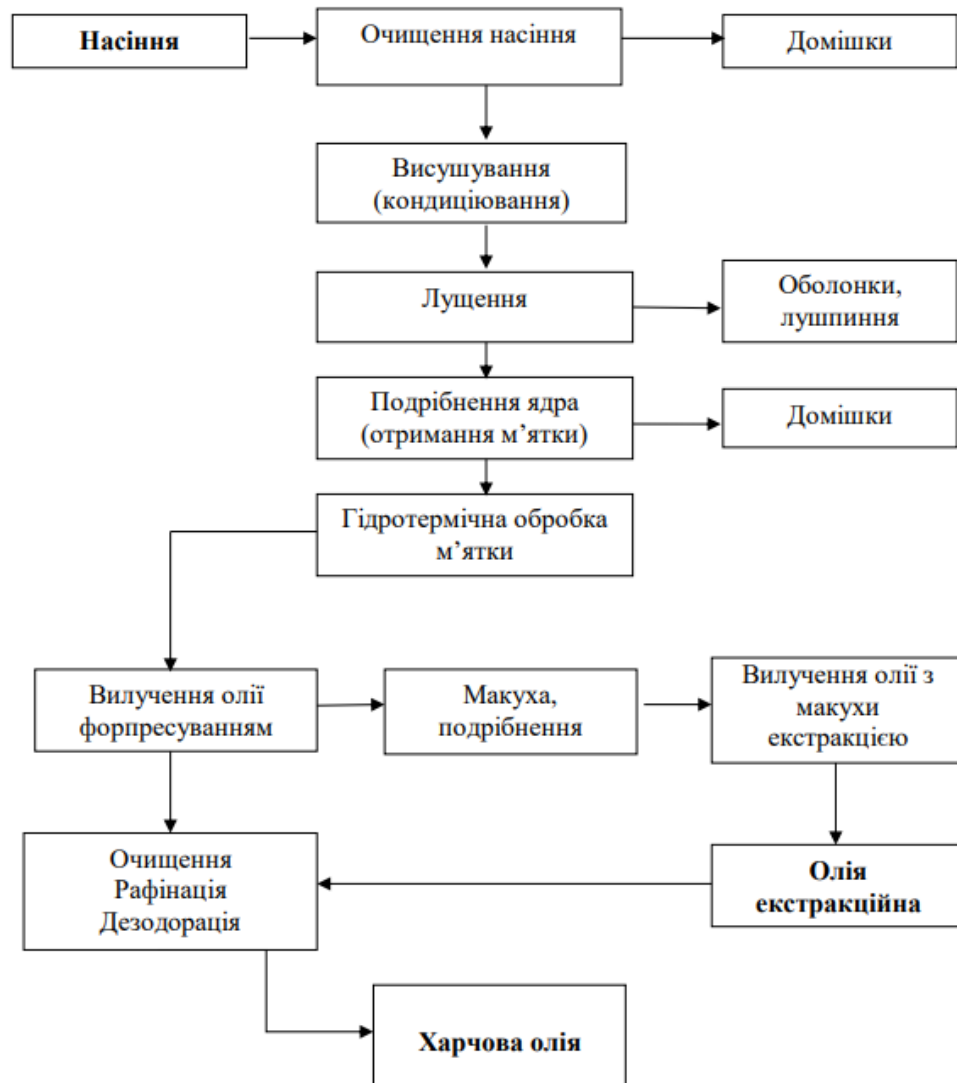


Рис. 4.3 - Принципова технологічна схема виробництва олії

Специфічною особливістю підготовки насіння соняшника до переробки є їх поділ по розмірах - на велику й дрібну фракції, які переробляють окремо по різних технологічних схемах.

#### 4.2.1 Сушіння й зберігання олійної сировини.

Більшість насінин олійних культур після збирання врожаю зберігається за вмісту вологи, що вищий за оптимальні значення для зберігання та переробки. Для зберігання насіння характерний дихальний газообмін для підтримання життєздатності насіння. Дихання потребує споживання продуктів зберігання насіння, в основному ліпідів і олій. Таким чином, у процесі зберігання вміст олії в насінні зменшується, а вміст вільних жирних кислот і продуктів їхнього окислення збільшується.

Інтенсивність дихання залежить від вмісту вологи в насінні, температури та газового складу атмосфери, що оточує насіння. Зі збільшенням вологості насіння та підвищенням температури навколишнього середовища швидкість дихання насіння зростає. Одним із найперспективніших способів збереження вологого насіння є зберігання його в регульованому газовому середовищі, що містить 1-2 % кисню й азоту. Практично повна відсутність кисню пригнічує дихання насінневої маси і тим самим зберігає якість насіння. Через складність обладнання та складських приміщень цей метод не може бути використаний у промислових умовах.

Найпоширенішим методом зниження вмісту вологи в насінні перед зберіганням є теплове сушіння, під час якого насіння нагрівається за допомогою вологопоглинача (зазвичай суміші повітря та вихлопних газів). Висушене насіння охолоджується шляхом видування повітря в атмосферу.

Сушіння здійснюється в одну або дві стадії. За двоетапного сушіння перший етап проводиться за низьких температур вологопоглинача, а остаточне сушіння - за економічно вигідних високих температур. Зниження вмісту вологи підвищує термостійкість насіння. За одноступеневого сушіння в сушильну камеру надходить суміш повітря і відпрацьованого газу однакової температури. Під впливом тепла у висушеному насінні відбуваються хімічні та біохімічні процеси, що поліпшують технічні властивості насіння.

#### 4.2.2 Очищення насіння від домішок

Підготовка насіння включає в себе очищення і сушіння (кондиціонування) насіння від будь-яких домішок. Наявність домішок погіршує властивості олійних культур під час зберігання та переробки. Переробка забрудненої сировини призводить до зниження якості одержуваної олії, збільшення втрат, зносу і поломки технічного обладнання та погіршення властивостей знежирених відходів, таких як макуха і шрот. Домішки також є джерелом мікроорганізмів, які псують насіння під час зберігання.

Тому перед переробкою видаляють залишки насіння і металеві домішки. До домішок належать лушпиння, залишки листя і стебел, пісок, ґрунт, каміння, насіння диких і культурних рослин, а також пошкоджене насіння основних культур.

#### 4.2.3 Способи і методи очищення

Методи і способи очищення засновані на відмінностях у розмірах, формі, аеродинамічних і магнітних властивостях домішок і насіння. Для відділення домішок і насіння різного розміру від основного врожаю використовуються ситові сортувальні машини.

Повітряні сепаратори використовуються для видалення домішок, схожих за розміром із насінням, але відмінних за щільністю. Металеві домішки видаляються магнітними сепараторами. У промисловості для видалення насінневих домішок використовуються повітряні сепаратори та ситові сепаратори. Для забезпечення однорідності при зберіганні та переробці насіння ділять на дві фракції - велику і дрібну - залежно від його розміру. Потім воно

відправляється на переробку. Велике насіння більш стабільне при зберіганні та містить олію кращої якості. Насіння класифікують за допомогою сепаратора або калібрувальної машини. У дрібних зернах міститься незріле дрібне насіння, яке відразу ж видаляють.

#### 4.2.4 Кондиціонування насіння.

Для ефективного руйнування насінневої оболонки з мінімальним пошкодженням ядра вміст води в насінній оболонці має бути нижчим за вміст води в ядрі. Тому насіння піддається кондиціонуванню. Кондиціонування (зниження вологості) насіння олійних культур досягається шляхом сушіння. Для сушіння використовується суміш відпрацьованого газу та повітря. Сушарка складається з сушильної камери та камери охолодження. Висушене насіння має бути охолоджене до температури не більше ніж на 5°C вище за температуру навколишнього середовища.

#### 4.2.5 Обрушення насіння.

Оскільки оболонка плодів і насіння містить невелику кількість олії з низьким ліпідним складом, під час обробки насіння оболонку відокремлюють від ядра - основної олійновмісної тканини. Процес луцення складається з двох етапів: руйнування насінневої оболонки (луцення) та відділення її від ядра. У процесі луцення утворюється суміш, яка називається макухою. Вона складається з цілого ядра, шкірки, частинок ядра (полова), жирового борошна і насіння, у якого шкірку видалено не повністю (під шкіркою). Для обмолочування олійного насіння використовуються багатоударні сівалки, в яких удар бича руйнує крихку оболонку насіння. Для поділу шкірки на фракції та відокремлення шкірки від ядра використовуються всмоктувальні сівалки, які розділяють компоненти шкірки за розміром та аеродинамічними характеристиками.

#### 4.2.6 Подрібнення насіння

Оскільки олія міститься в клітинах насіння і зерен, для її повнішого вилучення необхідно зруйнувати клітинну структуру тканин сировини. У результаті дроблення утворюється масляниста субстанція з новою структурою, звана м'ятою. Маса переважно містить зруйновані клітини, з яких виділяється олія, що утримується на поверхні частинок м'яти 10. Частина олії залишається в клітинах. Добре подрібнена м'ята має бути вільна від вегетативних клітин. Для виробництва м'яти використовуються вальцові верстати. Перед витяганням олії проводять гідротермічну обробку м'яти, яка послаблює зв'язок між олійною плівкою та частинками м'яти і полегшує відділення жиру під час пресування.

#### 4.2.7 Гідротермічна обробка

Гідротермічна обробка передбачає обсмажування м'яти і проводиться в два етапи. На першому етапі вміст вологи в м'яті збільшується до 7...8%, а температура підвищується до 50°C. У результаті частини м'яти вбирають вологу, розбухають і стають більш пластичними. Зв'язок між набряклою частиною і олією слабшає, олія виштовхується на поверхню м'яти, і в'язкість значно знижується. На другому етапі м'яту сушать при температурі 95 °C, при цьому вміст вологи в макусі соняшнику знижується до 4...5%. На цьому етапі відбувається денатурація білків і зменшення пластичності макухи. Макуха стає більш жорсткою за структурою і забезпечується оптимальне вилучення олії. Обробка макухи гарячою водою проводиться в трьох типах фритюрниць: биточках, шнеках і барабанах. Приготування макухи в жарочній шафі займає всього 50-60 хвилин.

#### 4.2.8 Вилучення олії з рослинної сировини

Використовують два методи: одне або два пресування у шнековому пресі (з попереднім і остаточним віджиманням олії) та екстракція шляхом розчинення жиру в органічному розчиннику (наприклад, бензині, хлороформі). Спочатку підготовлений матеріал пресують, а потім за допомогою розчинника витягують майже всю олію з насіння (0,5-1 % кінцевого вмісту олії).

Попередня екстракція олії здійснюється за допомогою шнекового преса, який витягує 60-85% олії. Вміст жиру в отриманій макусі становить 18 %. Остаточне вилучення олії шляхом пресування здійснюється в глибоких шнекових пресах (експелерах), де сировина сильно ущільнюється. Одразу після вилучення олії проводиться первинне промивання для видалення механічних домішок (дрібних частин насіння, частинок м'якоті, що потрапили в олію під час пресування). Зберігання олії з домішками призводить до погіршення її якості внаслідок хімічних і біохімічних процесів. Тому первинна рафінація є важливим технічним етапом виробництва олії методом пресування. Для видалення механічних домішок використовують такі методи, як осадження, центрифугування та фільтрація.

#### 4.2.9 Екстракційний спосіб вилучення олії

Використовується для переробки сировини з низьким вмістом олії (наприклад, соєвих бобів), знежирення насіння з високим вмістом олії, вилучення олії методом пресування та остаточної екстракції методом екстракції (наприклад, соняшнику, бавовни, льону, арахісу). Процес екстракції заснований на здатності олії розчинятися в органічних розчинниках. Під час екстракції олії розчинниками відбувається молекулярна дифузія та конвективна дифузія.

Процес дифузії заснований на різниці між концентрацією олії всередині та зовні сировини. Коли насіння змішується з розчинником, поверхня частинок насіння змочується розчинником і всі пори в структурі целюлози заповнюються. Це розчиняє олію, що перебуває у вільному стані на поверхні зруйнованих частинок насіння.

Потім розчинник проникає через клітинну мембрану і розчиняє жир, що міститься в інтактних, нетрансформованих клітинах. Отриманий розчин жиру в розчиннику називається олією. Розчинник, який використовується для екстракції олії, повинен відповідати таким вимогам і мати такі властивості: він повинен добре розчиняти жир, змішуватися з ним у будь-яких пропорціях і не розчиняти інші компоненти матеріалу, що екстрагується.

- Однорідний склад
- Повністю видалятися з олії і шроту.
- Не викликати хімічних реакцій із насінням.. • Не повинен сприяти руйнуванню обладнання.
- Повинен бути нешкідливий для людини, пожежо- і вибухобезпечний.

На сьогодні не існує розчинника, який задовольняв би всім цим властивостям. У промисловості для вилучення нафти зазвичай використовують бензин різних марок. Переваги бензину полягають у його високій здатності розчиняти нафту і нейтральності щодо видобувної речовини або обладнання. Однак, оскільки бензин вогнебезпечний, вибухонебезпечний і токсичний, а вдихання парів бензину шкідливе, на виробництві мають бути створені спеціальні умови відповідно до санітарних норм і правил поводження з вогнебезпечними і вибухонебезпечними речовинами.

Для кращого вилучення олії методом екстракції олійне насіння повинно мати певну структуру. Спочатку вся насіннева камера подрібнюється за допомогою молоткової або дискової дробарки, потім проводиться гідротермічна обробка олійних покидьків грубим жаром у битій жаровні, вміст вологи 8... 9 % і температурі 50 °С для підвищення пластичності сировини. Відрегульовані за вологістю і температурою олійні відходи надходять на плющильні вальці, де з них формуються пелюстки товщиною 0,25-0,5 мм.

Основні способи екстракції. Принципова схема процесу екстракції олії представлена на рис. 4.4

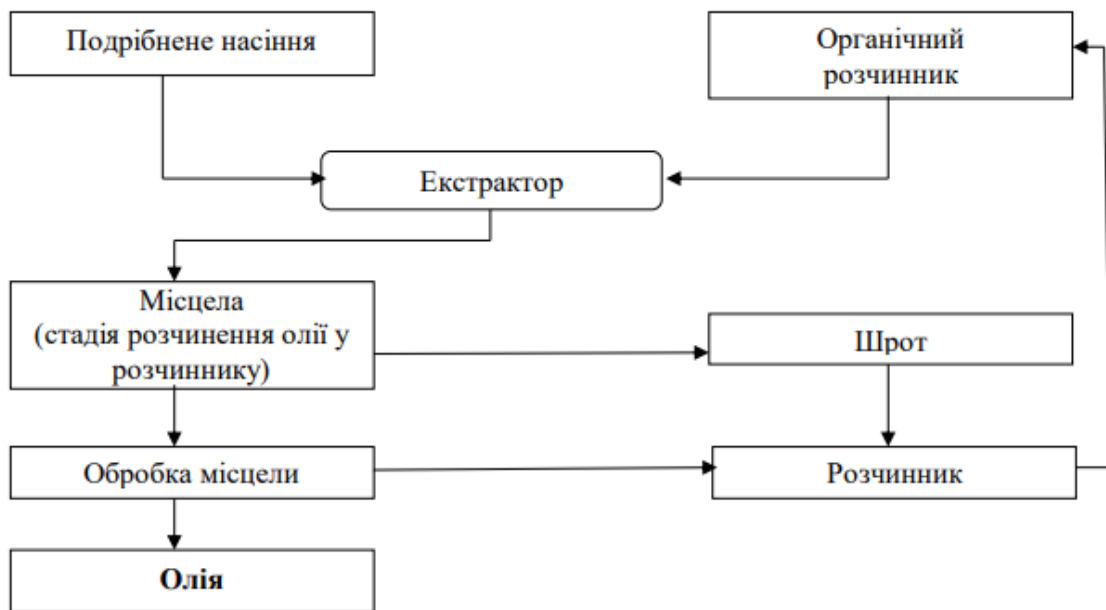


Рис. 4.4 – Принципова технологічна схема отримання олії екстракційним способом

Існує два методи екстракції: 1 - занурення маслянистої сировини в розчинник, наприклад, бензин класу А або лігроїн з температурою кипіння 63-75°C. Екстракція олії здійснюється методом замочування (сировина, що екстрагується, занурюється в розчинник, що рухається назустріч, зі зворотним потоком) і 2 - методом ступеневої зрошення (розчинник постійно перемішується, а сировина, що екстрагується, нерухомо перебуває в камері (в тій самій ємності) або на рухомій стрічці). За першого способу час екстракції становить 45-60 хвилин, за другого - 140-190 хвилин. Для очищення макухи від твердих домішок обов'язкове використання відстійників (гідроциклонів, рукавних фільтрів). Для видалення розчинників із макухи використовується дистиляція. Цей процес називається дистиляцією олії. Шрот, отриманий після екстракції, також містить розчинники, які видаляються шляхом нагрівання у випарнику. Екстрактор Олійна макуха Органічний розчинник Местиця (стадія розчинення олії в розчиннику) Подрібнене насіння Обробка местицею Розчинник олії Рисунок 1.3 - Роторний екстрактор 13 Устаткування (тостер). Розчинник, видалений із меляси та шроту, регенерується шляхом конденсації

парогазової суміші в теплообміннику-конденсаторі та знову використовується для вилучення олії.

#### 4.2.10 Очищення олії

Сира олія завжди містить різні домішки (наприклад, фосфоліпіди, воски, барвники, вільні жирні кислоти, моногліцериди та дигліцериди), які ускладнюють переробку та знижують якість продукту. Без рафінації такі олії не можуть бути використані в харчових продуктах. Рафінація використовується для очищення олії від домішок.

Сучасні технології повної рафінації передбачають видалення фосфоліпідів (операції гідратації олії), восків і воскоподібних речовин (операції виморожування), вільних жирних кислот (операції лужної нейтралізації), кольорових речовин (операції відбілювання олії) та речовин, що визначають смак і запах жирів та олій (операції дезодорації). Фізичні методи рафінації використовуються для первинної переробки олій. До фізичних методів рафінації належать осадження, центрифугування та фільтрація.

Ці методи використовуються для видалення твердих частинок відразу після рафінації олії. Хімічні методи рафінації нафти. Лужна рафінація або нейтралізація - це обробка олії лугом для видалення залишків жирних кислот. Унаслідок нейтралізації утворюються мила, нерозчинні в олії, що утворюють осад. Мило частково адсорбує на своїй поверхні барвники, білкові домішки та муцилаж. Після нейтралізації олію промивають 3-4 рази гарячою водою і висушують до вмісту вологи 0,04 %, щоб видалити мило. Для нейтралізації використовуються різні концентрації розчину NaOH, Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> та іноді КОН.

Фізичні та хімічні методи рафінації, як-от гідратація, заморожування, відбілювання та дезодорація фосфоліпідів, використовуються для видалення домішок, барвників, смакових та ароматичних речовин, які утворюють в олії справжній розчин.

Рафінація включає в себе повну і часткову рафінацію. Після рафінації рослинні олії та жири втрачають свою специфіку, стають прозорими, злегка

жовтими, без запаху та смаку, втрачають багато біологічно цінних компонентів. Тому в їжу використовують тільки частково рафіновані олії.

Гідратація - це видалення із сирової олії фосфоліпідів, білків і муцилаг. Фосфоліпіди - жироподібні речовини, що мають високу біологічну цінність. Незважаючи на розчинність в олії, фосфоліпіди втрачають свою розчинність під час зберігання, що призводить до помутніння олії та випадання осаду. Метод гідратації заснований на здатності фосфоліпідів з'єднуватися з водою з утворенням гідратованих фосфоліпідів, нерозчинних у воді, які випадають в осад (водна фаза). Олію відокремлюють від осаду у відстійнику і сушать у вакуумній сушарці за температури 75-86°C і вологості 0,06%.

Охолодження. Щоб запобігти помутнінню олії при зберіганні в холоді, необхідно видалити з неї воскоподібну речовину. Для цього гідратовану суху олію повільно охолоджують при слабкому перемішуванні до утворення кристалів воску при температурі 11 ... 13 ° C і витримують при цій температурі протягом 4 годин. Потім олію нагрівають до 23 ° C для зниження в'язкості та отримання більших кристалів. Осаджений віск відокремлюють на фільтр-пресі. Вміст воску в олії становить 0,04-0,6%. Після заморожування олія не містить воску. Разом із воском частково видаляються жирні кислоти, фосфоліпіди та пігменти.

Під час відбілювання олії (адсорбційної рафінації) пігменти видаляють шляхом адсорбції розчинених в олії фарбувальних речовин на поверхні спеціальних адсорбентів. Відбілювання здійснюється шляхом додавання в олію або жир природних адсорбентів (бентонітової глини, кизельгуру, активованого вугілля), які потім відокремлюються від олії або жиру шляхом фільтрації. Дезодорація проводиться для видалення ароматичних речовин, які надають оліям характерного смаку та запаху. Оскільки ці речовини легкі, їх можна видалити перегрітою парою (200...220°C) під вакуумом. 220°C) під вакуумом для їх видалення. Відповідно до чинних стандартів переробки рослинні олії поділяються на нерафіновані, гідратовані, рафіновані без запаху та рафіновані дезодоровані



Рис. 4.5 - Процес подрібнення насіння соняшнику для вилучення олії.

#### 4.3 Експериментальне дослідження (гарбузового насіння)



Рис. 4.6 – Фото дослідника

В колбу заливаємо 100 мл води. Засипаємо 10г гарбузового насіння. Кріпимо склянку вод та опускаємо у воду. Вмикаємо ультразвуковий генератор 1.



Рис. 4.7 – 10г гарбузового насіння

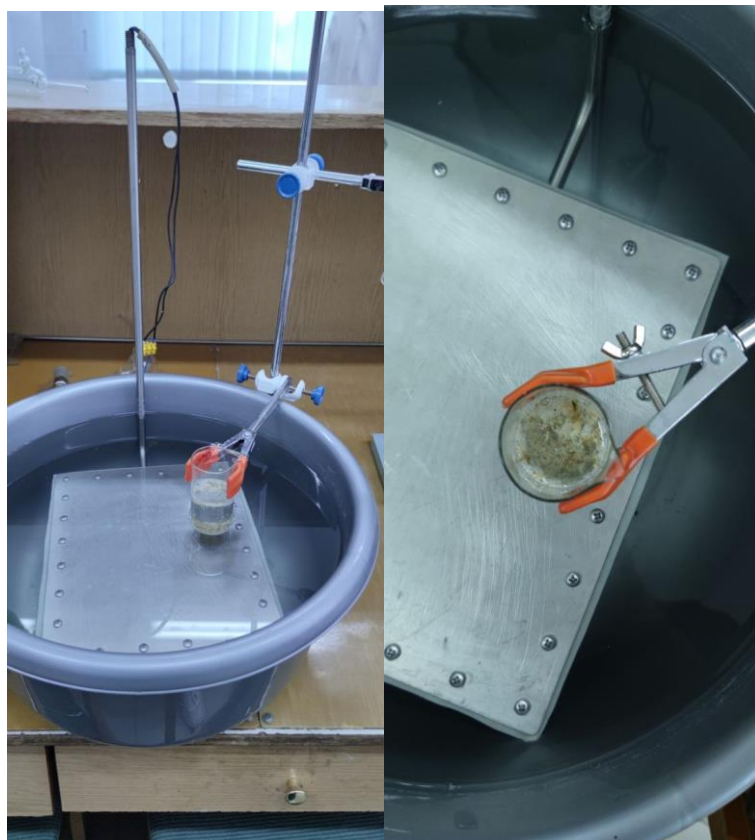


Рис. 4.8 – Гарбузове насіння під дією ультразвуку

Ультразвукові коливання викликають кавітацію в рідині, що призводить до прискорення, розчинення та інтенсифікація процесу тепло – масообміну.

Під час експериментальних досліджень визначають час, протягом якого відбувається набухання і кавітація. Отриманий продукт фільтруємо через фільтрувальний папір. Процес проводився при температурі  $t = 21\text{ }^{\circ}\text{C}$ .

#### Аналіз результатів експерименту



Рис. 4.9 - Результат експерименту після 3хв ультразвуку

В процесі ультразвуку відбувалося помутніння рідини. Гарбузове насіння залишилось на дні. Засікаємо 3хв та дивимось результат. Суміш на дні розпушилась.



Рис. 4.10 - Результат експерименту після 6хв ультразвуку

В процесі ультразвуку рідина стала білішою. Гарбузове насіння залишилося на дні. Суміш на дні розпушилась. Засікаємо ще 4хв та дивимось результат.



Рис. 4.11 - Результат експерименту 10хв

Можна побачити, що після 10-хвилинної хвилі ультразвуку, суміш на дні розпушилась. Зверху відсутня суміш. В процесі ультразвуку відбувалося помутніння рідини.

#### 4.3.1 Експериментальне дослідження (насіння соняшника).

Висипали 10г соняшникового насіння у склянку з водою.



Рис. 4.12 – 10г соняшникового насіння

Закріплюємо склянку з водою та занурюємо у посудину. Вмикаємо ультразвуковий апарат.

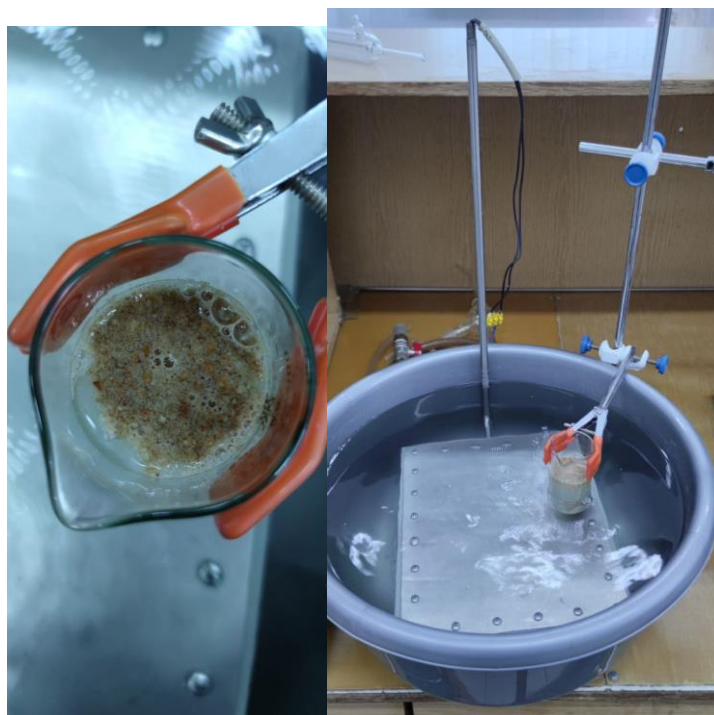


Рис. 4.13 - Гарбузове насіння під дією ультразвуку



Рис. 4.14 - Результат експерименту після 3хв ультразвуку

Після 3-хвилинної хвили ультразвуку відбулося помутніння рідини.

Засікаємо відлік ще 3хв та піддаємо посудину ультразвуком.

Суміш надала зелений відтінок в склянці. Суміш ще більше розпушилась.



Рис. 4.15 – Результат експерименту після 6хв ультразвуку



Рис. 4.16 – Результат експерименту після 10хв ультразвуку

Можна побачити, що суміш на дні значно побіліла та розійшлася у воді, але залишилася зверху. Порівняння 2 експериментів (сумішей)



Рис. 4.17 – Суміш соняшникового та гарбузового насіння 10хв

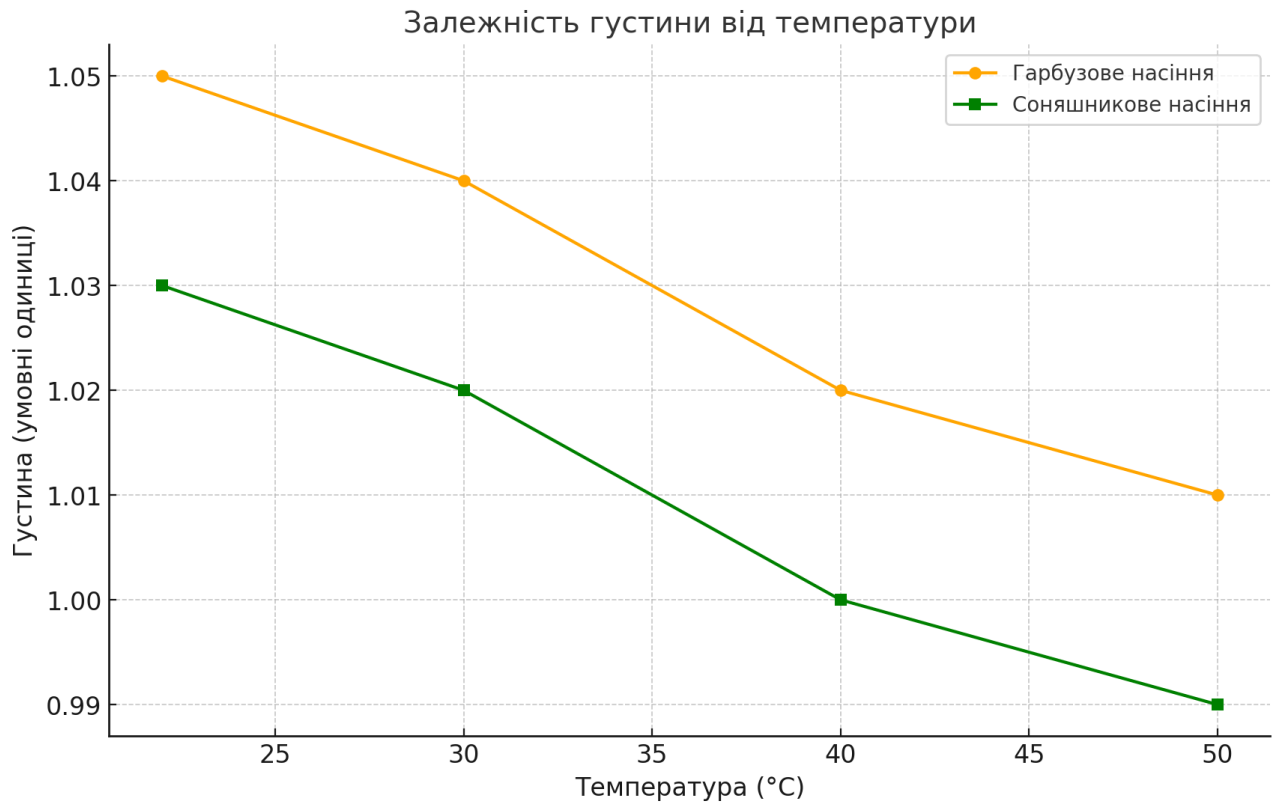


Рис. 4.18 – Графік залежності густини від температури

Ось графік, що ілюструє залежність густини від температури для гарбузового та соняшникового насіння. Як видно, гарбузове насіння демонструє дещо вищу густину при всіх температурах у порівнянні з соняшниковим, що може бути пов'язано з вищим вмістом жирів, білків та клітковини.

. Графік ілюструє, як стабільність і структура емульсій змінюються за різних часових проміжків.

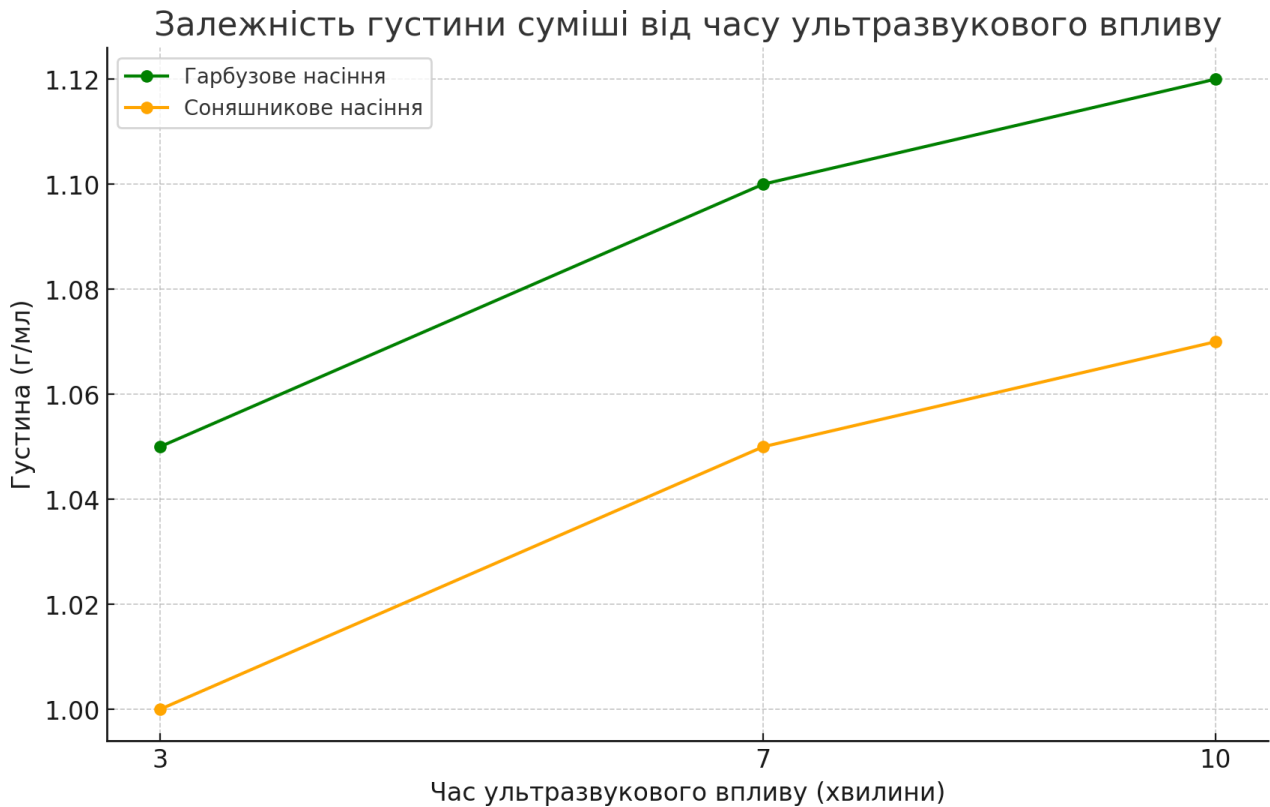


Рис. 4.19 – Графік залежності густини від часу ультразвукової обробки (3хв, 7хв, 10хв)

**Висновок:** Як можна побачити з експерименту, суміш з гарбузового насіння (справа) набула білого відтінку. Насіння залишилося внизу склянки. В той час як суміш соняшникового насіння має вигляд помутнілої рідини, тим паче частина суміші залишилася на дні та верху склянки.

Можна зробити висновок, що експеримент з ультразвуком показав, що ультразвук викликав хімічну реакцію, а саме окиснення жирів це також могло сприяти зміні кольору та структури рідини.

Ультразвук збільшує кількість олії, яка переходить у воду, оскільки він руйнує клітинні стінки насіння і допомагає виділити олію. Але він не створює нову олію — це лише ефективніший спосіб її вилучення. Цей спосіб вилучення більше олії з 100г насінини – є економічно та екологічно вигідним, так як за рахунок ультразвуку можна екстрагувати більше олії.

Ультразвук сам по собі не збільшує кількість олії в насінні (її фізичний вміст залишається незмінним). Проте він значно покращує її екстракцію —

тобто допомагає витягти більше олії з насіння, ніж звичайним механічним способом.

Вода з гарбузовим насінням стала густішою та білішою через більшу кількість жирів, білків та клітковини, що утворили густу і стабільну емульсію. У випадку з соняшниковим насінням емульсія менш стабільна та не така густа через нижчий вміст білків і клітковини.

## 5. Розрахунок шнеку

### 5.1 Розрахунок продуктивності шнека та його основних значень

#### Технічна характеристика шнекового екструдера

Діаметр шнеку, м	2.8
Діаметр корпусу, м	2.88
Довжина корпусу, м	25
Питоме навантаження об'єму, кг/м <sup>3</sup>	620
Тривалість процесу, хв	90

Продуктивність шнека визначається добутком корисно заповненого однокрокового міжвиткового об'єму в межах плоского кута в один радіан на кутову швидкість обертання шнека.

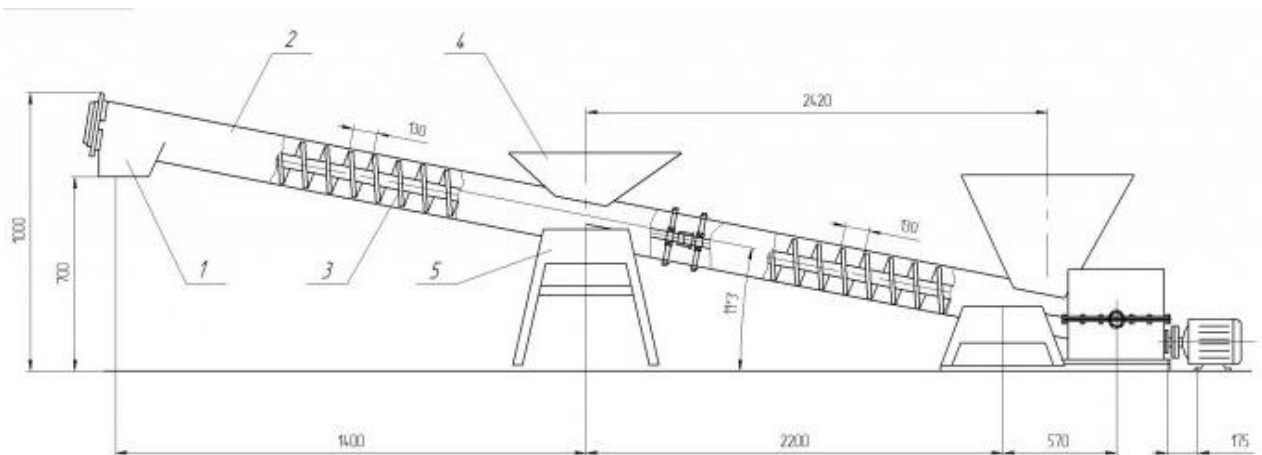


Рис. 5.1 – Шнекова установка

$$G = 0,127(D^2 - d^2)(t - \delta)(1 - k)\rho\phi\omega, \text{ кг/с,}$$

де  $D$  – діаметр шнека, м;

$d$  – діаметр вала, м;

$t$  – крок витків шнека, м;

$k$  – коефіцієнт відставання;

$\delta$  – товщина витка шнека в напрямку осі по зовнішньому діаметру, м;

$\rho$  – густина матеріалу, кг/м<sup>3</sup>;

$\varphi$  – коефіцієнт заповнення міжвиткового простору;

$\omega$  – кутова швидкість обертання шнека, рад/с.

Для розрахунку використовуємо такі вихідні дані:

1.  $D = 2,8$  м;

2.  $t = 0,75D = 0,75 \cdot 2,8 = 2,1$  м;

3.  $d \geq 0,318t f_{\text{тр}}$ ,

де  $f_{\text{тр}} = tg\varphi$  – коефіцієнт тертя;

$\varphi$  – кут тертя,  $\varphi = 33^\circ$  (взято найменше значення для насіння соняшника та середнє для насіння льону [14]).

Звідси,  $f_{\text{тр}} = tg33^\circ = 0,601$ .

Підставивши значення отримаємо:

$$d \geq 0,318 \times 2,1 \times 0,601 = 0,401;$$

Для зручності беремо значення  $d = 0,4$ .

4.  $k = 1 - (\cos^2 \alpha_{\text{ср}} - 0,5 f_{\text{тр}} \sin 2 \alpha_{\text{ср}})$ ,

де  $\alpha_{\text{ср}}$  - середнє значення кута підйому гвинтової лінії;

$f_{\text{тр}}$  - коефіцієнт тертя.

Для забезпечення максимальної продуктивності шнека підтримуйте мінімальний кут підйому гвинтової лінії  $10^\circ$ . В іншому разі можливий відрив матеріалу від внутрішньої поверхні корпусу обладнання. Відповідно до формули Підставляючи значення за формулою:

$$\alpha_{\text{ср}} = 0,5(\alpha_D + \alpha_d) = 0,5 \left( \frac{\arctg t}{\pi D} + \frac{\arctg t}{\pi d} \right)$$

Підставивши значення отримаємо:

$$\alpha_{\text{ср}} = 0,5 \left( \frac{\arctg 2,1}{3,14 \times 2,8} + \frac{\arctg 2,1}{3,14 \times 0,4} \right) = 0,512 .$$

Підставляємо отримані значення в формулу та знаходимо коефіцієнт відставання:

$$k = 1 - (\cos^2 25,95^\circ - 0,5 \times 0,601 \times \sin(2 \times 25,95^\circ)) = 0.428;$$

5.  $\varphi = 45\% = 0,45$  (взято значення для роботи шнека з зерном);

6.  $\rho = 440 \text{ кг/м}^3$  (взято значення для насіння соняшника [15]);

7.  $\omega = 60 \text{ об/хв} = 6.28 \text{ рад/с}$  (Це значення було вибрано тому, що нормальна швидкість шнека становить 60-75 об/хв). Для насіння рекомендується 50-60 об/хв. Це дуже м'яка швидкість, за якої шнек впливає на зерно більш дбайливо, ніж звичайні ланцюгові транспортери);

$$8. \delta \geq \sqrt{\frac{6M_{зг}}{[\sigma]_{зг}}},$$

де  $M_{зг}$  – максимальний згинальний момент;

$[\sigma]_{зг}$  – допустимі напруження згину матеріалу за температурою 20°C.

Наш шнек виготовлений зі сталі 10, то  $[\sigma]_{зг} = 1300 \times 10^6 \text{ Н/м}^2$ .

$$\begin{aligned} M_{зг} &= \frac{P_{max} \times D}{32} \left( \frac{1,9 - 0,7a^{-4} - 1,2a^{-2} - 5,2\ln a}{1,3 + 0,7a^{-2}} \right) \\ &= \frac{0,25 \times 2,8}{32} \left( \frac{1,9 - 0,7 \cdot 7^{-4} - 1,2 \cdot 7^{-2} - 5,2\ln 7}{1,3 + 0,7 \cdot 7^{-2}} \right) = -0.137, \end{aligned}$$

де  $a = D/d = 2,8/0,4 = 7$ ;

$P_{max} = 0,25 \text{ МПа}$  – максимальний тиск.

Звідси:

$$M_{зг} = \frac{Hm}{m}.$$

Розраховуємо:

$$\delta \geq \sqrt{\frac{6 \times 4893}{1300 \times 10^6}} = 4,78 \times 10^{-3} \text{ м.}$$

Приймаємо розрахунки  $\delta = 5 \text{ мм} = 0,005 \text{ м}$ .

Підставивши всі розрахунки, шукаємо продуктивність шнека:

$$G = 0,127 \times (2,8^2 - 0,4^2) \times (2,1 - 0,005) \times (1 - 0,428) \times 440 \times 0,45 \times 6,28 \\ = 1453,35 \frac{\text{кг}}{\text{с}}.$$

Розрахуємо інші основні параметри шнека:

1. Площа внутрішньої циліндричної поверхні корпусу шнека:

$$A_K = \pi D(t - \delta) = \text{м}^2. \\ A_K = 3,14 \cdot 2,8(2,1 - 0,005) = 18,42 \text{ м}^2.$$

2. Ширина витків:

$$b_K = 0,5(D - d) = \text{м}. \\ b_K = 0,5(2,8 - 0,4) = 1,2 \text{ м}.$$

3. Довжина гвинтової лінії у границях кроку:

$$l = \sqrt{t^2 + (\pi d)^2} = \text{м}; \\ l = \sqrt{2,1^2 + (3,14 \cdot 0,4)^2} = 2,45 \text{ м}; \\ L = \sqrt{t^2 + (\pi D)^2} = \text{м}. \\ L = \sqrt{2,1^2 + (3,14 \cdot 2,8)^2} = 9,04 \text{ м}.$$

4. Площа однієї сторони поверхні шнекового витка:

$$A_{\text{ш}} = \frac{1}{4\pi} \left[ \pi D L - \pi D l + t^2 \ln \left( \frac{D + 2L}{d + 2l} \right) \right] = \text{м}^2. \\ A_{\text{ш}} = \frac{1}{4 \cdot 3,14} \left[ 3,14 \cdot 2,8 \cdot 9,04 - 3,14 \cdot 2,8 \cdot 2,45 + 2,1^2 \ln \left( \frac{2,8 + 2 \cdot 9,04}{0,4 + 2 \cdot 2,45} \right) \right] \\ = 5,094 \text{ м}^2.$$

## 5.2 Розрахунок міцності шнека

Розрахунок шнека на міцність – перевірка спроектованих на підставі попередніх розрахунків розмірів шнека. Проведемо її по зоні завантаження, так як шнек має тут найменший діаметр.

Вихідні дані:

матеріал шнека: сталь 10;

густина матеріалу:  $\rho = 7850 \text{ кг/м}^3$ ;

$\sigma_{пл} = 450 \text{ МПа}$ ;

діаметр вала в зоні завантаження:  $d = 60 \text{ мм}$ ;

1. Обертальний момент:

$$M_{об} = \frac{9549N}{n} = \text{Нм.}$$

Взяв  $N = 5\text{кВт}$  (зазвичай використовується для середніх шнекових транспортерів)

$$M_{об} = \frac{9549 \cdot 5}{150} = 318.3\text{Нм.}$$

2. Осьове зусилля:

$$P_{ос} = \frac{2M}{D} \text{tg}\varphi = H.$$

$$P_{ос} = \frac{2 \cdot 318.3}{2.8} \text{tg}33^\circ = 147.65H.$$

3. Розподілене навантаження від власної ваги:

$$G = \frac{\pi(D - d_0)}{4} \rho l_p = \text{кг};$$

Припустив  $l_p = 5\text{м}$

$$G = \frac{3.14(2.8 - 0.06)}{4} 7850 \cdot 5 = 84422.83\text{кг};$$

$$g = \frac{9,8 \times G}{l_p} = \frac{\text{Н}}{\text{м}}$$

$$g = \frac{9,8 \times 84422.83}{5} = 165468.75 \frac{\text{Н}}{\text{м}}$$

4. Площа небезпечного перерізу:

$$F_{\text{пер}} = \frac{\pi d_1^2}{4} (1 - \alpha^2) =;$$

$$F_{\text{пер}} = \frac{3.14 \cdot 2.8^2}{4} (1 - 0.15^2) = 6.02 \text{ м}^2$$

де  $\alpha$  – відношення діаметра стрижня шнека і внутрішнього охолоджувального каналу в небезпечному перерізі:

$$\text{Нехай } \alpha = \frac{d_{\text{стрж}}}{d_{\text{каналу}}} = \frac{0.06}{0.4} = 0.15$$

5. Осьовий момент опору:

$$W = \frac{\pi d_1^3}{32} (1 - \alpha^3) =;$$

$$W = \frac{3.14 \cdot 2.8^3}{32} (1 - 0.15^3) = 17.17 \text{ м}^3;$$

6. Дотичні напруження:

$$\tau = \frac{M_{\text{кр}}}{W} = \text{МПа}$$

$k = 0.6$  або  $0.7$  (коефіцієнт безпеки, зазвичай 60-70%).

$$\tau = k \cdot \sigma_{\text{пл}} = 0.7 \cdot 450 \text{ МПа} = 315 \text{ МПа}$$

$$\tau = \frac{M_{\text{кр}}}{W} \Rightarrow M_{\text{кр}} = \tau \cdot W = 315 \cdot 10^6 \cdot 17.17 = 5.41 \cdot 10^9 \text{ Нм}$$

7. Полярний момент інерції:

$$I = \frac{\pi d_1^4}{64} (1 - \alpha^4) =;$$

$$I = \frac{3.14 \cdot 2.8^4}{64} (1 - 0.15^4) = 3.014 \text{ м}^4;$$

8. Напряга стиску:

$$\sigma_{\text{ст}} = \frac{P_{\text{ос}}}{F} + \frac{M_{\text{зг}}}{W} = \text{МПа.}$$

$$\sigma_{\text{ст}} = \frac{P_{\text{ос}}}{F} + \frac{M_{\text{зг}}}{W} = \frac{147.65}{6.02} + \frac{-0.137}{17.17} = 24.52 \text{ МПа}$$

9. Результати напруження по III-ій теорії міцності:

$$\sigma_{\text{III}} = \sqrt{\sigma^2 + 4\tau^2} = \sqrt{24.52^2 + 4 \cdot 315^2} = 630.48 \text{ МПа.}$$

10. Запас міцності:

$$n = \frac{\sigma_m}{\sigma_{\text{III}}} = \frac{450}{630.48} = 0.714$$

### 5.3 Тепловий розрахунок шнека

Кількість теплоти, що йде на розігрів шнека, розраховується так:

$$Q = c \frac{\pi D^2 l}{4} \rho (T_1 - T_2)$$

де  $c$  – теплоємність матеріалу шнека, кДж/кг\*град;

$D$  – діаметр шнека, м;

$l$  – довжина шнека, м;

$T_1$  – початкова температура машини, ця температура навколишнього середовища;

$T_2$  – кінцева температура шнека, К;

$\rho$  – питома маса матеріалу шнека, кг/м<sup>3</sup>.

Підставивши значення, отримаємо:

$$Q = 0.46 \cdot \frac{3.14 \cdot 2.8^2 \cdot 1.5}{4} \cdot 620 \cdot (373\text{K} - 293\text{K}) = 210628.2 \text{ кДж}$$

#### 5.4 Розрахунок барабана

Приймаємо довжину барабану таку саму як довжина шнека, тому  $L = 1,5$  м, за формулою розраховуємо діаметр барабану:

$$D = \frac{L}{4} = \frac{1.5}{4} = 0.375 \text{ м.}$$

Також довжина  $L$ , м, трієрного барабана у першому наближенні визначається за формулою Г.Т. Павловського [16]:

$$L = \frac{53Ga}{Dk\delta\varepsilon n} = \frac{2,77Ga}{Dk\delta v_m}$$

де  $G$  – продуктивність трієра, кг/год;

$a$  – вміст коротких зерен у вихідному матеріалі, %;

$D = 0,28$  м – діаметр трієрного циліндра;

$v_m = 60$  м/с – обертова швидкість барабана;

$\varepsilon$  – коефіцієнт використання пористої поверхні (у попередніх розрахунках можна прийняти  $\varepsilon = 0,5$  - для трієрів, що відокремлюють довгі зернові домішки;  $\varepsilon = 0,1$  - для трієрів, що відокремлюють короткі зернові домішки та бите зерно);

$\delta$  – місткість одного осередку (кількість зерен в одному осередку  $\delta = 1,5$ );

$k$  – кількість осередків на  $1 \text{ м}^2$  трієрної поверхні:

$$k = \frac{1}{d^2}$$

де  $d = 9$  мм – діаметр осередку.

Підставивши значення отримаємо:

$$k = \frac{1}{d^2} = \frac{1}{0.009^2} = 12345.68 \text{ осередків/м}^2$$

Звідси, розрахуємо продуктивність трієра:

$$G = \frac{Dk\delta v_m}{2,77La} = \frac{\text{кг}}{\text{год}}$$

$$G = \frac{0,28 \cdot 12345,68 \cdot 1,5 \cdot 60}{2,77 \cdot 1,5} = 74876,34 \frac{\text{кг}}{\text{год}}$$

Розрахунок довжини барабана:

$$L_a = \frac{2,77 \cdot G_a}{D \cdot k \cdot \delta \cdot v_m}$$

$$L_a = \frac{2,77 \cdot 74876,34}{0,28 \cdot 12345,68 \cdot 1,5 \cdot 60} = 0,667 \text{ м}$$

### 5.5 Розрахунок бункера

Продуктивність бункера розраховується за формулою:

$$\Pi = 3600Fv\gamma,$$

де  $F$  – площа перерізу горловини бункеру,  $\text{м}^2$ ;

$v$  – швидкість витоку матеріалу з бункеру,  $\text{м/с}$ ;

$\gamma$  – об'ємна густина матеріалу,  $\text{т/м}^3$ .

Для бункерів з малим кутом  $\alpha$  швидкість витоку матеріалу з бункеру визначається за формулою:

$$v = \lambda \sin \alpha \sqrt{3,2gR},$$

де  $\lambda$  – коефіцієнт витоку, який залежить від характеристик матеріалу;

$g$  – прискорення вільного падіння,  $\text{м/с}^2$ ;

$R$  – гідравлічний радіус отвору витоку,  $\text{м}$ .

$\alpha = 15^\circ$  (припустили)

За формулою:

$$R = \frac{\omega}{L},$$

де  $\omega$  – площа отвору витоку,  $\text{м}^2$ ;

$L$  – периметр горловини бункеру,  $\text{м}$ .

Площа перерізу прямокутного отвору витоку:

$$\omega = (A - a')(B - a'),$$

де  $A$  – довжина отвору бункера, м;

$B$  – ширина отвору бункера, м;

$a'$  – розмір типових кусків насипного матеріалу, мм.

Були взяті такі вихідні данні для розрахунку:

$$A = 0,17 \text{ м};$$

$$B = 0,17 \text{ м};$$

$$a' = 9 \text{ мм} = 0,009 \text{ м};$$

$$L = 0,9 \text{ м};$$

$$\lambda = 0,45;$$

$$g = 9,8 \text{ м/с}^2;$$

$$F = 0,045 \text{ м}^2;$$

$$v = 60 \text{ м/с};$$

$$\gamma = 300 \text{ кг/м}^3 = 0,30 \text{ т/м}^3 \text{ (значення взято для насіння соняшника)}.$$

Підставивши значення в формули, отримаємо:

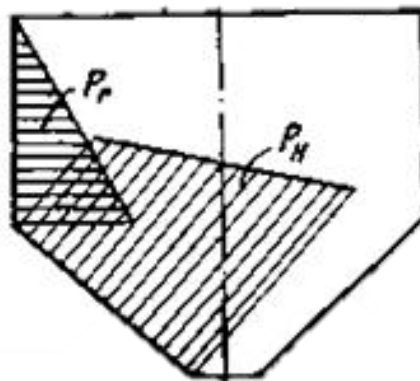
$$1. \omega = (0.17 - 0.009)(0.17 - 0.009) = 0.026 \text{ м}^2;$$

$$2. R = \frac{\omega}{L} = \frac{0.026}{0.9} = 0.028 \text{ м};$$

$$3. v = 0.45 \cdot \sin 15^\circ \sqrt{3,2 \cdot 9.8 \cdot 0.028} = 0.109 \text{ м/с};$$

$$4. \Pi = 3600 F v \gamma = 3600 \cdot 0.045 \cdot 0.3 = 48.6 \text{ т/ч}.$$

Далі розрахуємо тиск сипучих матеріалів бункеру (рисунок 3.1).



## Рисунок 5.2 – Тиск сипучих матеріалів в бункері

1. Тиск сипучих матеріалів на вертикальні стінки бункера:

$$p_x = m\gamma gh,$$

де  $m = (1 - \sin\varphi)(1 + \sin\varphi)$  – коефіцієнт рухливості матеріалу;

$\varphi = 33^\circ$  – кут внутрішнього тертя матеріалу;

$h$  – глибина занурення площадки від рівня поверхні матеріалу, м;

$g$  – прискорення вільного падіння, м/с<sup>2</sup>.

Підставивши значення, отримаємо:

$$m = (1 - \sin 33^\circ)(1 + \sin 33^\circ) = 0,703;$$

$$p_x = 0.703 \cdot 300 \cdot 9.8 \cdot 3 = 6200.5 \text{ МПа.}$$

$$h = 3 \text{ м}$$

2. Тиск матеріалу на горизонтальну площадку бункера:

$$p_y = \gamma gh.$$

Підставимо значення:

$$p_y = 300 \cdot 9.8 \cdot 3 = 8820 \text{ МПа.}$$

3. Тиск матеріалу на стінку нахилу бункера:

$$p_n = p_y(\cos^2 \alpha + m \sin^2 \alpha).$$

Підставимо значення:

$$p_n = 8820 \cdot (\cos^2 33^\circ + 0.703 \cdot \sin^2 33^\circ) = 8043 \text{ МПа.}$$

## Висновки

У цьому розділі були проведені основні розрахунки компонентів гвинтового конвеєра. Було визначено основні габаритні розміри кожного компонента, місткість шнека і бункера, а також проведено теплові та міцнісні розрахунки шнека. Також було розраховано тиск, що діє на поверхні всіх компонентів.

## 6. Комп'ютерне моделювання «Solidworks»

У комп'ютерній програмі «Solidworks» було розроблено 3-д моделювання шнекової установка (рис. 6.1), модель шнеку (рис. 6.2) та вигляд у розрізі (рисунок 6.3) за відповідними розмірами та матеріалами.

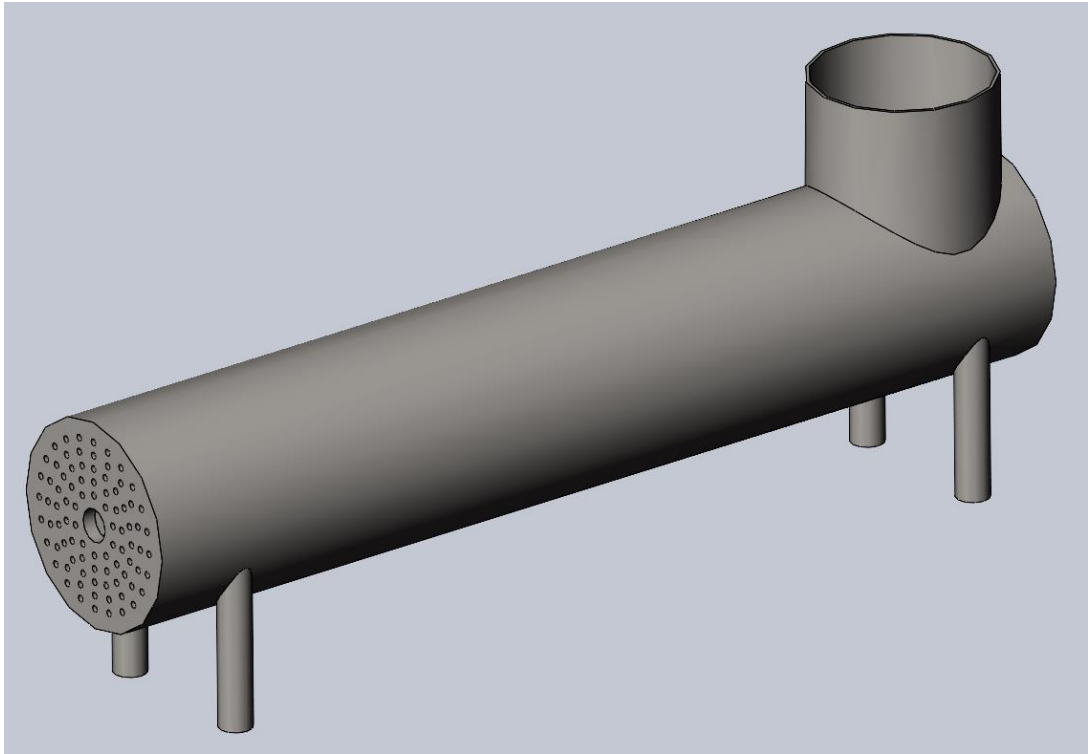


Рис. 6.1 – 3-Д модель корпусу шнекової установки

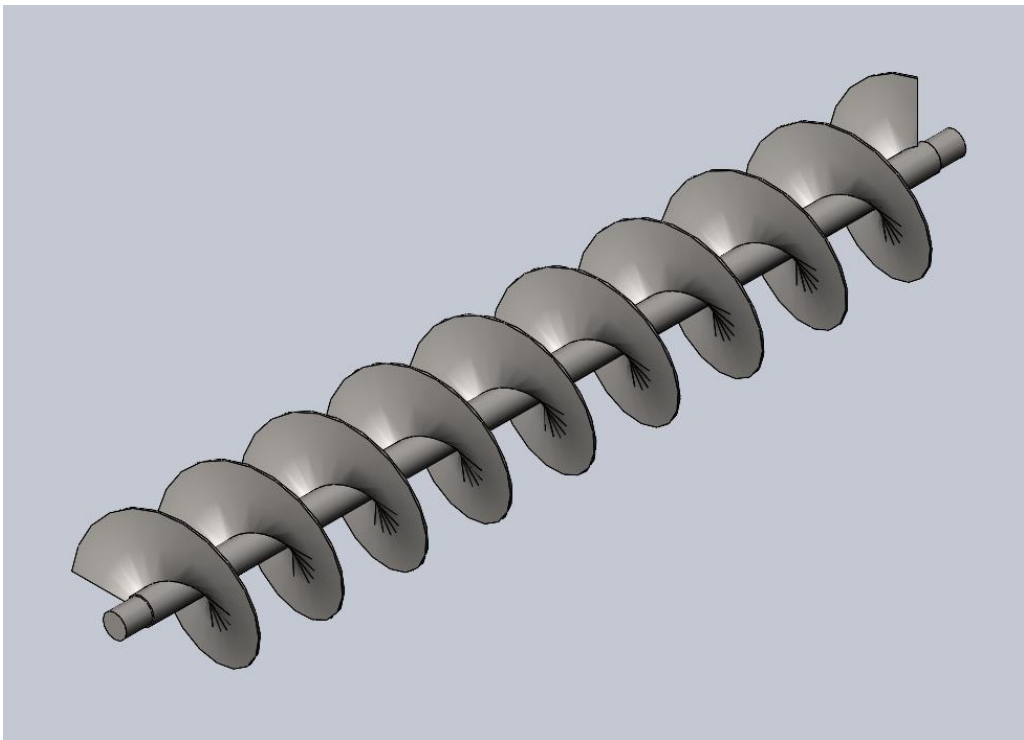


Рис. 6.2 – 3-Д модель шнеку

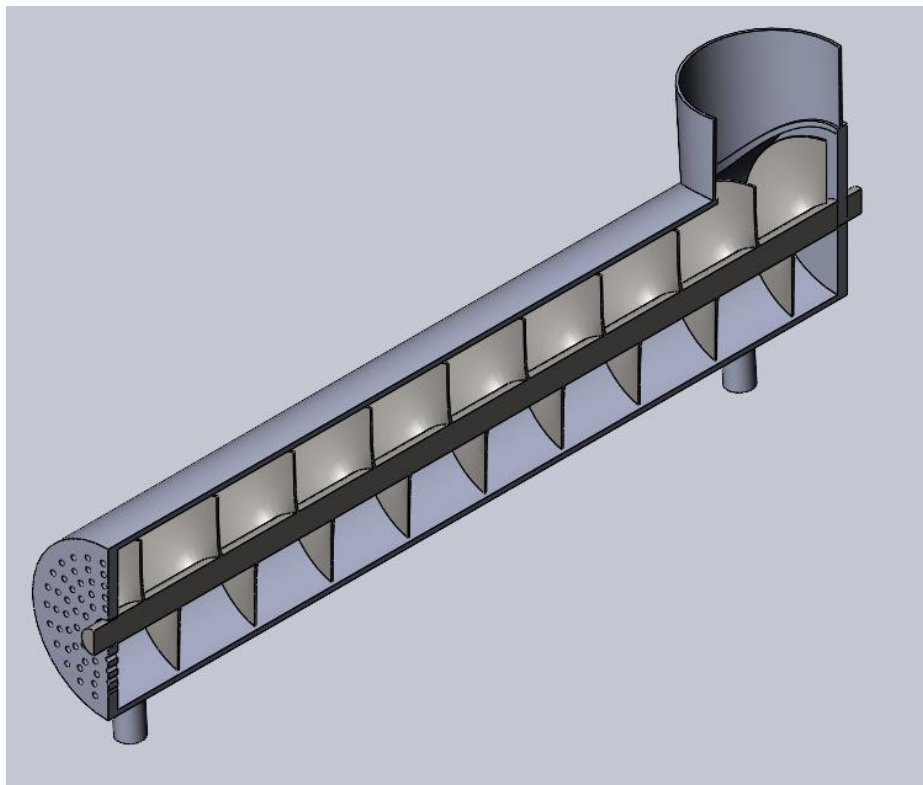
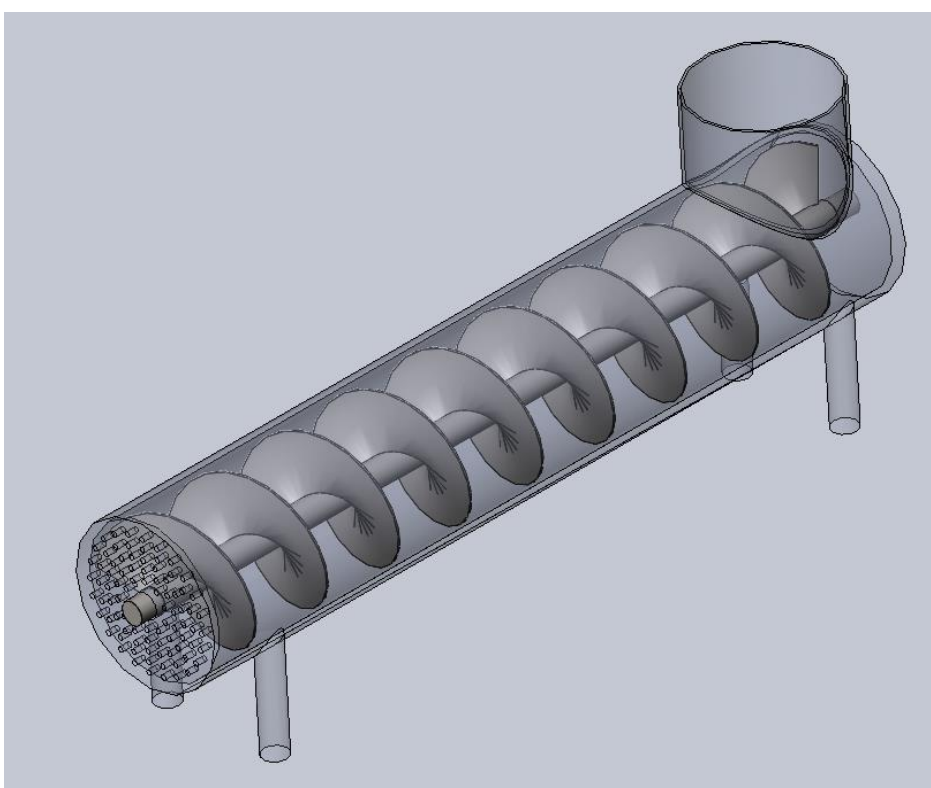


Рис. 6.3 – Шнекова установка у розрізі



6.4 – Шнекова установка у прозорому вигляді

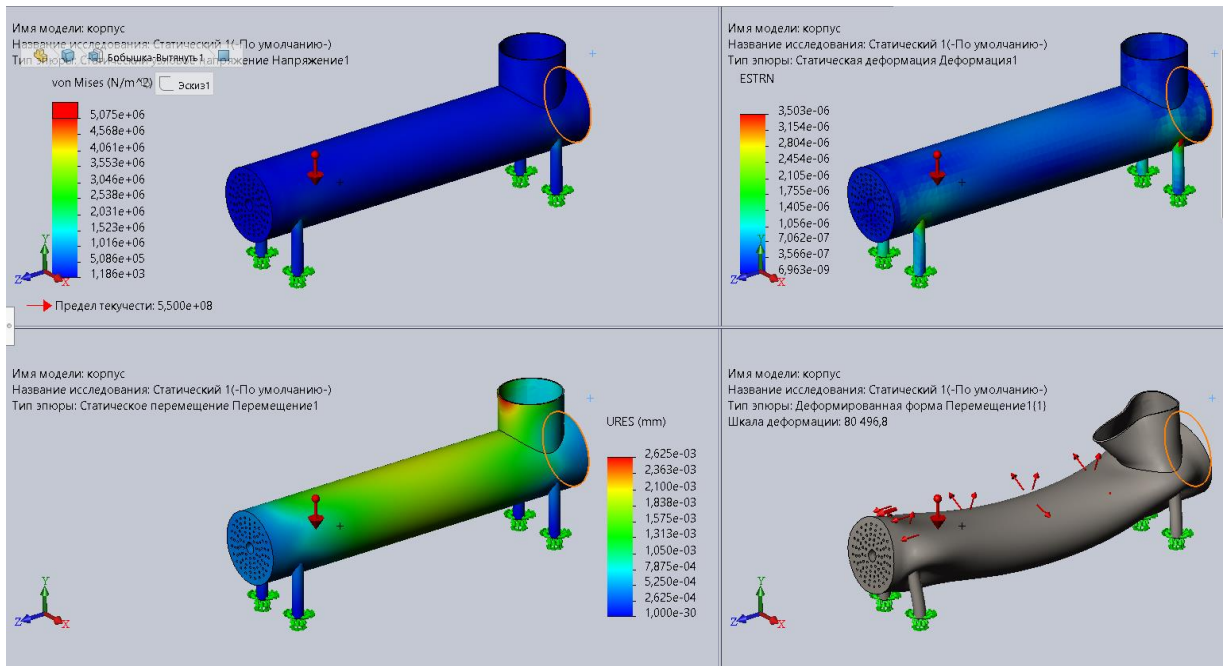


Рис. 6.5 – Епюра корпусу шнекової установки

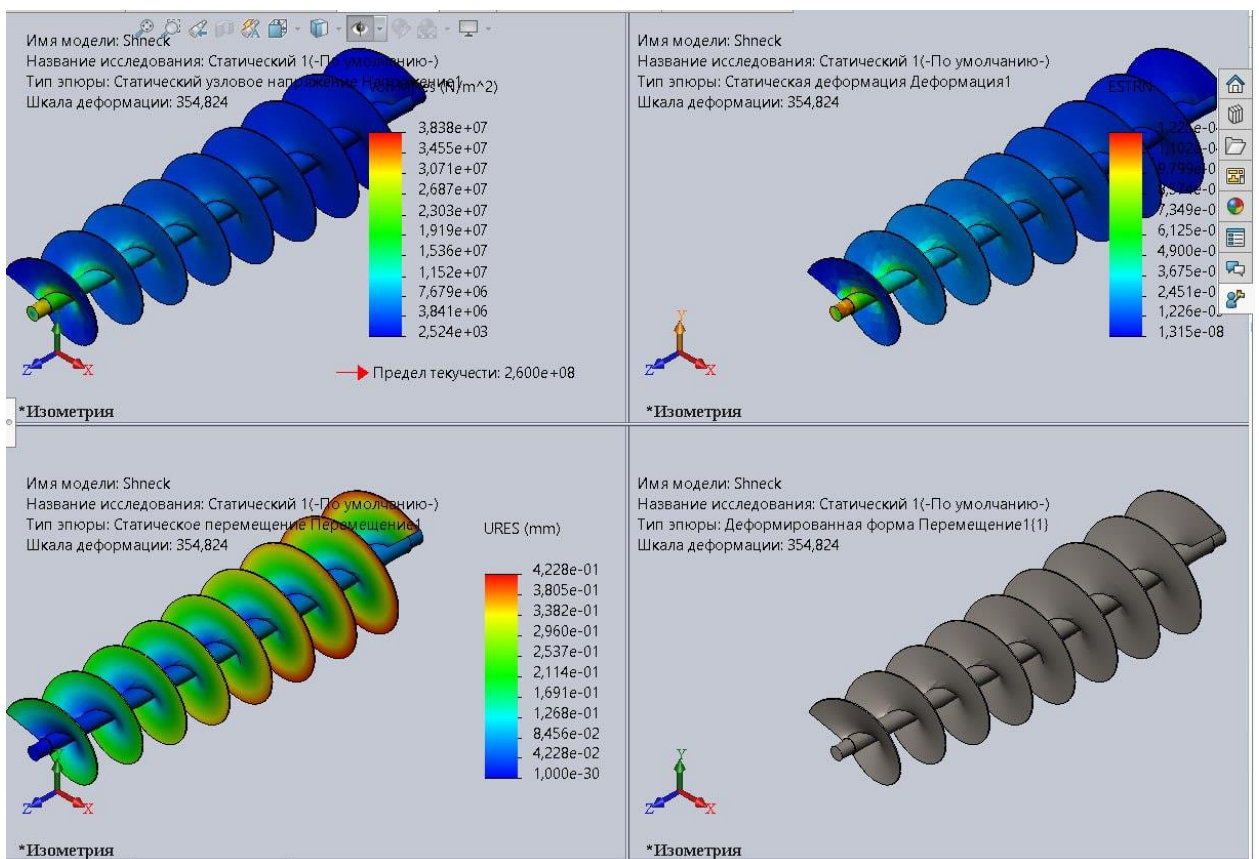


Рис. 6.6 – Епюра шнеку

На рисунку 6.5 наведено епюра напружень корпусу шнекової установки. Найбільше напруження становить  $5.075 \cdot 10^6 \text{ Н/м}^2$ . Найменше напруження знаходиться в синій зоні, його поділка  $1.186 \cdot 10^3 \text{ Н/м}^2$

Найбільше переміщення становить  $2.625 \cdot 10^{-3} \text{ Н/м}^2$ , а найменше  $1 \cdot 10^{-3}$ .

Найбільша епюра деформації становить  $3.503 \cdot 10^{-6} \text{ Н/м}^2$ , а найменше  $6.963 \cdot 10^{-9}$ .

На рисунку 6.6 наведено епюру деталі шнек.

Найбільше напруження становить  $3.838 \cdot 10^7 \text{ Н/м}^2$ . Найменше напруження знаходиться в синій зоні, його поділка  $2.524 \cdot 10^3 \text{ Н/м}^2$  (межа текучості становить  $2.6 \cdot 10^8 \text{ Н/м}^2$ ).

Найбільше переміщення становить  $4.228 \cdot 10^{-1} \text{ Н/м}^2$ , а найменше  $1 \cdot 10^{-3}$ .

Найбільша епюра деформації становить  $1.225 \cdot 10^{-6} \text{ Н/м}^2$ , а найменше  $1.315 \cdot 10^{-8}$ .

Модель 3-D корпусу шнекової установки, шнека та їх розрізів була створена за допомогою комп'ютерної програми SolidWorks. Це дозволило детально дослідити конструкцію шнекової установки та її елементів. У результаті моделювання були проведені дослідження на предмет навантажень і деформацій. Отримані результати показали, що елементи шнекової установки витримують навантаження в межах допустимих норм, а деформації елементів знаходяться в межах безпечних для експлуатації значень. Це підтверджує правильність розрахунків та ефективність конструкції шнекової установки в реальних умовах роботи.

## 6. Рекомендація з монтажу та експлуатації

Для ефективного впровадження технології переробки відходів виробництва олій із використанням ультразвукових модулів у поєднанні зі шнековою установкою необхідно враховувати низку важливих технічних, експлуатаційних і безпекових вимог. Шнекові установки, завдяки своїй конструкції, забезпечують стабільний процес транспортування та попередньої обробки матеріалу, що є критично важливим для підготовки відходів до ультразвукової обробки. Дотримання викладених нижче рекомендацій сприятиме довговічності обладнання, його стабільній роботі та підвищенню екологічної ефективності виробництва.

### **Вибір і підготовка місця для монтажу**

Шнекове обладнання з інтегрованими ультразвуковими модулями потребує відповідного приміщення. Приміщення має бути оснащено міцною, рівною підлогою, яка здатна витримувати навантаження, що виникають під час роботи шнекової установки. Важливо передбачити зручний доступ до всіх вузлів обладнання для технічного обслуговування та очищення.

Додатково необхідно забезпечити належну вентиляцію приміщення для видалення парів і газів, які можуть утворюватися внаслідок обробки олійних відходів. Вентиляційна система має запобігати утворенню шкідливих концентрацій речовин у повітрі та відповідати нормам санітарної безпеки. Рівень освітленості в приміщенні повинен бути достатнім для комфортного обслуговування обладнання.

### **Монтаж шнекової установки**

Шнекова установка має бути встановлена на антивібраційні основи для мінімізації впливу вібрацій на конструкцію та прилегле обладнання. Коректність вирівнювання шнека відіграє ключову роль у забезпеченні рівномірної подачі матеріалу без створення зон перенавантаження. Герметичність у точках з'єднання забезпечить збереження матеріалу в робочому середовищі та запобігатиме його витоку.

При монтажі важливо дотримуватися рекомендацій виробника щодо просторового розміщення установки, враховуючи напрямок потоку матеріалу. Якщо шнекова установка працює в складі комплексної лінії переробки, необхідно забезпечити синхронізацію її роботи з іншими модулями.

### **Інтеграція ультразвукових модулів**

Ультразвукові модулі, які забезпечують кавітаційну обробку, повинні бути інтегровані в ключові точки шнекового тракту. Це можуть бути ділянки, де відбувається максимальна концентрація матеріалу, або зони, де потрібно активізувати процеси розщеплення чи очищення.

Ультразвукові генератори слід розташовувати так, щоб вони були захищені від надмірного нагріву чи механічних пошкоджень. Контакт із оброблюваним середовищем має бути максимально ефективним і відповідати стандартам герметичності.

### **Калібрування системи та налаштування параметрів**

Перед початком роботи необхідно провести ретельне калібрування всіх компонентів системи. Для шнекової установки це включає налаштування швидкості обертання шнека, щоб забезпечити оптимальну швидкість подачі матеріалу. Для ультразвукових модулів необхідно налаштувати параметри потужності, частоти та амплітуди випромінюваних хвиль, що відповідають характеристикам оброблюваного середовища.

Калібрування також включає тестування синхронної роботи шнекового і ультразвукового обладнання. У разі використання датчиків контролю температури, тиску або рівня матеріалу важливо перевірити їхню точність і коректність налаштувань.

### **Експлуатація обладнання**

Під час роботи шнекової установки важливо контролювати рівномірність подачі матеріалу. Перевантаження шнека може призвести до перегріву двигуна або зупинки процесу. Швидкість обертання шнека слід встановлювати таким чином, щоб матеріал проходив обробку з максимальною ефективністю, але без створення блокувань.

Ультразвукові модулі під час роботи повинні підтримувати стабільний температурний режим, який не перевищує допустимих меж, встановлених виробником. Важливо уникати тривалого перегріву генераторів, оскільки це може знизити ефективність кавітації або спричинити пошкодження випромінювачів.

### **Обслуговування та технічний огляд**

Шнекова установка потребує регулярного очищення. Накопичення залишків матеріалу на лопатях шнека чи у стінках тракту може знизити ефективність роботи системи та стати причиною її поломки. Для очищення варто використовувати спеціальні інструменти, рекомендовані виробником.

Ультразвукові генератори та випромінювачі слід оглядати для виявлення зносу або пошкоджень. Регулярна перевірка контактних з'єднань, системи охолодження та датчиків забезпечить стабільну роботу системи. Технічний огляд рекомендується проводити щомісяця, а при інтенсивній експлуатації — кожні два тижні.

### **Правила безпеки під час роботи**

Шнекова установка та ультразвукове обладнання є технічно складними й потребують дотримання правил безпеки. Усі рухомі частини шнека повинні бути захищені кожухами, а доступ до них під час роботи суворо заборонений.

Перед початком роботи потрібно перевірити всі аварійні вимикачі, переконатися у справності електричних з'єднань і відсутності сторонніх предметів у зоні обробки. Оператор повинен бути забезпечений засобами індивідуального захисту, такими як рукавички, окуляри, беруші та спецодяг.

### **Екологічні аспекти переробки**

Переробка відходів із використанням шнекової установки та ультразвуку дозволяє мінімізувати утворення шкідливих викидів. Однак слід враховувати необхідність утилізації залишкових матеріалів і очищення рідких відходів. Для цього рекомендується використовувати додаткові системи фільтрації або сепарації, які забезпечать відповідність екологічним стандартам.

## 7. Стартап-проект обробки насіння соняшнику на підприємстві

Виробничі витрати в сільськогосподарських підприємствах формуються під впливом центрів відповідальності та об'єктів обліку, планування і калькулювання. У випадку з фермерським господарством «Ромашка» таким центром є внутрішньогосподарська допоміжна виробнича дільниця з переробки насіння соняшнику в олію. Цей підрозділ працює на основі економічних розрахунків, обліковуються окремо і підлягають калькулюванню за встановленими стандартами. Собівартість готової продукції, в даному випадку олії, визначається відповідно до загальноприйнятих методів калькулювання витрат на виробництво, включаючи витрати на сировину, енергоносії, оплату.

Витрати на виробництво соняшnikової олії можна розділити на основні та загальні. Основні витрати безпосередньо визначаються як основні та загальні. Основні витрати пов'язані безпосередньо з виконанням технологічних процесів при виробництві продукції, тоді як загальні витрати стосуються управлінських і сервісних функцій підрозділу.

Виробничі витрати в процесі планування та обліку поділяються на такі статті самостійно сільськогосподарським підприємством, при цьому окремо виділяються змінні та постійні витрати. Згідно із затвердженими методичними рекомендаціями, собівартість виробництва на фермі «Ромашка» і собівартість кінцевого продукту (соняшnikової олії) розраховується за такими статтями витрат:

1. Витрати на оплату.
2. Єдині внески на соціальне страхування (ЄСВ).
3. Сировина та витратні матеріали (за винятком зворотних відходів);
4. Роботи та послуги.
5. Ремонт основних засобів;.
6. Інші витрати на утримання основних засобів.
7. Інші витрати.
8. Загальновиробничі витрати.

Змінні витрати поділяються на пропорційні, що залежать від умов виробництва, і непропорційні, які не залежать від умов робіт. Постійні витрати - це витрати, які не змінюються залежно від обсягу виробництва або робіт у внутрішніх підрозділах

1. До статті «Витрати на оплату праці» включає основну і додаткову оплату праці працівників, які безпосередньо беруть участь у технічному процесі виробництва соняшникової олії.

У внутрішньогосподарському явному виробничому підрозділі з виробництва олії з соняшникового насіння на фермі «Квітка» чисельність обслуговуючого персоналу становить дві особи (механізатори та підсобні робітники). Згідно з частиною 1 статті 50 Кодексу законів про працю України (КЗпП), звичайна тривалість робочого часу працівників з необмеженою працездатністю і здатністю до праці не перевищує 42 годин на тиждень. З урахуванням вимог законодавства нормальна тривалість робочого часу у 2024 році становить 1993 години. Таким чином, середньомісячна тривалість робочого часу має такий вигляд:

$$1993 : 12 = 166 \text{ год.}$$

Згідно із Законом про державний бюджет України на 2024 рік, мінімальна місячна заробітна плата в Україні становить 8000 гривень та 48 гривень на годину [56]. На фермі «Ромашка» ці цифри були встановлені засновниками дещо вищими - 8300 гривень і 50 гривень відповідно.

Механізатори, які працюють на фермах з виробництва олії з соняшникового насіння, оплачуються за тарифними ставками на механізовані роботи. Тарифікація робіт, призначення тарифних розрядів і впровадження норм виробітку для працівників підрозділу здійснюються відповідно до тарифікації робіт, тарифно-кваліфікаційних довідників і норм виробітку, які діють у певних галузях харчової та переробної промисловості. Згідно з цим, робота механіка, що займається обслуговуванням технологічного комплексу з виробництва олії з соняшникового насіння, тарифікується на III розряд

механізованих робіт, при цьому погодинна тарифна ставка становить 48 грн. (табл. 8.1).

Погодинна ставка працівників внутрішньогосподарського допоміжного виробництва з переробки агросировини на фермі «Квітка» на 2024 рік встановлені на рівні мінімальної погодинної оплати праці, що становить 50 грн. Ці ставки можуть варіюватися залежно від складності виконуваних робіт, кваліфікації працівників та інших факторів, визначених в установах тарифікації та колективних договорах.

Табл. 8.1– Категорія працівників

Категорії працівників	I	II	III	IV	V	VI	Співвідношення мінімальних гарантованих ставок для працівників першої категорії
Коефіцієнти розрядних співвідношень	1,00	1,09	1,2	1,35	1,55	1,8	-
На ручних роботах	37,4	39,87	42,88	46,99	52,47	59,32	1
На механізованих роботах	41	45	48	49,72	53,79	70,63	1,29

Таким чином, оплата праці механіка становить:

$$1993 \times 48 = 95664 \text{ грн,}$$

де 1993 – кількість робочих годин у 2024 р., год.;

48 – погодинна тарифна ставка III-ого розряду на механізованих роботах, грн.

Механік отримує премію у розмірі за якісне та швидке виконання плану виробництва продукції, яке становить 10% від його почасового заробітку за тарифом. Таким чином, сума премії буде:

$$95664 \times 10 : 100 = 9566 \text{ грн.}$$

Фонд оплати відпустки визначається у розмірі:

$$[24 : (365 - 52 - 24 - 11)] \times 100 = 8,6 \%,$$

де 365 – кількість днів у 2024 р;

52 – кількість вихідних днів (неділь) у 2024 р.;

24 – тривалість тарифної відпустки;

11 – кількість святкових днів і днів релігійних свят, коли робота не відбувається.

Норматив фонду оплати відпустки механіка складе:

$$(95664 + 9566) \times 8,6 : 100 = 9050 \text{ грн.}$$

Нормативний фонд оплати праці механіка складе:

$$95664 + 9566 + 9050 = 114280 \text{ грн.}$$

Праця допоміжних робітників з обслуговування обладнання для виробництва олії з соняшникового насіння оцінюється за другою категорією ручної праці (годинна ставка 39,24 грн.). Відповідно, загальна сума оплати праці допоміжних робітників виглядає таким чином:

$$1993 \times 39,24 = 78205 \text{ грн.}$$

Розмір премії підсобного працівника (5 % почасового заробітку) складе:  
 $78205 \times 5 : 100 = 3910 \text{ грн.}$

Розмір фонду оплати відпустки підсобного працівника становить:

$$(78205 + 3910) \times 8,6 : 100 = 7062 \text{ грн.}$$

Загальний фонд оплати праці підсобного працівника становить:

$$78205 + 3910 + 7062 = 89177 \text{ грн.}$$

Загальний фонд оплати праці працівників підрозділу по виробництву рослинної олії з соняшникового насіння становить:

$$114280 + 89177 = 203457 \text{ грн.}$$

2. Стаття «Єдиний соціальний внесок» розраховують у розмірі 22 % від всього фонду оплати праці по виробничому підрозділу:

$$203457 \times 22 : 100 = 44760 \text{ грн.}$$

3. 3. до статті «Сировина і матеріали» внесено насіння соняшнику, що є основною сировиною для виробництва продукту. Для визначення потреби в сировині потрібно розрахувати річну продуктивність міні-цеху; теоретичну

річну продуктивність пресе-екструдера ППРМ-15,3/380-210 по сировині становить:

$$1993 \times 175 = 348775 \text{ кг (або 3488 ц)}$$

де 1993 – річний фонд робочого часу у 2024 р., год.;

175 – потужність прес-екструдера за 1 год., кг.

Однак фактична продуктивність очисних споруд дещо нижча, оскільки частина робочого часу витрачається на ремонти, технічне обслуговування та виконання різних допоміжних робіт. За результатами фотохронометричних спостережень, на ці роботи витрачається приблизно 15% робочого часу. Таким чином, коефіцієнт використання технічної потужності цього технологічного агрегату становив 0,85%. Отже, ціла продуктивність прес-екструдера за сировиною становить:

$$3488 \times 0,85 = 2965 \text{ ц (або 296,5 т)}$$

Оскільки фермерське господарство «Квітка» перероблятиме насіння соняшнику власними силами, витрати оцінюються з погляду виробничих витрат; за умови, що у 2024 році вартість тонни насіння соняшнику на фермі становитиме 800 гривень, повні витрати за цією статтею будуть такими:

$$2965 \times 800 = 2372000 \text{ грн}$$

Однак при переробці сільськогосподарської сировини з метою одержання побічного продукту на додаток до основного, вартість сировини, що використовується, знижується на вартість зворотних відходів, які утворюються в процесі виробництва кінцевого продукту. Це пов'язано з тим, що сировина (насіння соняшнику) у процесі переробки втрачає свої первісні споживчі якості (форму, розмір та інші хімічні й фізичні властивості) і не може бути використана за первісним призначенням.

Макуха, побічний продукт переробки насіння соняшнику, використовується для зміцнення кормової бази тваринництва на фермі «Квітка», особливо для молочної худоби, для якої планується інтенсивне відновлення. При виході олії на прес-екструдері ППРМ-15,3/380-210 36 % і лушпиння – 10 %, частка макухи складає

$$100 - 36 - 10 = 54 \%$$

Таким чином, абсолютні кількості побічних продуктів дорівнюють:

$$2965 \times 54 : 100 = 1601 \text{ ц}$$

При оцінці 1 ц макухи була застосована загальноприйнята методика, що використовує вміст кормових одиниць, який для макухи складає 1,15 [17]. Для розрахунку собівартості 1 ц макухи також використана собівартість еталону кормової одиниці, якою є вартість 1 ц вівса в господарстві, що у 2024 р. становить 650 грн. Таким чином, собівартість 1 ц макухи буде дорівнювати:

$$650 \times 1,15 = 748 \text{ грн}$$

Загальна вартість макухи, виробленої на прес-екструдері ППРМ-15,3/380-210 складе:

$$1601 \times 748 = 1197548 \text{ грн}$$

Таким чином, вартість сировини, що береться до статті «Сировина та матеріали» буде дорівнювати:

$$2372000 - 1197548 = 1174452 \text{ грн.}$$

4. За статтею «Роботи та послуги» відображаються витрати на роботи та послуги, що надаються власними допоміжними підрозділами для забезпечення виробничих потреб, а ціна послуг виробничого характеру, які надали зовнішні підприємства та організації.

Ця стаття включає в себе вартість послуг власного транспорту, найманих автомобілів, тракторів і кінних возів з транспортування насіння соняшнику з центрального складу, складів виробничих підрозділів та інших постійних складів на переробний завод. У господарстві «Квітка» середня відстань від складу, де зберігається насіння олійних культур, до заводу з його переробки становить 1,5 км. Таким чином, загальні транспортні витрати на перевезення 296,5 тонн насіння соняшнику на рік становлять:

$$1,5 \times 296,5 = 445 \text{ т} \cdot \text{км}$$

З огляду на те, що фактична вартість тонно-кілометра в господарстві у 2024 році становить 17,8 грн, загальна вартість цього виду виробничих послуг має такий вигляд:

$$445 \times 17.8 = 7921 \text{ грн.}$$

Вартість послуг з електропостачання, включно з вартістю отримання електроенергії від зовнішніх джерел, визначається так: кількість електроенергії, необхідна для перероблення 2965 тонн насіння соняшнику в пресе-екструдері ППРМ-15,3/380-210:

$$1993 \times 0,85 \times 15,3 = 25919 \text{ кВт},$$

де 1993 – річний фонд робочого часу у 2024 р., год.;

0,85 – коефіцієнт використання виробничої потужності;

15,3 – номінальна потужність прес-екструдера, кВт.

Для визначення кількості електроенергії, яку споживає фільтр-прес УОРМ-0,55/380-150, необхідно визначити кількість рослинної олії, виробленої прес-екструдером і відповідним чином рафінованої (за умови 100%-го ступеня рафінації). Якщо припустити, що вихід олії становить 36%, то кількість олії, виробленої за рік на фермі «Квітка», буде такою:

$$296500 \times 36 : 100 = 106740 \text{ кг.}$$

Якщо продуктивність фільтр-преса становить 60 кг/год за  $t = 30 \text{ }^\circ\text{C}$ , то час роботи становить один рік:

$$106740 : 60 = 1779 \text{ год.}$$

При цьому коефіцієнт використання загального річного фонду робочого часу становить 89% ( $1779:1993 \times 100$ ), що цілком достатньо для цього типу явного обладнання.

За такого часу роботи річна витрата електроенергії фільтр-преса УОРМ-0,55/380-150 становить:

$$1779 \times 0,55 = 978 \text{ кВт.}$$

Повне споживання електроенергії прес-екструдером ППРМ-15,3/380-210 та фільтр-пресом УОРМ-0,55/380-150 за рік становитиме:

$$25919 + 978 = 26897 \text{ кВт.}$$

Крім того, спостереження за оптико-електронними вимірами показують, що приблизно 10% від прямого споживання електроенергії переробними потужностями (2700 кВт) витрачається на загальновиробничі потреби міні-

підприємства, як-от зимове опалення, освітлення та запуск устаткування після ремонту і пусконалагодження. Таким чином, загальне споживання електроенергії при переробці насіння соняшнику на фермі «Квітка» виглядає таким чином:

$$26897 + 2700 = 29597 \text{ кВт}$$

Рахунок за електроенергію дорівнюватиме:

$$29597 \times 4,32 = 127859 \text{ грн,}$$

де 4,32 – вартість 1 кВт·год. електроенергії, грн.

Витрата води на зміну на технічне (очищення обладнання, змочування сировини) і загальновиробниче (вологе прибирання приміщень, гігієнічні потреби співробітників тощо) міні-підприємства з переробки насіння соняшнику становить у середньому 1,5 м<sup>3</sup>. Таким чином, за 279 стандартних змін витрати води на підприємстві складатимуть:

$$365 - 52 - 24 - 10 = 279,$$

де 365 – кількість днів у році;

52 – кількість вихідних днів (неділь) у році;

24 – тривалість тарифної відпустки;

10 – кількість святкових днів і днів релігійних свят, робота в які не проводиться.

Загальна річна потреба у воді складе:

$$279 \times 1,5 = 419 \text{ м}^3.$$

При собівартості видобутку 1 м<sup>3</sup> води з власної свердловини у ФГ «Ромашка» 3,85 грн витрати за цією статтею складуть:

$$419 \times 3,85 = 1613 \text{ грн.}$$

5. До складу статті «Витрати на ремонт необоротних активів» враховують оплату праці працівників, що виконують ремонтні роботи, витрати на запасні частини, ремонтно-будівельні та інші матеріали, що використовуються під час поточного ремонту основних засобів, а також вартість послуг інших підприємств і майстерень господарства для технічного обслуговування та теперішнього ремонту обладнання та будівель.

Для того щоб спланувати витрати на «ремонт основних засобів», потрібно визначити первісну вартість обладнання для технічної переробки олії. Первісною вартістю основних засобів, придбаних за плату, є собівартість, яка містить у собі фактичні витрати.

Суми, сплачені постачальникам за договорами (за винятком непрямих податків), транспортно-заготівельні витрати (навантажувально-розвантажувальні витрати, витрати з доставки устаткування на сільськогосподарські підприємства будь-яким видом транспорту, що включають витрати зі страхування транспортних ризиків), а також певно пов'язані з купівлею матеріальних основних засобів і використанням їх за призначенням. Інші витрати, пов'язані з початковими даними для розрахунку первісних витрат на кожне технічне обладнання для переробки насіння соняшнику наведено в таблиці 8.2.

Табл. 8.2 - Вихідні дані для розрахунку первісної вартості технологічного обладнання з переробки насіння соняшнику у ФГ «Ромашка»

Об'єкт розрахунку	Значення показнику
Прес-екструдер ППРМ-15.3/380-210, грн	133694
Фільтр-прес УОРМ-0.55/380-150, грн	19560
Вартість пуско-налагоджувальних робіт основного обладнання (11,5 % вартості), грн	22014
Допоміжне обладнання (терези, меблі, посуд тривалого використання та ін.), грн	8370
Маса основного обладнання (прес-екструдер + фільтр-прес), кг	1150
Відстань від постачальника основного обладнання до сільськогосподарського	100

підприємства, км	
Собівартість 1 т · км у господарстві, грн	17,8

Таким чином, первісна вартість технологічного комплексу з переробки насіння соняшнику у ФГ «Ромашка» складе:

$$133694 + 19560 + 22014 + 8370 + (1,15 \times 100 \times 17,8) = 185685 \text{ грн.}$$

(без урахування ПДВ):

$$185685 \times 100 : 120 = 154738 \text{ грн.}$$

Для подальшого розрахунку витрат на ремонт та амортизацію перша вартість технічного апарату з переробки сировини рослинної олії зменшується на залишкову вартість (сума, яку очікує отримати СФГ «Ромашка» від продажу (ліквідації) цієї установки після закінчення строку корисного використання, за вирахуванням витрат, що пов'язані із продажем (ліквідацією)). Вартість зменшується на. У нашому випадку залишкова вартість визначається виходячи з вартості металобрухту, яка становить 4 500 грн. за ціною придбання однієї тонни:

$$1,15 \times 4500 = 5175 \text{ грн.}$$

Таким чином, для розрахунку приймаємо:

$$154738 - 5175 = 149563 \text{ грн}$$

У кожному звітному році «Квітка Фарм» має намір віднімати 5% певних витрат на ремонт, реконструкцію, модернізацію, технічне переозброєння та інші поліпшення комплексу з переробки насіння соняшнику з початкової балансової вартості виробничих витрат. Таким чином, відрахування на ремонт обладнання становитиме 5% від сукупної балансової вартості технологічного комплексу на початок року.

$$149563 \times 5 : 100 = 7478 \text{ грн.}$$

Збалансова вартість будівлі, в якій розташовані установки з переробки нафти, становить 136400 грн (за вирахуванням залишкової вартості). Отже, щорічні відрахування на ремонт будівлі складають:

$$136400 \times 5 : 100 = 6820 \text{ грн.}$$

6. Стаття «Інші витрати на утримання основних засобів» враховує амортизацію необоротних активів за кожним видом діяльності. На фермі «Квітка» строк певного використання обладнання для переробки насіння соняшнику було визначено у сім років. Таким чином, норма амортизації становить:

$$100 : 7 = 14,3 \%$$

Відповідно сума річної амортизації по технологічному обладнанню дорівнюватиме:

$$149563 \times 14,3 : 100 = \text{грн.}$$

Термін корисного використання будівлі, де розміщується обладнання з переробки насіння соняшнику, був визначений у 20 років. Відповідно норматив амортизаційних відрахувань будівлі:

$$100 : 20 = 5 \%$$

Сума амортизаційних відрахувань будівлі:

$$136400 \times 5 : 100 = 6820 \text{ грн.}$$

7. У статті «Інші витрати» враховуються витрати, що безпосередньо пов'язані з виготовленням продукції, але не віднесені до жодної з попередніх категорій, а саме:

-вартість спеціального одягу та взуття, яке надається працівникам підрозділу;

-предмети малоцінного та швидкозношуваного інвентарю;

-витрати на страхування майна;

-інші витрати, що враховуються до собівартості продукції підрозділу і не враховані в інших статтях витрат.

У підрозділі з переробки насіння соняшнику в ФГ «Квітка» ці передбачені витрати складають 10,500 грн на рік.

8. До статті «Загальновиробничі витрати» включають: -

-витрати на управління виробничим процесом (заробітна плата, єдиний соціальний внесок та витрати на службові відрядження працівників управлінського апарату);

-амортизація необоротних активів загального виробничого (цехового) призначення;

- витрати на утримання, експлуатацію, ремонт, страхування та операційну оренду основних засобів та інших необоротних активів загальногвиробничого призначення;

-витрати на охорону праці та техніку безпеки;

-витрати на вдосконалення технології та організації виробництва (заробітна плата, включаючи єдиний соціальний податок, працівників, зайнятих удосконаленням технології та організації виробництва і підвищенням якості продукції, витрати на послуги сторонніх організацій тощо);

-витрати на опалення, освітлення, водопостачання, водовідведення та інші витрати на утримання загальних приміщень виробничого призначення;

-витрати на обслуговування виробничого процесу (заробітна плата та інші витрати на технологічний контроль виробничих процесів та якості продукції);

-інші витрати (втрати від дефектів продукції, оплата простоїв тощо).

На установці з переробки насіння соняшнику на фермі «Квітка» загальногвиробничі витрати заплановано в розмірі 23 000 грн. на рік; плановані витрати на 2024 рік на установці з переробки насіння соняшнику на фермі «Квітка» з використанням прес -екструдера ППРМ-15,3 / 380-210 наведено в таблиці 8.3.

Табл. 8.3 - Планові витрати на виробництво олії на прес-екструдері ППРМ-15,3/380-210 у ФГ «Квітка» у 2024 р.

Статті витрат	Вартість з ПДВ, грн	Вартість без ПДВ, грн	ПДВ, грн
Витрати на оплату праці		203457	
Єдиний соціальний внесок		44760	
Сировина та матеріали		1174452	
Робота та послуги - всього		66895	
У тому числі: автотранспорт		7921	

Електроенергія	127859	111264	16595
водопостачання		1613	
Витрати на ремонт необоротних активів – всього		14298	
У тому числі: обладнання		7478	
Будівлі		6820	
Інші витрати на утримання		28208	
У тому числі: обладнання		21388	
Будівлі		6820	
Інші витрати	10500	8400	2100
Заг. вироб. витрати:		23000	
Всього витрат: з сировиною		1563470	
без сировини		389018	

Для розрахунку собівартості переробки 1 т насіння соняшнику усі витрати на переробку (без вартості сировини) діляться на обсяг переробки 296,5 т):

$$389018 : 296,5 = 1312 \text{ грн}$$

При встановленні ціни на послуги з дроблення насіння соняшнику для сторонніх замовників до виробничих витрат на дроблення додається 15% рентабельності та 20% ПДВ (сплачується до державного бюджету). Таким чином, ціна переробки однієї тонни насіння соняшнику буде такою:

$$1312 \times 1,15 \times 1,20 = 1811 \text{ грн.}$$

За нормативного виходу олії на прес-екструдері ППРМ-15,3/380-210 36 % виробництво готової продукції у ФГ «Ромашка» за рік складе:

$$296500 \times 36 : 100 = 106740 \text{ кг.}$$

При визначенні планової виробничої собівартості 1 кг соняшникової олії загальні витрати на виробництво (з вартістю сировини) діляться на обсяг виробництва продукції:

$$1563470 : 106740 = 14,7 \text{ грн.}$$

Структура виробничої собівартості соняшникової олії у ФГ «Ромашка» наведена у табл. 8.4.

Табл. 8.4- Структура виробничої собівартості соняшникової олії у ФГ «Ромашка»

Статті витрат	Значення показника	Частка у структурі, %
Витрати на оплату праці	203457	13.01
Єдиний соціальний внесок	44760	2.9
Сировина та матеріали	1174452	75.1
Робота та послуги – всього	66895	4.3
У тому числі: автотранспорт	7921	0.5
Електроенергія	111264	7.1
водопостачання	1613	0.1
Витрати на ремонт необоротних активів	14298	0.9
У тому числі обладнання	7478	0.5
Будівлі	6820	0.4
Інші витрати на утримання основних засобів - всього	28208	1.8
У тому числі обладнання	21388	1.4
Будівлі	6820	0.4
Інші витрати	8400	0.5
Загальновиробничі витрати	23000	1.5
Всього витрат	1563470	100

У структурі собівартості продукції допоміжних промислових виробництв з переробки сільськогосподарської сировини традиційно найбільшу питому вагу займають сировинні ресурси (75,1% на маслопереробному заводі фермерського господарства «Квітка»).

На другому місці перебувають витрати на персонал, що становлять 13,01% від загальної суми. Для розрахунку річної планової економічної ефективності виробництва соняшникової олії в господарстві «Ромашка» необхідно визначити загальний дохід від реалізації продукції:

$$106740 \times 60,50 = 6457770 \text{ грн.}$$

де 106740 – обсяг виробництва і реалізації соняшникової олії за рік, кг;

60,50 – середня ринкова оптова ціна 1 кг соняшникової олії у регіоні у середньому за 2024 р., грн.

При визначенні повної (комерційної) собівартості соняшникової олії виробничі витрати збільшуються на витрати, пов'язані з обігом продукту, зокрема, на витрати, пов'язані з реалізацією. До цих витрат належать:

-витрати на ремонт упаковок для тривалого зберігання продукції (контейнери для відстоювання олії);

- заробітна плата і комісійні торговельним представникам, дистриб'юторам і співробітникам відділів продажів;

-витрати на рекламу та маркетингові дослідження;

-витрати на підготовку товарів до продажу;

-витрати на відрядження працівників, залучених до процесу збуту;

-витрати на утримання основних засобів, що використовуються для реалізації продукції (оренда, страхування, амортизація, ремонт, опалення, освітлення, охорона);

-витрати на транспортування готової продукції, а також транспортно-експедиційні та інші супутні послуги;

-інші витрати, пов'язані з реалізацією продукції.

З урахуванням зростання значення цієї складової у ринкових умовах, частка витрат обігу (не пов'язаних з основним виробництвом) у ФГ «Ромашка» при реалізації соняшникової олії власного виробництва становить 17,5 % від виробничої собівартості, або:

$$1563470 \times 17,5 : 100 = 273607 \text{ грн.}$$

Таким чином, повна (комерційна) собівартість виробленої та реалізованої ФГ «Квітка» соняшникової олії складе:

$$1563470 + 273607 = 1837077 \text{ грн,}$$

а 1 кг, відповідно:

$$1837077 : 106740 = 17,21 \text{ грн}$$

Загальна виручка від реалізації виробленої у ФГ «Ромашка» соняшникової олії за рік за вирахуванням ПДВ дорівнюватиме:

$$6457770 \times 100 : 120 = 5381475 \text{ грн,}$$

а очікувана маса прибутку:

$$5381475 - 1837077 = 3544398 \text{ грн.}$$

Рівень рентабельності реалізованої продукції:

$$3544398 : 1837077 \times 100 = 194 \text{ \%}.$$

У сучасних економічних умовах ведення господарської діяльності ці показники відображають досить прийнятний рівень економічної ефективності виробництва (табл. 5).

Збільшення частки промислової продукції у структурі товарної продукції сільськогосподарських підприємств об'єктивно сприяє створенню ринкової форми організації управління в АПК.. Товаровиробники такого типу зазвичай мають в своїй організаційно-виробничій структурі підрозділи, що займаються переробкою, доробкою та зберіганням сільськогосподарської продукції. Вартість цієї продукції, а також доходи від реалізації сировинних товарів в інтегрованому секторі роблять істотний внесок у загальну структуру товарної продукції. Основною ознакою таких форм є наявність елементів ринкової інфраструктури, таких як служби маркетингу та фірмові торгові мережі, що залучають до агропромислової інтеграції сферу обігу товарів і їх реалізації кінцевим споживачам.

Організація та розвиток підсобної промислової діяльності в сільськогосподарських підприємствах є важливим кроком до демонополізації великих переробних підприємств, що виробляють окремі види продукції агропромислового комплексу, та створення умов для конкурентної боротьби серед товаровиробників на ринку продовольства.

Табл. 8.5 - Планова економічна ефективність виробництва соняшникової олії у ФГ «Квітка» у 2024 р.

Показники	Значення показника
Обсяг переробки насіння соняшнику, кг	296500

Вихід продукції, основної (соняшникова олія)	%	36
Побічної (макуха)		54
Обсяг виробництва продукції, кг Основної (соняшникова олія)		106740
Побічної (макуха)		160100
Всього прямих виробничих витрат, грн з сировиною		1563470
Без сировини		389018
Собівартість переробки 1кг сировини, грн		1,11
Собівартість основної продукції (соняшникова олія), грн/кг; виробнича		14,7
Повна (комерційна)		17,21
Витрати на реалізацію, %		17,5
Середня ринкова оптова ціна 1кг «сирої» соняшникової олії у регіоні (станом на кінець 2018р.), грн		60.5
Виручка від реалізації продукції, грн З податком на додану вартість		6457770
Без податку на додану вартість		5381475
Плановий прибуток від реалізації продукції, грн		3544398
Рівень рентабельності, %		194
Окупність витрат, років		1,6

Тож сьогодні в місті з'явився невеликий завод із переробки олійних культур в сільськогосподарському підприємстві є доцільним за таких умов: наявність достатньої кількості сировини, організована система збуту продукції, високий рівень організації та техніко-технологічного забезпечення виробництва, що гарантує необхідну якість та безпеку продукції. Для досягнення цих цілей необхідно вибирати найбільш підходящі технологічні методи і використовувати ефективне сучасне обладнання.

### **Висновок:**

1. У сучасному стані розвитку агропромислового комплексу диверсифікація виробничої та комерційної діяльності є важливим напрямом для забезпечення сталого та прогнозованого розвитку сільськогосподарських підприємств включає розширення асортименту вироблюваної продукції, впровадження нових видів виробництва та освоєння нових ринків збуту, що сприяє підвищенню загальної ефективності господарювання та забезпечує захист від фінансових труднощів.

2. Одним із найефективніших способів диверсифікації діяльності сільськогосподарських підприємств є розвиток допоміжного промислового виробництва. Цей підхід дозволяє аграріям залишатися конкурентоспроможними навіть у складні роки, зберігаючи при цьому трудові ресурси. Прибутки від такої діяльності менш залежні від погодних умов та сезонних коливань, що сприяє стабільності фінансових надходжень протягом року та вирівнює доходи господарств у різні місяці. Отже, підсобне виробництво виступає своєрідною "подушкою безпеки" для сільськогосподарських підприємств у мінливих ринкових і кліматичних умовах.

3. Економічна ефективність фермерського господарства «Квітка» Купинського району Харківської області значною мірою визначається потоком продукції від виробництва сировини до реалізації кінцевому споживачеві. Це включає в себе можливості для розширення асортименту шляхом впровадження стадій переробки та реалізації з більшою часткою доданої вартості, що дозволяє підвищити конкурентоспроможність та рентабельність господарства.

4. Впровадження технологічного комплексу з переробки насіння соняшнику на базі прес-екструдера ППРМ-15,3/380-210 у господарстві «Квітка» дало змогу підприємству виробляти 1067,4 ц соняшникової олії на рік. Згідно з проектом, очікуваний виторг від реалізації продукції без урахування ПДВ становить 53 815 000 гривень, прибуток - 3 544 000 гривень, норма прибутку - 194%, окупність первинних інвестицій - 1,6 року. Повна собівартість (комерційна собівартість) 1 кг соняшникової олії в господарстві оцінюється в 17,21 грн, а середня ціна реалізації - в 60,50 грн.

5. При визначенні потужності обладнання для переробки олійних культур враховували прогнозовану наявність сировини, зокрема насіння соняшнику, що залишиться після виконання зобов'язань за контрактами, виплат за працю, а також розрахунків за орендовані земельні й майнові паї. Це дозволяє оптимізувати використання доступної сировини, забезпечити стабільну роботу виробничого обладнання та задовольнити внутрішні потреби підприємства, зберігаючи при цьому баланс між виробництвом і фінансовими зобов'язаннями.

Додатково враховано потреби мешканців селища Петропавлівка, де розташована центральна садиба підприємства, та навколишніх сіл Куп'янського району (Кучерівка, Синьківка, Подоли, Курилівка, Піщане) у переробці власної сировини на умовах давальницької схеми. Це дозволить забезпечити місцеві потреби в переробленій продукції та збільшити обсяг виробництва. Також розглянуто можливість співпраці з іншими агропідприємствами для надання послуг із переробки за плату, що розширить фінансові можливості господарства, дає змогу підвищити завантаження обладнання та збільшити обсяг реалізації продукції. Таким чином, планується максимізувати ефективність використання певних виробничих потужностей та забезпечити стійкі доходи для підприємства в довгостроковій перспективі.

6. Розрахунки засвідчили, що на фермі «Квітка» доцільно створити міні-цех із виробництва соняшникової олії, підвищити економічну стійкість господарства в сучасних умовах. Встановлення такого виробництва зменшить залежність від зовнішніх переробних підприємств, дозволить контролювати якість продукції та збільшити додану вартість сировини. У довгостроковій перспективі, зі становленням справедливих ринкових відносин між сільськогосподарськими виробниками та великими переробними підприємствами, а також розвитком ринкової інфраструктури (логістики, зберігання тощо), внутрішньогосподарська переробка поступово набуватиме статусу допоміжної діяльності, орієнтуючись на додаткові послуги, що підвищують конкурентоспроможність господарства.

Її основна роль полягатиме в забезпеченні потреб господарства, частковому задоволенні попиту. Вийти на місцевий ринок і пропонувати послуги з переробки сировини населенню за плату. Такий підхід сприятиме формуванню оптимальної організаційної структури та раціонального підходу до управління, використанню ресурсів господарства, що є особливо важливим для малого та середнього бізнесу в аграрному секторі. Це дозволить не лише знизити витрати на переробку, а й забезпечити стабільний дохід, одночасно підвищуючи ефективність і конкурентоспроможність господарства на локальному ринку.

7. Економічні стабільні сільськогосподарських підприємств, за умови дотримання необхідних гігієнічних та технічних стандартів, що дадуть змогу налагодити промислове виробництво продуктів харчування з більш високою доданою вартістю. Це можна здійснити через горизонтальну кооперацію виробників із однієї сировинної зони, що дозволяє ефективно концентрувати ресурси для впровадження сучасних технологій, розробки ліній для глибокої переробки, очищення, фасування у дрібну тару, а також забезпечення зберігання і реалізації продукції безпосередньо кінцевому споживачу. Такий підхід підвищує не лише ефективність виробництва, а й дозволяє зменшити витрати на транспортування та логістику, що в кінцевому підсумку сприяє підвищенню конкурентоспроможності продукції на ринку.

Організація подібних виробництв сприяє:

1. **Покращенню якості продукції** – впровадження сучасних стандартів переробки.
2. **Конкуренції на ринку** – створення умов для гідної конкуренції з великими переробними підприємствами.
3. **Економічному розвитку регіону** – розвиток місцевих бізнесів, зростання зайнятості.

Це рішення може суттєво зміцнити позиції малого та середнього агробізнесу, формуючи стабільне конкурентне середовище та підвищуючи доступність якісної продукції для споживачів.

## 9. Патентний пошук та огляд літератури

Таблиця 9.1- Регламент пошуку (форма Б.І згідно з ДСТУ 3575-97)

Предмет пошуку (ОГД, його складові частини)	Мета пошуку інформації	Держава пошуку	Класифікаційні індекси: МПК, НПК, МКПЗ, МКТП, УДК	Ретроспективність пошуку	Джерела інформації
1	2	3	4	5	6
Ультразвукові шнекові установки для переробки відходів виробництва олій	Визначення патентоздатності конструкції та методів застосування. Аналіз інновацій у сфері використання ультразвуку для підвищення ефективності переробки відходів олійного виробництва	Україна, Німеччина, Італія	МПК: B29C47/38, B28C5/16, E21B3/00, E21B7/00, A01F25/08, F26B17/18, F26B23/00; B65G33/26, B65G33/16, PCT/EP2005/012687, B28B 3/26, B29C47/36, B29B7/34; УДК: 621.91, 66.02	1990–2024	Національні та міжнародні патентні бази даних: PCT (Німеччина), EPO (ЄС), бази Державного підприємства «Український інститут інтелектуальної власності» (Укрпатент); зарубіжні й національні офіційні бюлетені, описи винаходів і корисних моделей.

## Висновки

У процесі розробки цієї магістерської роботи було узагальнено та систематизовано здобуті знання, а також покращено навички застосування теоретичних методів при розрахунках і проектуванні апаратурно-технологічних схем та пристроїв для створення виробничих установок. Відходи соняшникової, гарбузової та інших видів олії є цінною сировиною для подальшої обробки, що знаходить застосування в харчовій, фармацевтичній та інших галузях. У рамках цієї роботи було розглянуто технологічне обладнання, що відповідає сучасним стандартам і умовам. В рамках дисертації розроблено шнековий екструдер установка з ультразвуковою дією для ефективною переробки залишків від переробки насіння, яке отримує корисні компоненти, зокрема олії та інші продукти.

Розрахунки підтвердили надійність та ефективність спроектованого пристрою для технології виробництва олії. Теплові та матеріальні аналізи підтвердили правильність вибору структури пристрою, що забезпечує ефективний процес обробки всередині установки. Зроблено розрахунки, які довели працездатність та надійність конструкції, свідчать, що пристрій здатен витримати сили та теплові навантаження, що на нього впливають.

Було виконано 3-D моделювання корпусу, шнеку у програмі «Solidworks». Досліджено всі ключові елементи шнекової установки. Розроблено дослідження на епюри (деформацій, напружень і переміщень) основних деталей, зокрема корпусу шнекової установки і шнекових елементів. Розроблено 3 аркуши креслення формату А1 для перерахунку елементів шнекової установки. Проведено патентний пошук діючих аналогів. Крім того, у дисертації розглянуті аспекти, пов'язані з експлуатацією та монтажем установки на робочій ділянці. Розроблено стартап-проект для впровадження цієї технології.

Особливістю цієї магістерської роботи є використання шнекової установки, що дозволяє значно підвищити ефективність отримання кінцевого продукту.

## Перелік посилань

1. Лісняк, Л. О., & Шевченко, О. В. Основи технології виробництва та переробки рослинних олій. – Київ: Аграрна наука, 2018.
2. Костенко, В. М. Технології переробки відходів агропромислового комплексу. – Харків: ХНТУСГ, 2020.
3. Mason, T. J. & Lorimer, J. P. Applied Sonochemistry: The Uses of Power Ultrasound in Chemistry and Processing. – Weinheim: Wiley-VCH, 2002.
4. McClements, D. J. Ultrasonic Processing of Foods: Principles and Applications. – Boca Raton: CRC Press, 2005.
5. Leong, T. et al. Ultrasound in Food Processing: Recent Advances. – Elsevier, 2017.
6. Santos, H. et al. (2019). Ultrasound-Assisted Extraction of Oil Compounds from Agro-Industrial Waste: A Review. *Ultrasonics Sonochemistry*, 56, 1–12.
7. Chemat, F. et al. (2017). Review of Green Ultrasound-Assisted Processes for Extraction of Lipids from Waste Products. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 41, 31–40.
8. Rodrigues, S., Pinto, G. A. S. (2007). Ultrasound Extraction of Phenolic Compounds from Oil Production Waste: A Sustainable Technology. *Food Research International*, 40(8), 1010–1018.
9. Gopalasatheeskumar, S., & Sundaram, C. (2020). Green Energy Applications of Ultrasound in Waste Oil Management. *Renewable Energy Journal*, 125, 12–20.
10. Stamenkovic, O. S. et al. (2011). Utilization of Ultrasound in Waste Cooking Oil Processing for Biofuel Production. *Bioresource Technology*, 102(17), 11834–11841.
11. Pohl, M., & Bunge, F. (2021). Innovative Techniques in the Valorization of Oil Mill Waste Using Ultrasound. *Journal of Cleaner Production*, 294, 126–134.
12. Wong, M. K. et al. (2022). Sustainable Utilization of Ultrasonics for Agro-Waste Processing. *Sustainability*, 14(4), 1–20.
13. Ivanova, N., & Petrova, S. (2020). The Role of Ultrasound in Enhancing the Recycling of Vegetable Oil Waste. *Chemistry Today*, 38(6), 44–49.
14. Дерибо О.В.

Основи технології машинобудування. Частина 2: практикум / О.В. Дерібо, Ж.П. Дусанюк, С.І. Сухоруков. — Вінниця: ВНТУ, 2015. — 116 с.

14. Зайченко, Ю. В. (2019). Оптимізація технологій утилізації відходів олійної промисловості. — Дис. на здоб. наук. ступ. канд. техн. наук, НТУУ "КПІ".

15. Ivanov, D. (2021). Ultrasound-Assisted Techniques in Waste Oil Recycling: A Comparative Study. — Дис. Ph.D., University of Chemical Technology, Prague.

16. Petrova, E. (2020). Green Technologies for Agro-Industrial Waste Processing. — Матеріали конференції "Sustainable Development and Industrial Innovation".

17. Климов, А. Ю. (2020). Использование ультразвука в переработке растительных масел. Пищевая промышленность, 5, 23–28.

18. Кравченко, О. Г. (2021). Екологічні аспекти утилізації відходів олійного виробництва з використанням ультразвукових технологій. Науковий вісник НУБіП України, 27, 36–40.

19. Чернявский, М. В. (2019). Новые подходы к переработке отходов масложировой промышленности с использованием ультразвука. Вопросы современной науки и образования, 12, 98–102. 23. Розрахунок деталей машин на ЕОМ / Під ред. Д.Н. Решетова та А.С. Шувалова. — Київ: Вища школа, 1985. — 371 с.

20. Villamiel, M., & de Jong, P. (2000). The Role of Ultrasonics in the Food Industry: Principles and Applications. Journal of Ultrasonics, 42(4), 22–29.

21. Gogate, P. R., & Pandit, A. B. (2011). Applications of Ultrasound in Waste Management: A Review. Ultrasonics Sonochemistry, 18, 1–14.

22. Chemat, F. et al. (2018). Sonochemistry: Ultrasonics in Green Chemistry and Engineering. — Springer, 2018.

23. Gallego-Juárez, J. A. et al. (2016). Power Ultrasonic Applications in the Food Industry. Food Engineering Reviews, 8(2), 1–12.

24. Vinatoru, M. (2001). An Overview of the Ultrasonically Assisted Extraction of Bioactive Substances from Vegetables. Ultrasonics Sonochemistry, 8, 303–313.

## Додаток А

Патентний пошук та огляд літератури

РЕГЛАМЕНТ ПОШУКУ № БІ-3117СР

Найменування теми Технологія переробки відходів виробництва олій з використанням ультразвуку Шифр теми БІ-31.710921

Етап Проектування апарату та його складових частин.

Номер, дата завдання на проведення патентних досліджень: БІ3117  
16.09.24

Обґрунтування регламенту пошуку Предмет пошуку – шнекова установка. (Об'єктом пошуку є винаходи й корисні моделі)

Мета пошуку інформації: визначення патентної ситуації щодо шнекової установки (визначення патент здатності спроектованого апарату й визначення тенденції розвитку даного напрямку в техніці).

Визначення держави пошуку Встановлюємо такі держави пошуку:  
Україна, Німеччина, Італія.

Ретроспективність Термін дії патенту на винахід в Україні становить 33 роки, тому регламент пошуку встановлюємо такий 1991-2024рр.

Класифікаційні індекси: міжнародна патентна класифікація МПК 7 – B29C47/38, B28C5/16, E21B3/00, E21B7/00, A01F25/08, F26B17/18, F26B23/00, B28B 3/26, PCT/EP2005/012687.

Джерела інформації Національні й зарубіжні офіційні бюлетні, описи винаходів і корисних моделей

Початок пошуку \_\_\_\_\_ Закінчення пошуку \_\_\_\_\_

Під час аналізу патентної ситуації було виявлено, що існує значна кількість застарілих методів і технологічних схем виробництва пектину, які потребують оновлення. Це можна досягти шляхом заміни окремих елементів апаратурно-технологічних схем на більш сучасне обладнання чи інші конструктивні компоненти. Такий підхід сприятиме зниженню економічних витрат на виробничу лінію загалом і підвищенню ефективності виробництва кінцевого продукту.

У цій магістерській дисертації не застосовуються компоненти структури, що мають правову охорону згідно інтелектуальної власності

Табл. 8.2 - Регламент пошуку (форма Б.1 згідно ДСТ 3575–97)

ОГД, його складові частини	Бібліографічні дані	Відомості, щодо їхньої дії
1	2	3
ШНЕК ЕКСТРУДЕРА ДЛЯ ПЕРЕРОБКИ ПОЛІМЕРНИХ МАТЕРІАЛІВ	Патент №49070, МПК (12.04.2010), В29С47/38. Шнек для переробки полімерних матеріалів. Лизогубенко Андрій Анатолійович (UA); Сідоров Дмитро Едуардович (UA); Заявка № u200912192, 26.11.2009, Опубл. 12.04.2010, Бюл. № 19	Не діє
УСТАНОВКА РОЗЧИНОЗМІШУВАЛЬНА З ВЕРТИКАЛЬНИМ ШНЕКОМ	Патент №81413, МПК (04.02.2013), В28С5/16.Розчинозмішувальна установка з вертикальним шнеком / Коробко Богдан Олегович (UA); Васильєв Олексій Сергійович (UA); Рогозін Іван Анатолійович (UA); Заявка № u201301300, 04.02.2013. Опубл. 25.06.2013, Бюл. № 6	Не діє
ШНЕК МАЛОГАБАРИТНОЇ БУРОВОЇ УСТАНОВКИ	Патент №16609, МПК (15.08.2006), E21В3/00, E21В7/00. Шнек малогабаритної бурової установки Дікарєв Андрій Роальдович (UA); Заявка № u200601881, 21.02.2006; Опубл. 15.08.2006, Бюл. № 9	Не діє

ШНЕК-СУШАРКА	Патент №150814, МПК (21.04.2022), A01F25/08,F26B17/18 F26B23/00. Сімшанов Віктор Іванович (UA); Заявка № 2003032337, 18.03.2003. Опубл. 15.12.2003, Бюл. № 1	Не діє
ШНЕК З ПОСИЛЕНОЮ ОСНОВОЮ І ЗМІННИМ ЗОВНІШНІМ ДІАМЕТРОМ	Патент №89806, МПК(15.07.2002), B65G33/26 B65G33/16,. Шнек з посиленою основою і змінним зовнішнім діаметром / Гевко Іван Богданович (UA); Гудь Віктор Зіновійович (UA); Капаціла Юрій Богданович (UA); Заявка № u202107200, 13.12.2021 Опубл. 20.04.2022, Бюл №7	Дію припинено
A SMOKING PRODUCT AND THE USE OF AN EXTRUDER WITH A PACKING SCREW	Патент №a200707665, МПК (10.03.2010), PCT/EP2005/012687; A METHOD FOR PREPARING SHREDDED TOBACCO MATERIAL [DE]; Eling Uwe [DE]; Schmekel Herald [DE]; Franke Dietmar [DE] Link Matthias [DE]; Заявка №a200707665, 27.09.2001. Опубл 10.03.2010, Бюл. № 7	Діє
AN EXTRUDER WITH ENCLOSED INTERNAL CAVITIES	Патент №0 417053A2, МПК (13.03.91), B28B 3/26. AN EXTRUDER WITH ENCLOSED INTERNAL CAVITIES Pivetti, Giuliano Via Polesine, [IT]; Заявка № : 90830391.0, 05.09.1990. Опубл. 13.03.1991	Не діє
ЕСТРУДЕР	Патент № 9259, МПК (15.09.2005), B29C47/36 B29B7/34. Екструдер з завантажувальним і розвантажувальним отворами Мікульонок Ігор Олегович (UA); Заявка № u200501984, 03.03.2005. Опубл. 15.09.2005	Не діє

<p>ШНЕКОВИЙ ЕКСТРУДЕР ДЛЯ ОТРИМАННЯ БРИКЕТІВ</p>	<p>Патент № 27142, МПК (20.03.2007), В27N 3/00 В30В 11/00. Шнековий екструдер для отримання брикетів; Манянін Геннадій Миколайович (UA), Біленький Валерій Валентинович (UA), Лебан Сергій Степанович (UA); Заявка № u200702958, 20.03.2007. Опубл. 25.10.2007</p>	<p>Не діє</p>
<p>ПРОТИТЕЧІЙНИ ШНЕКОВИЙ ЕКСТРАКТОР</p>	<p>Патент № 113113 Україна, МПК В 01 D 11/02, С 12 G 1/02, С 11 В 1/10 Протитечієний шнековий екстрактор безперервної дії з проміжним віджимом рослинної сировини / Чернелєвський І. В.(UA), Зав'ялов В. Л. (UA), Марценюк О. С. (UA); Заявка №a2015 06562; 03.07.2015. Опубл. 12.12.2016, Бюл. №23, 2016р.</p>	<p>Діє</p>

## Додаток Б



