

Пояснювальна записка
до дипломного проєкту
на тему: «Лінія виробництва ріпакової олії з розробкою
екстрактора»

Київ – 2020 року

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
Факультет біотехнології і біотехніки
Кафедра біотехніки та інженерії

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

Спеціальність – 133 «Галузеве машинобудування»

Освітньо-професійна програма «Обладнання фармацевтичних та біотехнологічних виробництв»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ Вікторія МЕЛЬНИК

«__» _____ 20__ р.

ЗАВДАННЯ

на дипломний проєкт студенту

Фесенко Валерії Володимирівні

1. Тема проєкту «Лінія виробництва ріпакової олії з розробкою екстрактора», керівник проєкту Остапенко Жанна Ігорівна, асистент кафедри біотехніки та інженерії, затверджені наказом по університету від «21» 05 2020 р. № 1125-с

2. Термін подання студентом проєкту 02.06.2020.

3. Вихідні дані до проєкту: початкова температура теплоносія – 8°C, кінцева температура теплоносія – 10°C, робочий тиск – 0,2МПа, маса сировини - $m_c = 1000$ кг, теплове навантаження теплообмінного пристрою – $N_T = 45000$ В.

4. Зміст пояснювальної записки: призначення та область застосування установки, опис технологічного процесу, обґрунтування вибору проектованої конструкції, технічна характеристика установки, розрахунки, що підтверджують працездатність та надійність конструкції, комп'ютерне моделювання, рекомендації з монтажу та експлуатації, охорона праці, патентний пошук.

5. Перелік графічного матеріалу (із зазначенням обов'язкових креслеників, плакатів, презентацій тощо): апаратурно-технологічна схема лінії виробництва ріпакової олії (A1); екстрактор (складальне креслення A1); креслення складальних одиниць (кришка (складальне креслення A2); днище (складальне креслення A2); корпус (складальне креслення A2); корзина (складальне креслення A3); теплообмінний елемент складальне креслення (A3)), плакат за темою проекту.

6. Консультанти розділів проекту*

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Опис технологічного процесу отримання ріпакової олії.	Литвинов Г. С., професор, д. ф-м. н.		

7. Дата видачі завдання

23.02.2020

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проекту	Термін виконання етапів проекту	Примітка
1.	Опис технологічного процесу отримання ріпакової олії.	07.03.2020-30.03.2020	
2.	Креслення апаратурної схеми	01.04.2020-8.04.2020	
3.	Опис та обґрунтування вибору обраної конструкції.	11.04.2020-17.04.2020	
4.	Патентний пошук. Комп'ютерне моделювання.	20.04.2020-25.04.2020	
5.	Розрахунки, що підтверджують працездатність та надійність конструкції.	27.03.2020-20.04.2020	
6.	Складальне креслення апарата. Креслення складальних одиниць.	24.04.2020-15.05.2020	
7.	Рекомендації з охорони праці.	18.05.2020-22.05.2020	
8.	Оформлення ПЗ.	25.05.2020-29.05.2020	

Студент



Валерія ФЕСЕНКО

Керівник

Жанна ОСТАПЕНКО

Реферат

УДК 636

Лінія виробництва ріпакової олії з розробкою екстрактора

Дипломний проект: 68 с., 18 рис., 24 джерела

На сьогоднішній день існує загроза вичерпності невідновлюваних природних ресурсів. Це пов'язано зі збільшенням техногенного навантаження на навколишнє середовище. Саме з цієї причини виникла необхідність створювати та впроваджувати в виробництво ресурсозаощадні та екологічно безпечні новітні технології.

Однією з основних проблем, на яку сьогодні направлена увага, є максимальне вилучення корисних продуктів з сировини. Безпосередньо це стосується олій. Так як у сучасному виробництві, вони знаходять своє застосування не лише в харчовій промисловості, а є сировиною для виробництва біопалива.

У даній роботі було проведено аналіз літературних джерел, на основі якого можна зазначити, що для інтенсифікації процесу екстракції олії з рослинної сировини найперспективнішим є використання ультразвуку.

Також було описано технологічний процес отримання ріпакової олії, представлено апаратурну схему даної лінії. Розроблені креслення циркуляційно-акустичного екстрактора, представлені його основні складальні елементи (кришка, днище, корзина, виносний теплообмінний елемент). У програмному забезпечення 801i<1>Уогкз спроектовано ЗБ-модель циркуляційно-акустичного екстрактора. У пакеті Зітііаііоп провели випробування на міцність і стійкість конструктивних елементів апарату. Виконані розрахунки, що підтверджують працездатність та надійність конструкції апарату.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: ЦИРКУЛЯЦІЙНО-АКУСТИЧНИЙ ЕКСТРАКТОР, РІПАКОВА ОЛІЯ, ЕКСТРАКЦІЯ, ЕКСТРАГЕНТ, УЛЬТРАЗВУК, РОСЛИННА СИРОВИНА

Abstract

UDC 636

Rapeseed oil production line with extractor development

Diploma project: 68 pages, 18 figures, 24 sources

Today there is a threat of depletion of non-renewable natural resources. This is due to the increasing man-made load on the environment. It is for this reason that there is a need to create and implement in production resource-saving and environmentally friendly latest technologies.

One of the main problems that is focused on today is the maximum extraction of useful products from raw materials. This directly applies to oils. Since in modern production, they are used not only in the food industry, but are raw materials for biofuel production.

In this work, an analysis of the literature was conducted, based on which it can be noted that to intensify the process of extraction of oil from vegetable raw materials, the most promising is the use of ultrasound.

The technological process of rapeseed oil production was also described, the hardware scheme of this line was presented. Drawings of the circulating-acoustic extractor are developed, its basic assembling elements (a cover, the bottom, a basket, a portable heat exchange element) are presented. The SolidWorks software has a 3D model of a circulating acoustic extractor. The Simulation package tested the strength and stability of the structural elements of the device. Calculations are performed that confirm the efficiency and reliability of the device design.

KEY WORDS: CIRCULATION-ACOUSTIC EXTRACTOR, RAPE OIL, EXTRACTION, EXTRACTANT, ULTRASOUND, VEGETABLE RAW MATERIALS

Зміст

Перелік скорочень, умовних позначень та термінів	8
Вступ	9
1. Призначення циркуляційно-акустичного екстрактора і галузь його застосування	10
1.1 Характеристика олійної сировини та рослинних олій	11
1.2 Характеристика вихідного продукту (ріпакової олії)	13
2. Опис технологічного процесу виготовлення рослинної олії з насіння ріпаку	14
3. Обґрунтування вибору конструкції циркуляційно-акустичного екстрактора	16
4. Технічна характеристика акустичного екстрактора	19
5. Розрахунки, що підтверджують працездатність та надійність конструкції	20
5.1 Тепловий розрахунок екстрактора	20
5.2 Визначення фізичних властивостей метиленхлориду, ріпакової олії і місцели	22
5.3 Визначення кінцевої температури екстрагенту в процесі роботи ультразвукового генератора	25
5.4 Визначення тривалості процесу екстракції олії з рослинної сировини ..	27
5.5 Розрахунок обичайки, навантаженої внутрішнім тиском	29
5.6 Розрахунок фланцевого з'єднання обичайки екстрактора	31

					БІ-61.11.70843100-10 ПЗ			
						<i>Лит.</i>	<i>Маса</i>	<i>Масштаб</i>
<i>Зм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ документа</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>	Циркуляційно-акустичний екстрактор			
					Пояснювальна записка			
						<i>Лист</i> 6	<i>Листів</i> 42	
<i>Розроб.</i>						ФБТ, НТУУ «КПІ ім. І. Сікорського»		
<i>Перевір.</i>								
<i>Т. Контр.</i>								
<i>Реценз.</i>								
<i>Н. Контр.</i>								
<i>Утв.</i>								

5.6	Перевірка несучої спроможності апарату на дію опорних навантажень.....	37
6.	Комп'ютерне моделювання.....	39
6.1	Аналіз результатів моделювання.....	44
7.	Рекомендації по монтажу і експлуатації.....	46
8.	Охорона праці.....	47
8.1	Небезпечні та шкідливі виробничі фактори.....	47
8.2	Аналіз стану охорони праці та виробничого травматизму.....	47
8.3	Вимоги безпеки при виробництві соняшникової олії та виробнича санітарія.....	48
	Висновки.....	50
	Список використаної літератури.....	51
	Додатки.....	54
	Додаток А. Патентний пошук	
	Додаток Б. Апаратурна схема	
	Додаток В. Специфікації	

					БІ-61.09.70843100-10 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		7

Перелік скорочень, умовних позначень та термінів

K_M – коефіцієнт масовіддачі в міжклітинному просторі;

D_C – коефіцієнт дифузії олії через клітинну оболонку;

C_p – рівноважна концентрація олії в екстрагенті;

β – коефіцієнт конвективної дифузії;

D_{MD} – коефіцієнт молекулярної дифузії;

D_{BH} – коефіцієнт масопровідності або внутрішньої дифузії;

$t_{екс}$ – час екстрагування, хв;

m_c – маса сировини, кг;

$m_{ол}$ – маса олії, кг;

$[\sigma]$ – допустиме напруження матеріалу, МПа;

V_p – об'єм робочого середовища, м³;

V – об'єм апарату, м³;

D – внутрішній діаметр апарату, мм;

S – товщина стінки, мм;

c – прибавка до розрахункової товщини стінки, мм;

P – тиск в апараті, Па;

λ – коефіцієнт теплопровідності, $\frac{Вт}{(м \cdot К)}$;

D_{ϕ} – діаметр фланця, м;

G_a – загальна вага апарату;

δ_1 – товщина стінки, мм;

θ – кут повороту фланця, рад;

$\lambda_{ст}$ – коефіцієнт теплопровідності стінки, Вт/(м·К);

E – параметр гідравлічного опору;

A – число вимивання;

k – коефіцієнт, що характеризує перенос маси речовини.

					БІ-61.09.70843100-10 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		8

Вступ

У наш час значно збільшилось техногенне навантаження на навколишнє середовище, зросла загроза вичерпності невідновлюваних природних ресурсів. Через це необхідно впроваджувати в виробництво нові ресурсозаощаджувальні та екологічно безпечні технології.

Одним з важливих питань є максимальне вилучення корисних продуктів з сировини. На цю проблему направлено багато інноваційних методів і технологій. Безпосередньо це стосується виробництва олій, які знаходять своє застосування в багатьох галузях. Останнім часом стали актуальними технології перероблювання рослинних олій в біопаливо, що за своїми характеристиками близьке до традиційного дизельного пального.

На сьогодні найбільш поширеними методами вилучення олії є метод механічного пресування сировини та екстракція олії розчинниками. [1]

У промислових умовах процес екстракції проводять в змішуючих, колонник (ротаторно-дискових, насадкових, тарілчастих, пульсаційних), доцентрових екстракторах.

Стало актуальним дослідження нових методів вилучення олії з сировини, таких як ультразвукова екстракція, мікрохвильова екстракція та екстракція надкритичною рідиною. [2] Наведені в літературі [3-5] результати дослідження ультразвукової екстракції показують, що в цьому процесі висока селективність, менша тривалість, зменшуються шкідливі викиди в навколишнє середовище та енергозатрати. Обладнання для даного процесу має набагато простішу конструкцію ніж обладнання для пресування. Оскільки більша частина розчинника, що використовується для даного методу екстрагування, може бути відновлена, даний метод вважають екологічно чистим. Також ультразвукова екстракція дозволяє отримати олію вищої якості, ніж проста екстракція.

					БІ-61.09.70843100-10 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		9

1. Призначення циркуляційно-акустичного екстрактора і галузь його застосування

Для екстрагування олії з подрібненої сировини рослинного або тваринного походження використовується циркуляційно-акустичний екстрактор. Зазначений апарат може використовуватися в різних промисловостях. Наприклад, у фармацевтичній, біотехнологічній, хімічній і харчовій.

Одним з основних технологічних процесів при виробництві олії з насіння ріпаку, виготовленні лікарських засобів з рослинної сировини, ефірної олії, сої, при одержанні ферментів з культур плісневих грибів є екстракція з твердих тіл. Перероблювання сировини рослинного походження має певні особливості через капілярно-пористу структуру, сформовану клітинами різної будови, у яких знаходиться цільовий компонент. Частинки рослинної сировини умовно зараховують до твердих тіл. [6] Залежно від стану сировини (суха, волога) екстрагування поділяють на різну кількість послідовних стадій. Для екстрагування висушеної сировини виділяють наступні стадії [7]:

- проникнення розчинника в пори частинок сировини;
- розчинення цільового компонента;
- перенесення екстрагованої речовини з поверхні частинок сировини в масу екстрагенту.

Перевагою циркуляційно-акустичного екстрактора є те, що його конструкція забезпечує циркуляційний рух рідини через шар твердої фази в умовах акустичної дії. Це створює умови для інтенсифікації процесів масопереносу всередині твердих частинок сировини, а також більш повне вилучення олії з сировини.

					БІ-61.09.70843100-10 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		10

1.1 Характеристика олійної сировини та рослинних олій

Рослинні олії знайшли своє місце в харчовій, хімічній, фармацевтичній промисловостях. Також використовуються у виробництві миючих засобів, у якості мастильних матеріалів, для виробництва лінолеуму, оліфи.

На сьогодні досить актуальним стало використання технологій, які дозволяють переробити рослинні олії в біопаливо.

Технологія виробництва рослинної олії складається з очищення насіння, його подрібнення, пресування і екстракції. Екстракція – процес вилучення одного компонента з твердої речовини використовуючи розчинник. Екстрагент (розчинник) має селективну здатність розчиняти лише ті компоненти, які потрібно. Сам процес екстракції передбачає проникнення екстрагента в твердий матеріал (його пори), розчинення цільових компонентів у ньому, перенесення вилучених компонентів до межі розділу при молекулярній дифузії, і перенесення речовини від поверхні поділу фаз до розчинника шляхом конвективної дифузії. Рушійна сила процесу і дифузійний опір визначає швидкість екстракції. [1]

Екстракція розчинником дозволяє вилучати олію, залишаючи в сировині від 2% до 5%. У якості екстрагенту використовують метиленхлорид, екстракційний бензин, гексан ... [1]

До групи олійних відносять рослини, насіння і плоди яких містять багато жиру (від 20% до 60%) і є основною сировиною для виробництва рослинної олії. Рослинні жири використовуються в харчових продуктах і широко використовуються в багатьох галузях промисловості [1].

В Україні значно поширені соняшник, льон, соя, гірчиця, ріпак. В останні роки стало популярним висівати арахіс, кунжут та інші.

Виробництво рослинних олій відбувається саме з насіння олійних рослин. Побічним продуктом виробництва олій являється жмих (лушпиння). Лушпиння, яке залишилося після пресування, містить 8-10% залишків олії та 30-35% білкових речовин. Відходи після екстракції містить до 5% жиру, і від

					БІ-61.09.70843100-10 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		11

20 до 50% білкових речовин. Їх використовують як корм для сільськогосподарських тварин. Олійні культури у більшості випадків являються повзучими культурами. Вони очищають поля від бур'янів і слугують попередником польових культур. [1]

Наведемо коротку характеристику деяких олій. Найпоширенішою олією в нашій країні є соняшникова. На її частку в усьому обсязі виробництва рослинних олій припадає три чверті. Вона має золотисто-жовтий колір, специфічний запах. Широко застосовується в харчовій промисловості. Їде складовою частиною оліфи.

Бавовняна олія після соняшnikової є найбільш поширеною для жиропереробної промисловості. Сира бавовняна олія має неприємний запах, темне забарвлення, вона гіркувата на смак. Однак після рафінації її властивості змінюються. Вона набуває приємного запаху, жовтого кольору і стає приємна на смак. Дана олія використовується у миловарінні та виробництві маргарину.

Кукурудзяну олію виготовляють із зародків насіння кукурудзи, яка має 45-50%. Дана олія являється не лише харчовою, її широко застосовують для приготування рідких мил і в лакофарбовій промисловості.

В наших широтах вирощують льон-довгунець та олійний льон. Саме з цієї рослини отримують льняну олію. Дана олія має менший вміст ненасичених кислот, через це знижується її технічна цінність. Олія швидко сохне, тому її застосовують для виготовлення оліфи, масляних лаків. Свіжу льняну олію іноді застосовують в їжі.

Щодо конопляної олії. Вона гірше висихає, ніж льняна. Дана олія призначена для приготування оліфи та виготовлення медичного мила. Якщо олія свіжа, її використовують в харчовій промисловості. Вона має приємний запах і смак.

Соева олія після рафінування має золотисто-жовтий колір. Її використовують у консервній промисловості, а також в маргариновому і

					<i>БІ-61.09.70843100-10 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		12

миловарному виробництвах.

Біла гірчиця використовується для виготовлення гірчичкої олії. Рафінована олія має світло-жовтий колір, приємний смак і запах. Її застосовують у харчовій і консервній промисловостях.

Арахісова олія зазвичай безбарвна, має приємний смак і запах. Вона застосовується в харчових цілях, іноді для виготовлення маргарину. Арахісова макуха використовується для приготування халви.

Оливкова олія також поширена в Україні. Її виготовляють з плодів оливкового дерева. Вміст олії в кісточках досягається 50%. Дана олія має приємний смак і запах, вона золотистого кольору. Її також називають прованською олією. Оливкова олія використовується в якості харчового жиру.

1.2 Характеристика вихідного продукту (ріпакової олії)

В Україні в останні роки зростає урожай ріпаку. Також вирощують арахіс, сафлор, кунжут та інші.

Ріпакова олія традиційно використовується як харчова. Не зважаючи на те, що частка ріпаку у виробництві олійних кудьтур зростає, переробка олії з насіння ріпаку пов'язана зі складнощами. Необхідно забезпечити виведення з насіння фосфоліпідів, вільних жирних кислот, пігментів групи хлорофілу і сполук сірки.

Біологічна цінність ріпакової олії зумовлена вмістом важливих компонентів у ній. Ріпакова олія містить вітамін Е, а також багата на поліненасичені кислоти (лінолева кислота – Омега 6, Омега 9) і мононенасичені кислоти (олеїнова кислота – Омега 9).

Харчова ріпакова олія має приємний горіховий аромат і характерний смак. Її колір може бути від жовтого до коричневого. Вона позитивно впливає на обмін речовин.

Стерильна олія застосовується в фармакології, з неї готують олійні розчини для ін'єкцій. [8]

					БІ-61.09.70843100-10 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		13

2. Опис технологічного процесу виготовлення рослинної олії з насіння ріпаку

Апаратурна схема виробництва ріпакової олії показана на кресленні 1.

Ріпакове насіння зі складу подають на ваговий дозатор Д-1. Потім воно постуває на тимчасове зберігання в силос С-2. Через те що сировина містить велику кількість домішок, перед обробкою її необхідно очистити на ситовому сепараторі Сп-3 і магнітному уловлювачі У-4. Домішки рослинного походження, відокремлені на сепараторі, збирають і використовують в комбікормовому виробництві.

Очищену сировину зважують на ваговому дозаторі Д-5 і подають в бункер Бн-6, звідки вона подається в шахтову двозонну сушарку Сш-7. Спочатку сировину сушать, а потім охолоджують. У процесі теплової обробки її вологість зменшується з 9-15% до 2-7%. Температура сировини під час сушіння близько 50 °С, після охолодження 35 °С. Висушена сировина проходить контроль на вагах Д-9, а потім переміщається в проміжний бункер Бн-9 для подальшої переробки. Цей процес передбачає дві самостійні операції: лущення (обрушення) насіння і власне відділення оболонки від ядра (відвіювання, сепарування). Сировина лущиться на дисковому млині Мл-10, куди вони надходять з проміжного бункера Бн-9. Рушанка, що отримується з насіння після млина, являє собою суміш, що складається з частинок різних за масою, формою та розмірами. У рушанки присутні цілі ядра, їх осколки, ряд різноманітних за розміром і формою частинок оболонки. Тому для відділення оболонки від ядра в основному застосовують повітряно-ситові сепаратори. З такого сепаратора Сп-11 сировина подається в проміжний бункер Бн-12.

Після зважування на вагах Д-13 очищене ріпакове насіння подають на трьохвальцеву дробарку Вл-14. Процес подрібнення може здійснюватися за один раз або за два рази - попередньо і остаточно. При подрібненні відбувається руйнування клітинної структури насіння ріпака, що необхідно

					БІ-61.09.70843100-10 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		14

для створення оптимальних умов для найбільш повного і швидкого вилучення олії при подальшому пресуванні та екстрагування.

Продукт подрібнення – мезга – з Вл-14 надходить в жаровню Ж-15, в якій за рахунок волого-теплової обробки досягається оптимальна пластичність продукту і створюються умови для полегшення віджиму олії на пресах. При смаженні вологість мезги знижується до 5-7%, а температура підвищується до 105- 115 °С. З шнекового преса Шн-16, в який після жаровні Ж-15 подається мезга, виходять два продукти: олія, що містить значну кількість домішок і тому очищається в фільтрі Ф-17, і жмих, що містить 6,0-6,5% олії, яку необхідно видалити. Тому в подальшому жмих піддається подрібненню в молотковій дробарці Д-19 і на трьохвальцевій дробарці Вл-20, а продукт подрібнення піддається екстрагуванню в екстракторі Ек-21.

Апара має дві колони, з'єднані між собою, в якій розміщені шнеки, які транспортують часточки жмиху із правої колони в ліву. В апарат подається екстрагент – метилхлорид. За допомогою дифузії масло видаляється зі зруйнованих клітин жмиху, розчиняючись в екстрагенті. Суміш олії та екстрагенту – місцела – та деяка кількість жмиху з екстрактора Ек-21 направляється у патронний фільтр Ф-23. Знежирений продукт, що видаляється з корзини екстрактора Ек-21– шрот – направляється на подальшу переробку, що передбачає вилучення з нього залишків екстрагенту та спрямування на комбикормові заводи. Очищена від твердих частинок місцела подається у теплообмінник Т-24, де вона нагрівається до 105-115 °С, в сепараторі С-25 із неї при атмосферному тиску відганяються пари метилхлориду. Пари конденсуються в теплообміннику-конденсаторі Т-26 та поступають на повторне використання. Очищена від екстрагенту олія та олія, отримана пресуванням з фільтра Ф-17 подається насосом Н-18 на пакувальний автомат Гф-27, а в апараті Гф-28 готову продукцію укладають в ящики. [9]

					БІ-61.09.70843100-10 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		15

3. Обґрунтування вибору конструкції циркуляційно-акустичного екстрактора

Конструкцію обрали виходячи з технологічної операції, що проводиться в даному апараті, а саме процес екстрагування, який належить до теплообмінних процесів, в яких масопередача відбувається в системі тверде тіло-рідина. [10]

На основі літературного огляду встановлено, що на сьогодні актуально інтенсифікувати процес виділення рослинної олії з сировини різними фізичними факторами. Обрано саме ультразвуковий екстрактор, тому що даний апарат має відносно не складну конструкцію, та за рахунок циркуляційного руху, значно інтенсифікує процес.

Дана конструкція має значну перевагу, вимушений циркуляційний рух екстрагенту інтенсифікує процес масовіддачі від поверхні твердих частинок.

Під дією акустичних коливань відбувається кавітаційне руйнування твердих частинок, утворюються мікротріщини, додаткові пори, що інтенсифікує процеси переносу цільового продукту всередині твердих часточок.

В екстракторі рослинна сировина подається у вигляді дрібних частинок у циліндричний корпусу 1, до якого на фланцях прикріплене днище 2 та кришка 3. В корпусі 1 на опорній підставці 4 встановлений контейнер 5, який виготовлено з нижнього та верхнього кілець 6 і 7 і сітки 8. В нижній частині корпусу знаходиться генератор ультразвукових коливань 9. Зовні корпусу 1 закріплена циркуляційна труба 10 з сорочкою 11, в яку через штуцери 12 і 13 підводиться і відводиться теплоносій. Через штуцер 14 в корпус екстрактора підводиться екстрагент, а штуцер 15 слугує для його відведення.

					БІ-61.09.70843100-10 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		16

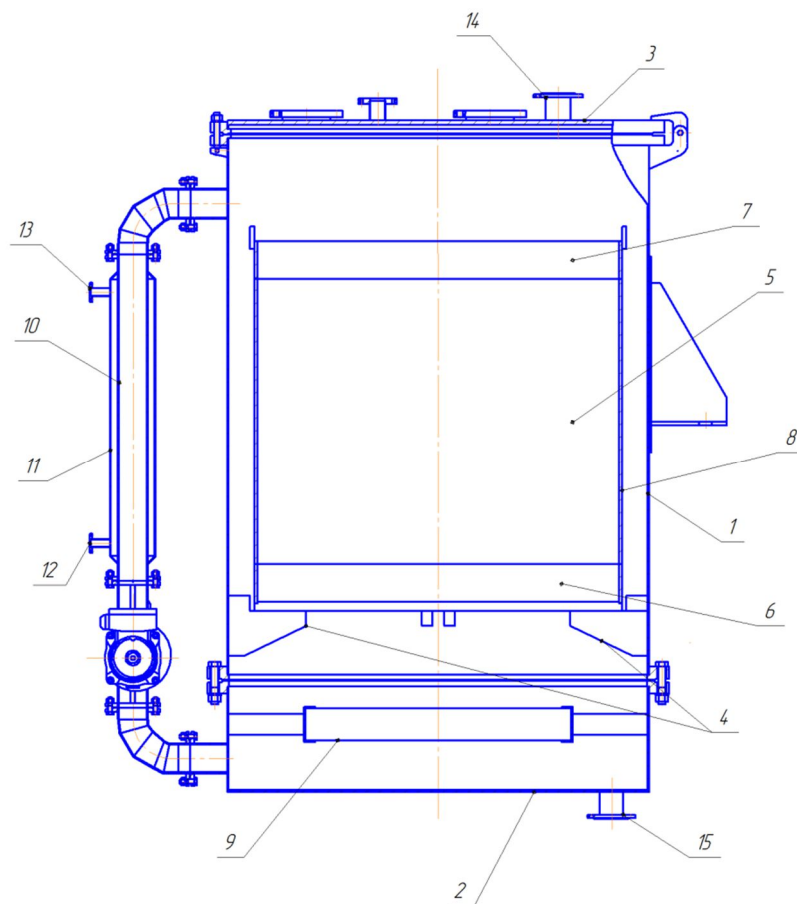


Рис. 3.1. Акустичний екстрактор:

1–корпус; 2 – днище; 3 – кришка; 4 – опорні підставки; 5 – контейнер;
 6, 7 – нижнє та верхнє кільця; 8 – сітка; 9 – генератор ультразвукових
 коливань; 10 – циркуляційна труба; 11 – сорочка; 12, 13 – штуцери для
 підводу та відведення теплоносія; 14, 15 – штуцери для підводу та відведення
 теплоносія

Принцип роботи акустичного екстрактора наступний. Перед кожним циклом роботи акустичний екстрактор очищують від залишків сировини, промивають миючими засобами, ополіскують водою. У контейнер 5 сировина завантажується поза екстрактором, потім фіксується в робочому положенні. Закріплюють кришку 3 до корпусу 1 апарата. В апарат подають екстрагент через штуцер 15. Вмикають генератор ультразвукових коливань і насос на циркуляційній трубі.

					БІ-61.09.70843100-10 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		17

Екстрагент проходить через шар твердих частинок в контейнері 5 і переходить до циркуляційної труби 12, у ній він охолоджується до робочої температури за допомогою теплоносія, який надходить в кожух 12 через штуцер 13 і відходить через штуцер 14. Вимушений циркуляційний рух екстрагенту інтенсифікує процес масовіддачі від поверхні твердих частинок.

Під дією акустичних коливань відбувається кавітаційне руйнування твердих частинок, з'являються мікротріщини, додаткові пори, що інтенсифікує процеси переносу цільового продукту всередині твердих частинок. [10]

Матеріал обрали з врахуванням процесу і умов роботи апарату, а також згідно вимог НВП.

У фармацевтичній галузі доцільно використовувати лише два матеріали, які безпосередньо контактують з середовищем (продуктом), це скло та нержавіюча сталь.

Необхідно прийняти до уваги інші умови проведення процесу такі як: температура, галузь застосування та агресивність середовища. Отже, конструктивний матеріал повинен мати високу корозійну стійкість для забезпечення необхідної довговічності та для запобігання забруднення продукту. Також матеріал апарату не повинен вступати в хімічну реакцію з середовищем (бути хімічно інертним).

Фланці апарату, кришку, обичайку, днище, шток з корзинами потрібно виготовити з аустенітної корозійно та хімічно стійкої сталі 12Х18Н10Т ГОСТ 5632-72.

Кріпильні елементи (болти, шайби, гайки), так як вони безпосередньо не контактують з середовищем, можна виконати з більш дешевої і розповсюдженої сталі марки 35Х ГОСТ 1050-88.

Матеріал прокладок для герметизації фланцевих з'єднань – фторопласт-4 ГОСТ 10007-80. [13]

					БІ-61.09.70843100-10 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		18

4. Технічна характеристика акустичного екстрактора

Апарат призначений для екстракції біологічно активних речовин.
Технічні характеристики наведені в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1

№	Характеристика	Значення
1	Номінальний об'єм апарату, м ³	5,3
2	Робочий тиск, МПа	0,2
3	Площа поверхні теплообміну в сорочці, м ²	0,3
4	Температура середовища, °С	Робоча - 25°С
		Максимальна - 30°С
5	Середовище в апараті	Не агресивне Токсичне Вибухонебезпечне
6	Маса апарату, кг	800 кг
7	Габаритні розміри, мм	Довжина – 1850 мм
		Ширина – 2150 мм
		Висота – 2400 мм

5. Розрахунки, що підтверджують працездатність та надійність конструкції

5.1 Тепловий розрахунок екстрактора

Розрахунок поверхні теплообміну теплообмінного пристрою.

Вихідні дані:

- Теплове навантаження теплообмінного пристрою $N_m = 45000 \text{ Вт}$;
- Внутрішній діаметр циркуляційної труби $d_{ц\text{вн}} = 0,1 \text{ м}$;
- Зовнішній діаметр циркуляційної труби $d_{ц\text{зовн}} = 0,108 \text{ м}$;
- Внутрішній діаметр кожухової труби $d_{с\text{вн}} = 0,15 \text{ м}$;
- Швидкість руху міцели в циркуляційній трубі $W = 0,6 \frac{\text{м}}{\text{с}}$;
- Початкова температура міцели $t_{мн} = 25^\circ\text{C}$;
- Кінцева температура міцели $t_{мк} = 35^\circ\text{C}$;
- Початкова температура теплоносія $t_{мн} = 8^\circ\text{C}$;
- Кінцева температура теплоносія $t_{мк} = 10^\circ\text{C}$;
- Об'єм екстрагенту $V_{екс} = 1,7 \text{ м}^3$;
- Маса олії, що вилучається в процесі екстракції $m_{ол} = 60 \text{ кг}$;
- Маса сировини $m_c = 1000 \text{ кг}$;
- Маса екстрагенту $m_{екс} = 3000 \text{ кг}$;
- Маса апарату $m_{ан} = 800 \text{ кг}$;
- Питома теплоємність сировини $c_c = 1800 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{K}}$;
- Питома теплоємність екстрагенту $c_{екс} = 1206 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{K}}$;
- Питома теплоємність апарату $c_{ан} = 500 \frac{\text{Дж}}{\text{кг}\cdot\text{K}}$;

					БІ-61.09.70843100-10 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		20

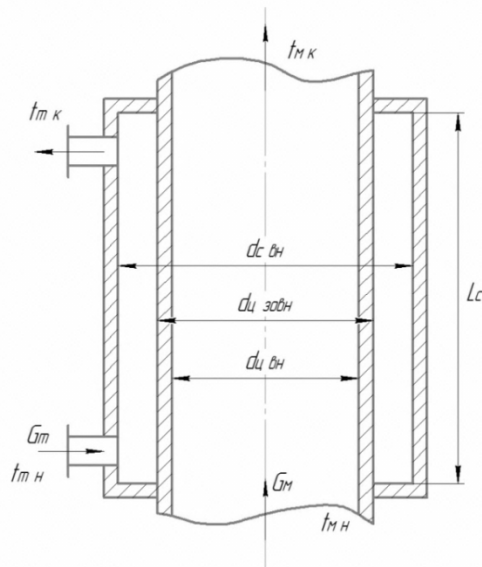


Рис. 5.1. Розрахункова схема виносного теплообмінного пристрою

Визначаємо середню температуру теплоносія:

$$t_{m\text{cp}} = \frac{t_{mн} + t_{mк}}{2} = \frac{8 + 10}{2} = 9^{\circ}\text{C}. \quad (5.1)$$

В якості теплоносія обираємо воду.

Еквівалентний діаметр для кільцевого каналу:

$$d_{\text{екв}} = d_{\text{c вн}} - d_{\text{ц зовн}} = 0,15 - 0,108 = 0,042 \text{ м}. \quad (5.2)$$

Визначаємо швидкість теплоносія, що забезпечує турбулентний рух в кільцевому каналі з співвідношення:

$$W_m > \frac{10000 \cdot \nu_m}{d_{\text{екв}}} = \frac{10000 \cdot 1,358 \cdot 10^{-6}}{0,042} = 0,323 \frac{\text{м}}{\text{с}}, \quad (5.3)$$

де, $\nu_m = 1,358 \cdot 10^{-6} \frac{\text{м}^2}{\text{с}}$ - кінематична в'язкість води.

Приймаємо швидкість теплоносія $W_m = 0,6 \frac{\text{м}}{\text{с}}$, тоді об'ємні витрати теплоносія:

$$V_m = \pi \cdot \frac{(d_{\text{c вн}}^2 - d_{\text{ц зовн}}^2)}{4} \cdot W_m = 3,14 \cdot \frac{(0,15^2 - 0,108^2)}{4} \cdot 0,6 = 0,005 \frac{\text{м}^3}{\text{с}}. \quad (5.4)$$

					БІ-61.09.70843100-10 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		21

Розраховуємо критерій Рейнольдса і критерій Прандтля для теплоносія [11]:

$$Re = \frac{W_m \cdot d_{екв}}{\nu_m} = \frac{0.6 \cdot 0.042}{1.358 \cdot 10^{-6}} = 18556,7. \quad (5.5)$$

$$Pr_m = \frac{\mu_m \cdot c_m}{\lambda_m} = \frac{1314.8 \cdot 10^{-6} \cdot 4194}{57,25 \cdot 10^{-2}} = 9,63. \quad (5.6)$$

Де $c_m = 4194 \frac{Дж}{кг \cdot K}$ - питома теплоємність води;

$\lambda_m = 57,25 \cdot 10^{-2} \frac{Вт}{м \cdot K}$ - коефіцієнт теплопровідності води.

Добуток критеріїв Рейнольдса і Прандтля [11]:

$$Nu = 0.021 \cdot Re^{0.8} \cdot Pr^{0.43} = 0.021 \cdot 18556.7^{0.8} \cdot 9.63^{0.43} = 144,537. \quad (5.7)$$

Коефіцієнт тепловіддачі до теплоносія визначаємо за формулою [11]:

$$\alpha_m = \frac{Nu \cdot \lambda_m}{d_{екв}} = \frac{144.537 \cdot 0.57}{0.042} = 1970.18 \frac{Вт}{м^2 \cdot K}. \quad (5.8)$$

5.2 Визначення фізичних властивостей метиленхлориду, ріпакової олії і місцели

Для визначення фізичних властивостей місцели необхідно визначити фізичні властивості екстрагенту (метиленхлориду) та олії.

Фізичні властивості метиленхлориду розраховуємо при температурі $t = 20^\circ C$.

Густина метиленхлориду [12]:

$$\rho_{екс} = 1325 \frac{кг}{м^3}.$$

Питома теплоємність метиленхлориду складає:

$$t = 0^\circ C \quad C_{екс} = 1213 \frac{Дж}{кг \cdot K}$$

$$t = 20^\circ C \quad C_{екс} = 1206 \frac{Дж}{кг \cdot K}$$

					БІ-61.09.70843100-10 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		22

Коефіцієнт теплопровідності:

$$\lambda_{екс} = 0,1523 \frac{Вт}{м \cdot К}$$

Коефіцієнт динамічної в'язкості визначається з формули [11]:

$$\lg \mu_{екс} = -0,7706; \quad (5.9)$$

$$\mu_{екс} = 10^{-0,7706} = 0,17 \text{ сПз} = 0,17 \cdot 10^{-3} \text{ Па} \cdot \text{с} \quad (5.10)$$

Діелектрична провідність складає [12]:

$$\text{при } t = 20^\circ\text{C} \quad D_{екс} = 9,08 \frac{\Phi}{м}$$

$$\text{при } t = 25^\circ\text{C} \quad D_{екс} = 8,93 \frac{\Phi}{м}$$

Фізичні властивості ріпакової олії.

Густина ріпакової олії:

$$\rho_{ол} = 917,4 \frac{кг}{м^3}$$

Коефіцієнт кінематичної в'язкості:

$$\nu_{ол} = 76 \cdot 10^{-6} \frac{м^2}{с}$$

Коефіцієнт теплопровідності при температурі $t = 20^\circ\text{C}$:

$$\lambda_{ол} = 0,169 \frac{Вт}{м \cdot К}$$

Питома теплоємність при температурі $t = 20^\circ\text{C}$:

$$c_{ол} = 1834 \frac{Дж}{кг \cdot К}$$

Температура місцели:

$$t_{м} = \frac{t_{мн} + t_{мк}}{2} = \frac{25 + 35}{2} = 30^\circ\text{C}. \quad (5.12)$$

					БІ-61.09.70843100-10 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		23

Коефіцієнт температуропровідності:

$$\alpha = \frac{\lambda_{ол}}{\rho_{ол} \cdot c_{ол}} = \frac{0,169}{917,4 \cdot 1834} = 10^{-7} \frac{М^2}{с} \quad (5.13)$$

Значення фізичних властивостей місцели знаходимо за наступними формулами.

Концентрація олії в місцелі $\alpha_m = 0,25$. Тоді мольна частка олії в місцелі [11]:

$$x_m = \frac{\frac{\alpha_m}{M_M}}{\frac{\alpha_m}{M_M} + \left(\frac{1 - \alpha_m}{M_{екс}} \right)} = \frac{\frac{0,25}{280}}{\frac{0,25}{280} + \left(\frac{1 - 0,25}{85} \right)} = 0,092. \quad (5.14)$$

де $M_{екс} = 85 \frac{кг}{кмоль}$ – мольна маса екстрагента [11];

$M_M = 280 \frac{кг}{кмоль}$ – мольна маса ріпакової олії [11].

Густина місцели:

$$\rho_M = \rho_{екс} \cdot (1 - x_m) + \rho_{ол} \cdot x_m = 1325 \cdot (1 - 0,092) + 917,4 \cdot 0,092 = 1287,5 \frac{кг}{м^3}. \quad (5.15)$$

$$lg \mu_M = x_m \cdot lg \mu_{ол} + (1 - x_m) \cdot lg \mu_{екс} = 0,092 \cdot (-1,16) + 0,908 \cdot (-3,8) = -3,6. \quad (5.16)$$

Отже, $\mu_M = 2,8 \cdot 10^{-4} Па \cdot с$.

$$c_m = \alpha_m \cdot c_{ол} + (1 - \alpha_m) \cdot c_{екс} = 0,25 \cdot 1834 + 0,75 \cdot 1206 = 1363 \frac{Дж}{кг \cdot К}. \quad (5.17)$$

де $c_{екс} = 1206 \frac{Дж}{кг \cdot К}$.

Коефіцієнт теплопровідності місцели знаходимо з рівняння [12]:

$$\frac{\lambda_m - \lambda_{екс}}{\lambda_{ол} - \lambda_{екс}} = \alpha_m^2. \quad (5.18)$$

					БІ-61.09.70843100-10 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		24

$$\lambda_m = \lambda_{екс} + \alpha_m^2 \cdot (\lambda_{ол} - \lambda_{екс}) = 0,1523 + 0,125 \cdot (0,169 - 0,1523) = 0,154 \frac{Вт}{м \cdot К} \quad (5.19)$$

$$v_m = \frac{\mu_m}{\rho_m} = \frac{2,8 \cdot 10^{-4}}{1287,5} = 2,17 \cdot 10^{-7} \frac{м^2}{с} \quad (5.20)$$

де $\mu_m = 2,8 \cdot 10^{-4} Па \cdot с$, $\rho_m = 1287,5 \frac{кг}{м^3}$.

5.3 Визначення кінцевої температури екстрагенту в процесі роботи ультразвукового генератора

Швидкість місцели в циркуляційній трубі:

$$W_m = \frac{4 \cdot V_m}{\pi \cdot d_{ц\text{вн}}^2} = \frac{4 \cdot 0,005}{\pi \cdot 0,1^2} = 0,64 \frac{м^2}{с} \quad (5.21)$$

Критерій Рейнольдса для місцели [13]:

$$Re = \frac{W_m \cdot d_{ц\text{вн}}}{v_m} = \frac{0,64 \cdot 0,1}{2,1710^{-7}} = 294930,9 \quad (5.22)$$

де, $v_m = 2,17 \cdot 10^{-7} \frac{м^2}{с}$ - коефіцієнт кінематичної в'язкості місцели.

Критерій Прандтля для місцели [13]:

$$Pr_m = \frac{\mu_m \cdot c_m}{\lambda_m} = \frac{2,8 \cdot 10^{-4} \cdot 1363}{0,154} = 2,48 \quad (5.23)$$

де, $c_m = 1363 \frac{Дж}{кг \cdot К}$ - питома теплоємність місцели, $\lambda_m = 0,154 \frac{Вт}{м \cdot К}$ -

коефіцієнт теплопровідності.

Значення критерія Рейнольдса $Re_m > 10000$ режим місцели в циркуляційній трубі турбулентний отже для розрахунку критерія Нусельта використовуємо рівняння [11]:

$$Nu = 0,021 \cdot Re^{0,8} \cdot Pr^{0,43} = 0,021 \cdot 294930,9^{0,8} \cdot 2,48^{0,43} = 737,2 \quad (5.24)$$

					БІ-61.09.70843100-10 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		25

5.4 Визначення тривалості процесу екстракції олії з рослинної сировини

Для визначення коефіцієнту масовіддачі β скористуємося емпіричною формулою, що описує масообмін при русі екстрагента через шар твердих частинок сировини [14]:

$$Nu_D = \frac{\beta \cdot d_{me}}{D_{ек}} \quad (5.30)$$

або

$$\begin{aligned} Nu_D &= 2 + 0,57 \cdot (Ar_D \cdot Pr_D)^{0,25} + 0,35 \cdot (Re \cdot \sqrt{Pr_D})^{0,62} = \\ &= 2 \cdot 0,57 \cdot (1,26 \cdot 10^6 \cdot 803,57)^{0,25} + 0,35 \cdot (386,7 \cdot \sqrt{803,57})^{0,62} = 15,25. \end{aligned} \quad (5.31)$$

де Re – критерій Рейнольдса;

Nu_D – дифузійний критерій Нусельта;

Ar_D – критерій Архімеда;

Pr_D – дифузійний критерій Прандтля [11, 14].

$$Re = \frac{W \cdot d_{me}}{v_{ек}} = \frac{0,03 \cdot 2,9 \cdot 10^{-3}}{2,25 \cdot 10^{-7}} = 386,7. \quad (5.32)$$

$$\begin{aligned} Ar_D &= \frac{g \cdot d_{me}^3}{v_{ек}^2} \cdot \left(\frac{\rho_n - \rho_k}{\rho_{ек}} \right) = \\ &= \frac{9,81 \cdot (2,9 \cdot 10^{-3})^3}{(2,25 \cdot 10^{-7})^2} \cdot \left(\frac{1288 - 927}{1352} \right) = 1,26 \cdot 10^6. \end{aligned} \quad (5.33)$$

$$Pr_D = \frac{v_{ек}}{D_{ек}} = \frac{2,25 \cdot 10^{-7}}{0,28 \cdot 10^{-9}} = 803,57. \quad (5.34)$$

де $d_{me} = 2,9 \cdot 10^{-3}$ – еквівалентний діаметр частинок сировини;

$W = 0,03 \frac{M}{c}$ – середня швидкість екстрагента через шар частинок сировини;

$\rho_n = 1288 \frac{K\Gamma}{M^3}$ – густина екстрагента в стані насичення олією;

					БІ-61.09.70843100-10 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		27

5.5 Розрахунок обичайки, навантаженої внутрішнім тиском

Робочий тиск за вихідними даними: $P_R = 0,2 \text{ МПа}$, робоча температура $t^\circ = 25^\circ \text{C}$. Визначаємо розрахунковий об'єм обичайки та обираємо радіус і висоту:

$$V_n = V_p \times 0,75 \rightarrow V_p = V_n / 0,75 = 4 / 0,75 \approx 5,3 \text{ м}^3 \quad (5.40)$$

$$V = \pi r^2 h_{об} \rightarrow V = 73 \rightarrow \pi r^2 = V / h = 1,54. \quad (5.41)$$

Радіус r обираємо з ГОСТ 9617-76: $r = 0,7 \text{ м}$, $D = 1,4 \text{ м}$ тоді $h_{об} = 6000 \text{ мм}$, тоді висота стовпа рідини в обичайці $h_p = V_n / (\pi r^2) = 2,6 \text{ м}$. Визначаємо гідростатичний тиск:

$$P_z = \rho g h_p = 1200 \times 9,81 \times 2,6 = 30607,2 \text{ Па} = 0,031 \text{ МПа}. \quad (5.42)$$

$$\frac{P_z}{P_R} = \frac{0,031}{0,2} = 0,155 > 0,05. \quad (5.43)$$

$$\text{Отже, } P_{роб} = 0,2 + 0,155 = 0,355 \text{ МПа}. \quad (5.44)$$

Обираємо матеріал Сталь 12Х18Н10Т, допустиме напруження якого при $t^\circ = 25^\circ \text{C}$, дорівнює $[\sigma_{25}] = 183 \text{ МПа}$ [15].

Визначаємо розрахункову товщину стінки [16]:

$$S_R = \frac{P_R \cdot D}{2 \cdot [\sigma] \cdot \varphi - P_R} = \frac{0,355 \cdot 1,4}{2 \cdot 1 \cdot 183 - 0,355} = 1,4 \cdot 10^{-3} \text{ м}. \quad (5.45)$$

Виконавча товщина стінки (обираємо найближче більше число в стандартизованому ряді):

$$S = S_R + C = 14 + (1 + 0,5 + 0,2 + C4) = 16 \text{ мм}. \quad (5.46)$$

$C_1 = 1 \text{ мм}$ – прибавка на корозію та ерозію матеріалу.

$C_2 = 0,5 \text{ мм}$ – прибавка, що враховує мінусовий допуск при виготовленні листового прокату.

$C_3 = 0,2 \text{ мм}$ – прибавка на стоншення внаслідок технологічних операцій.

					БІ-61.09.70843100-10 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		29

$C_4 = S - (S_R + C_1 + C_2 + C_3) = 0,3\text{мм}$ – прибавка, яка враховує округлення до більшого стандартного числа в ряді величин.

Визначаємо допустимий тиск:

$$[P] = \frac{2 \cdot \varphi \cdot [\sigma] \cdot (S - C)}{D + (S - C)} = \frac{2 \cdot 1 \cdot 183 \cdot 10^6 \cdot (0.016 - 0.002)}{1,4 + (0.016 - 0.002)} = 3,6 \text{ МПа} \quad (5.47)$$

$$P = 0,355 \text{ МПа} < [P] = 3,6 \text{ МПа}.$$

Перевірка на умову тонкостінності [16]:

$$\text{a) } \frac{(S - C)}{D} = 0,01 \leq 0.1$$

$$\text{b) } P_R = 0,355 \text{ Па} < 10 \text{ Па}$$

$$\text{c) } \frac{\varphi \cdot [\sigma]}{P_R} = 515,5 > 5.5.$$

Умови міцності виконуються. Отже, апарат з даними параметрами витримає задані навантаження. Нема необхідності його додатково укріплювати, задані технологічні умови є цілком безпечні для нього.

					БІ-61.09.70843100-10 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		30

5.6 Розрахунок фланцевого з'єднання

обичайки екстрактора

Фланцеве з'єднання – нерухоме рознімне з'єднання оболонки, герметичність якого забезпечується шляхом стискання ущільнювальних поверхонь безпосередньо одна з одною або за допомогою розміщених між ними прокладок із більш м'якого матеріалу, стиснених деталями кріплення.

Вихідні дані:

- внутрішній діаметр обичайки $D = 1.4 \text{ м.}$;
- товщина стінки обичайки $s = 16 \cdot 10^{-3} \text{ м.}$;
- прибавка до розрахункової товщини стінки $c = 2 \cdot 10^{-3} \text{ м.}$;
- внутрішній тиск $P = 0.2 \text{ МПа.}$;
- температура в апараті $t = 30^\circ\text{C.}$;
- матеріал фланців – сталь 12Х18Н10Т;
- матеріал болтів – сталь 35Х.

Зовнішня вигинаюча сила та згинальний момент відсутні.

При заданому внутрішньому діаметрі, та внутрішньому тиску обираємо плоскі приварні фланці з гладкою ущільнюючою поверхнею [17].

Проведемо конструктивний розрахунок фланця.

Висота втулки фланця:

$$h_g = 0.5 \cdot \sqrt{D \cdot (s_0 - c)} = 0.5 \cdot \sqrt{1.4 \cdot (0.016 - 0.002)} = 0.07 \text{ м.} \quad (5.48)$$

Приймаємо висоту втулки $h_g = 0.07 \text{ м.}$

Діаметр болтової окружності [18]:

$$D_g = D + 2 \cdot (2 \cdot s_0 + d_g + u) = 1.4 + 2 \cdot (2 \cdot 0.016 + 0.02 + 0.004) = 1.45 \text{ м.} \quad (5.49)$$

де $d_g = 0,02 \text{ м}$ – зовнішній діаметр болта при $D = 1.4 \text{ м.}$; $u = 0,004 \text{ м}$ – нормативний зазор.

Зовнішній діаметр фланця:

$$D_z = D_g + a = 1.45 + 0.04 = 1.49 \text{ м,} \quad (5.50)$$

					БІ-61.09.70843100-10 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		31

де $a = 0.04 \text{ м}$ – конструктивна добавка для розміщення шестигранних гайок болта $d_{\phi} = 0,02 \text{ м}$ по діаметру фланця.

Зовнішній діаметр прокладки для плоского фланця:

$$D_{з.н.} = D_{\phi} - e = 1,45 - 0,03 = 1,42 \text{ м}, \quad (5.51)$$

де $e = 0,03 \text{ м}$ – нормативний діаметр для плоскої прокладки.

Середній діаметр прокладки:

$$D_{с.н.} = D_{з.н.} - b = 1,42 - 0,018 = 1,402 \text{ м}, \quad (5.52)$$

де $b = 0,018 \text{ м}$ – ширина плоскої неметалевої прокладки для апарату з діаметром більше 1 метру.

Кількість болтів, яка необхідна для забезпечення герметичності з'єднання [19]:

$$n_{\phi} \geq \frac{\pi D_{\phi}}{t_{\kappa}} = \frac{\pi \cdot 1,45}{0,096} = 47,45, \quad (5.53)$$

де $t_{\kappa} = 4,8 \cdot d_{\phi} = 4,8 \cdot 0,02 = 0,096 \text{ м}$ – рекомендований крок розташування болтів, для апаратів, що працюють під робочим тиском в межах $P \leq 0,03 \text{ МПа}$.
Приймаємо кількість болтів найближчому числу, яке кратне 4. Отже, 48 болтів.

Висота фланця:

$$h_{\phi} \geq \lambda_{\phi} \sqrt{D \cdot s_{ек}} = 0,4 \sqrt{1,4 \cdot 0,016} = 0,059 \text{ м}, \quad (5.54)$$

де λ_{ϕ} – поправочний коефіцієнт для плоских фланців, що працюють під робочим тиском $P = 0,2 \text{ МПа}$;

$s_{ек} = s_o = 0,016 \text{ м}$ – еквівалентна товщина для втулки плоских приварних фланців.

Приймаємо висоту фланця $h_{\phi} = 0,06 \text{ м}$.

Розрахункова довжина болта:

$$l_{\phi} = l_{\phi,o} + 0,28 \cdot d_{\phi} = 0,124 + 0,28 \cdot 0,02 = 0,13 \text{ м}, \quad (5.55)$$

					БІ-61.09.70843100-10 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		32

де $l_{\sigma.o} = 2 \cdot (h_{\phi} + h_n) = 2 \cdot (0,06 + 0,002) = 0,124 \text{ м}$ – відстань між опорними поверхнями головки болта та гайки при товщині прокладки $h_n = 0,002 \text{ м}$.

Рівнодіючого внутрішнього тиску [20]:

$$F_{\sigma} = \frac{P \cdot \pi \cdot D^2}{4} = \frac{0,2 \cdot 10^6 \cdot 3,14 \cdot 1,4^2}{4} = 0,3 \text{ МН}. \quad (5.56)$$

Реакція прокладки:

$$R_n = \pi \cdot D_{c.n.} \cdot b_o \cdot k_{np} \cdot P = 3,14 \cdot 1,402 \cdot 0,018 \cdot 1 \cdot 0,2 \cdot 10^6 = 0,016 \text{ МН} \quad (5.57)$$

де $k_{np} = 1$ – коефіцієнт для ризини з твердістю вище 1.2 МПа;

$b_o = b = 0,018 \text{ м}$ – ефективна ширина прокладки.

Зусилля, що виникає від температурних деформацій:

$$F_t = \frac{y_{\sigma} \cdot n_{\sigma} \cdot f_{\sigma} \cdot E_{\sigma} (\alpha_{\phi} t_{\phi} - \alpha_n t_n)}{y_n + y_{\sigma} + 0,5 y_{\phi} (D_{\sigma} - D_{c.n.})^2} = \frac{3,2 \cdot 10^{-5} \cdot 48 \cdot 2,35 \cdot 10^{-4} \cdot 1,95 \cdot 10^5 \cdot (16,6 \cdot 10^{-6} \cdot 28,8 - 11,2 \cdot 10^{-6} \cdot 28,5)}{1,56 \cdot 10^{-3} + 3,2 \cdot 10^{-5} + 0,5 \cdot 1,9 \cdot (1,464 - 1,504)^2} = 0,0073 \text{ МН}. \quad (5.58)$$

де $\alpha_{\phi} = 16,6 \cdot 10^{-6} \frac{1}{\text{°C}}$ та $\alpha_n = 11,2 \cdot 10^{-6} \frac{1}{\text{°C}}$ - відповідно коефіцієнти лінійного розширення матеріалу фланців (сталь 12Х18Н10Т) та болтів (сталь 35) [20];

$t_{\phi} = 0,96t = 0,96 \cdot 30 = 28,8 \text{°C}$ - розрахункова температура неізольованих фланців;

$t_{\sigma} = 0,95t = 0,95 \cdot 30 = 28,5 \text{°C}$ - розрахункова температура болтів;

$E_{\sigma} = 1,95 \cdot 10^5 \text{ МПа}$ – модуль пружності для болтів зі сталі 35 Х;

$f_{\sigma} = 2,35 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$ – розрахункова площа поперечного перерізу болта віаметром 0,02 метри;

$n_{\sigma} = 48$ – кількість болтів;

$y_{\sigma}, y_n, y_{\phi}$ – піддатливість відповідно болтів, прокладки, фланців.

					БІ-61.09.70843100-10 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		33

$$y_{\delta} = \frac{l_{\delta}}{E_{\delta} f_{\delta} n_{\delta}} = \frac{0,071}{1,95 \cdot 10^5 \cdot 2,35 \cdot 10^{-4} \cdot 48} = 3,23 \cdot 10^{-5} \frac{м}{МН}. \quad (5.59)$$

$$y_n = \frac{h_n}{E_n \cdot \pi \cdot D_{c,n} \cdot b} = \frac{0,002}{16 \cdot 10^6 \pi \cdot 1,402 \cdot 0,018} = 0,0016 \frac{м}{МН} \quad (6.60)$$

де $E_n = 16 МПа$ – модуль пружності для прокладки із ризини з твердістю вище 1.2 МПа [20].

$$y_{\phi} = \frac{[1 - \nu \cdot (1 + 0,9 \lambda'_{\phi})] \psi_2}{h_{\phi}^3 \cdot E} = \frac{[1 - 0,465 \cdot (1 + 0,9 \cdot 0,39)] \cdot 32,1}{0,059^3 \cdot 2 \cdot 10^5} = 3,37 \frac{1}{МН \cdot м}; \quad (5.61)$$

$$\lambda'_{\phi} = \frac{h_{\phi}}{\sqrt{D \cdot s_0}} = \frac{0,059}{\sqrt{1,4 \cdot 0,016}} = 0,39; \quad (5.62)$$

$$\psi_2 = \frac{D_3 + D}{D_3 - D} = \frac{1,49 + 1,4}{1,49 - 1,4} = 32,1; \quad (5.63)$$

$$\nu = \frac{1}{1 + 0,9 \cdot \lambda'_{\phi} \cdot \left(1 + \frac{\psi_1 \cdot h_{\phi}^2}{s_0^2}\right)} = \frac{1}{1 + 0,9 \cdot 0,39 \cdot \left(1 + \frac{0,035 \cdot 0,06^2}{0,016^2}\right)} = \frac{1}{1,52} = 0,66. \quad (5.64)$$

де

$$\psi_1 = 1,28 \cdot \lg\left(\frac{D_3}{D}\right) = 1,28 \cdot \lg\left(\frac{1,49}{1,4}\right) = 0,035; \quad (5.65)$$

$E = 2 \cdot 10^5 МПа$ – модуль пружності для фланця зі сталі 12Х18Н10Т.

Коефіцієнт жорсткості фланцевого з'єднання:

$$k_{жс} = \frac{y_{\delta} + 0,5 y_{\phi} (D_{\delta} - D - s_0)(D_{\delta} - D_{c,n})}{y_n + y_{\delta} + 0,5 y_{\phi} (D_{\delta} - D_{c,n})^2} = \frac{3,23 \cdot 10^{-5} + 0,5 \cdot 3,37 (1,45 - 1,4 - 0,016) \cdot (1,45 - 1,402)}{0,0016 + 3,23 \cdot 10^{-5} + 0,5 \cdot 3,37 \cdot (1,45 - 1,402)^2} = 0,506. \quad (5.66)$$

Болтове навантаження в умовах монтажу до подачі внутрішнього тиску:

$$F_{\sigma 1} = \max \left\{ \begin{array}{l} k_{жс} \cdot F_{\delta} + R_n = 0,506 \cdot 0,3 + 0,01 = 0,17 МН; \\ 0,5 \cdot \pi \cdot D_{c,n} \cdot b_0 \cdot p_{np} = 0,5 \cdot 3,14 \cdot 1,402 \cdot 0,012 \cdot 3 = 0,08 МН \end{array} \right\} = 0,17 МН, \quad (5.67)$$

де $p_{np} = 3 МПа$ – мінімальний тиск обхвату прокладки.

					БІ-61.09.70843100-10 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		34

Болтове навантаження при робочих умовах:

$$F_{\sigma 2} = F_{\sigma 1} + (1 - k_{жс}) \cdot F_{\delta} + F_t = 0.17 + (1 - 0.506) \cdot 0.3 + 0.0073 = 0.296 \text{ МПа.} \quad (5.68)$$

Приведений згинаючий момент:

$$M_0 = \max \left\{ \begin{array}{l} 0.5((D_{\delta} - D_{c,n})F_{\sigma 1} = 0.5(1,45 - 1,402)0.17 = 0.004 \text{ МН} \cdot \text{м}; \\ 0.5[(D_{\delta} - D_{c,n})F_{\sigma 2} + (D_{\delta} - D - s_0)F_{\delta}] \cdot \frac{[\sigma]_{20}}{[\sigma]} = 0.5[(1,45 - 1,402) \cdot 0.296 + (1,45 - 1,4 - 0,016)0.3] \frac{160}{154} = 0.013 \text{ МН} \cdot \text{м}; \end{array} \right. = 0.013 \text{ МН} \cdot \text{м}, \quad (5.67)$$

Де $[\sigma]_{20} = 160 \text{ МПа}$ та $[\sigma] = 154 \text{ МПа}$ – відповідно допустиме напруження для матеріалу фланця при 20°C та при розрахунковій температурі [20].

Проведемо перевірку міцності та герметичності з'єднання [20]. Умова міцності болтів виконується:

$$\frac{F_{\sigma 1}}{n_{\delta} \cdot f_{\delta}} < [\sigma]_{\delta 20}, \frac{0,17 \cdot 10^6}{48 \cdot 2,35 \cdot 10^{-4}} = 15,07 \text{ МПа} < 133 \text{ МПа}, \quad (5.70)$$

$$\frac{F_{\sigma 2}}{n_{\delta} \cdot f_{\delta}} < [\sigma]_{\delta}, \frac{0,296 \cdot 10^6}{48 \cdot 2,35 \cdot 10^{-4}} = 26 \text{ МПа} < 125 \text{ МПа}, \quad (5.71)$$

Де $[\sigma]_{\delta 20} = 133 \text{ МПа}$ та $[\sigma]_{\delta} = 125 \text{ МПа}$ – допустимі напруження для сталевих болтів при температурі 20°C та розрахунковій температурі відповідно.

Умови міцності неметалевої прокладки з резини виконуються:

$$\frac{F_{\sigma \max}}{\pi \cdot D_{c,n} \cdot b} < [p_{np}], \frac{0.296 \cdot 10^6}{3.14 \cdot 1.402 \cdot 0.012} = 5.6 \text{ МПа} < 20 \text{ МПа}, \quad (5.72)$$

де $[p_{np}] = 20 \text{ МПа}$ – допустимий тиск обхвату прокладки з резини твердістю від 1.2 МПа.

$$F_{\sigma \max} = \max \{F_{\sigma 1}, F_{\sigma 2}\} = \max \{0.17; 0.296\} = 0.296 \text{ МПа.} \quad (5.73)$$

$S_1 = S_0$, так як у плоского приварного фланця втулка циліндрична;

					БІ-61.09.70843100-10 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		35

$$f_{\phi} = 1, \text{ так як } \frac{s_1}{s_0} = 1.$$

$$T_{\phi} = \frac{D_3^2 \cdot \left[1 + 8,55 \cdot \lg \frac{D_3}{D} \right] - D^2}{(1,05 \cdot D^2 + 1,945 \cdot D_3^2) \cdot \left(\frac{D_3}{D} - 1 \right)} =$$

$$= \frac{1,49^2 \cdot \left[1 + 8,55 \cdot \lg \frac{1,49}{1,4} \right] - 1,4^2}{(1,05 \cdot 1,4^2 + 1,945 \cdot 1,49^2) \cdot \left(\frac{1,49}{1,4} - 1 \right)} = 0,55. \quad (5.74)$$

Напруження на втулці від внутрішнього тиску:

- тангенційне:

$$\sigma_1 = \frac{P \cdot D}{2 \cdot (s_0 - c)} = \frac{0,2 \cdot 10^6 \cdot 1,4}{2(0,016 - 0,002)} = 10 \text{ МПа}; \quad (5.75)$$

- радіальне:

$$\sigma_m = \frac{P \cdot D}{4 \cdot (s_0 - c)} = \frac{0,2 \cdot 10^6 \cdot 1,4}{4(0,016 - 0,002)} = 5 \text{ МПа}; \quad (5.76)$$

Умова міцності для перерізу, що обмежений розміром

$s = 0,016 \text{ м}$ виконується:

$$\sqrt{(\sigma_0 + \sigma_m)^2 + \sigma_t^2} - (\sigma_0 + \sigma_m) \cdot \sigma_t < \phi[\sigma]_0 \quad (5.77)$$

$[\sigma_0] = 0,003 \cdot E = 0,003 \cdot 2 \cdot 10^5 = 600 \text{ МПа}$ – допустиме напруження у фланці.

$$\sqrt{(372 + 5)^2 + 100} - (372 + 5) \cdot 10 = 372 \text{ МПа} < 0,9 \cdot 600 = 540 \text{ МПа}. \quad (5.78)$$

Кільцеве напруження у кільці фланця:

$$\sigma_k = \frac{M_0 \cdot \left[1 - \nu \cdot (1 + 0,9 \cdot \lambda'_{\phi}) \right] \cdot \psi_2}{D \cdot h_{\phi}^2} =$$

$$= \frac{0,013 \cdot \left[1 - 0,66 \cdot (1 + 0,9 \cdot 0,39) \right] \cdot 32,1}{1,4 \cdot 0,059^2} = 9,28 \text{ МПа}. \quad (5.79)$$

Умова герметичності фланцевого з'єднання виконується:

$$\Theta = \frac{\sigma_k}{E} \cdot \frac{D}{h_{\phi}} < [\Theta];$$

									Арк.	
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат	БІ-61.09.70843100-10 ПЗ					36

де $\nu_1 = 0,3$ коефіцієнт, що являє собою відношення місцевих мембранних напружень до місцевих напружень вигину;

ν_2 – коефіцієнт, що враховує ступінь навантаження загальними мембранними напруженнями:

$$\nu_2 = \frac{K_m \cdot \sigma_m}{n_T \cdot [\sigma] \cdot \phi} = \frac{0.45 \cdot 10}{1.5 \cdot 153 \cdot 10^6 \cdot 1} = 0.02; \quad (5.85)$$

де σ_m – загальне мембранне напруження;

$[\sigma] = 153 \text{ МПа}$ – допустиме напруження для сталі 12Х18Н10Т [18];

$$\sigma_m = \frac{P \cdot D}{2 \cdot (S - c)} = \frac{0.2 \cdot 10^6 \cdot 1.4}{2 \cdot (0.016 - 0.002)} = 10 \text{ МПа}. \quad (5.86)$$

Умова несучої спроможності:

$$F < [F]$$

$$2666.6 \text{ Н} < 1349500 \text{ Н}.$$

Умова несучої спроможності виконується.

					БІ-61.09.70843100-10 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		38

6. Комп'ютерне моделювання

У програмному забезпеченні «Solidworks» було побудовано 3D-модель екстрактора та проведено аналіз основних конструктивних елементів в пакеті «Simulation». У даній програмі було змодельовано апарат відповідно до реальних розмірів та матеріалів.

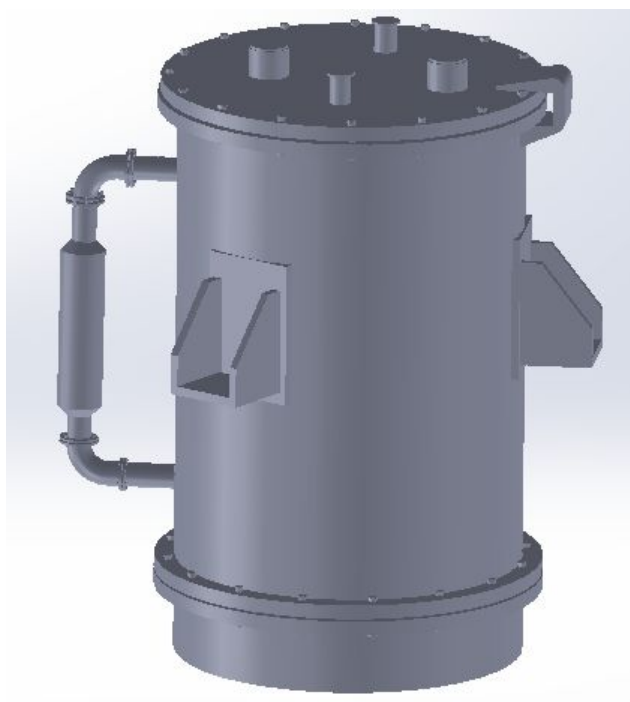


Рис. 6.1. 3D-модель екстрактора

					БІ-61.09.70843100-10 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		39

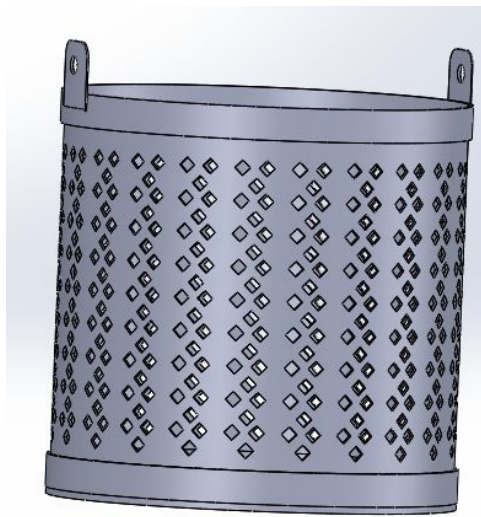


Рис. 6.2 Корзина

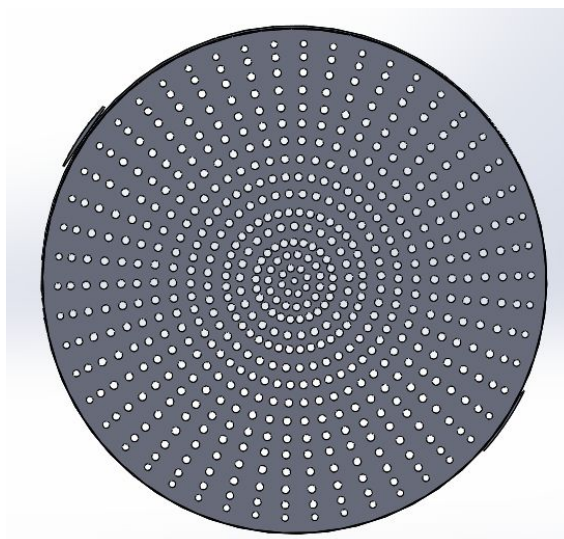


Рис. 6.3 Перфорований диск корзини

					БІ-61.09.70843100-10 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		40

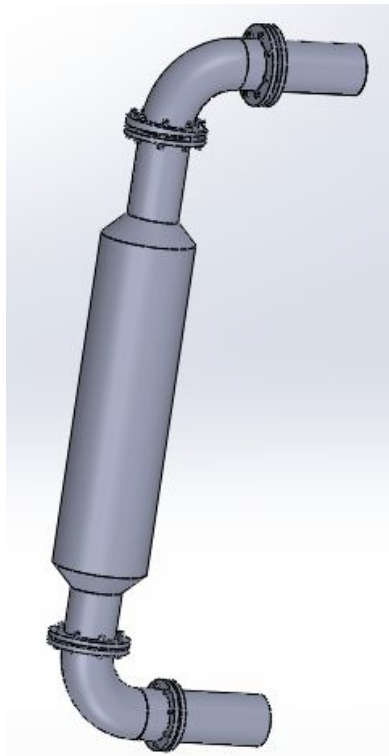
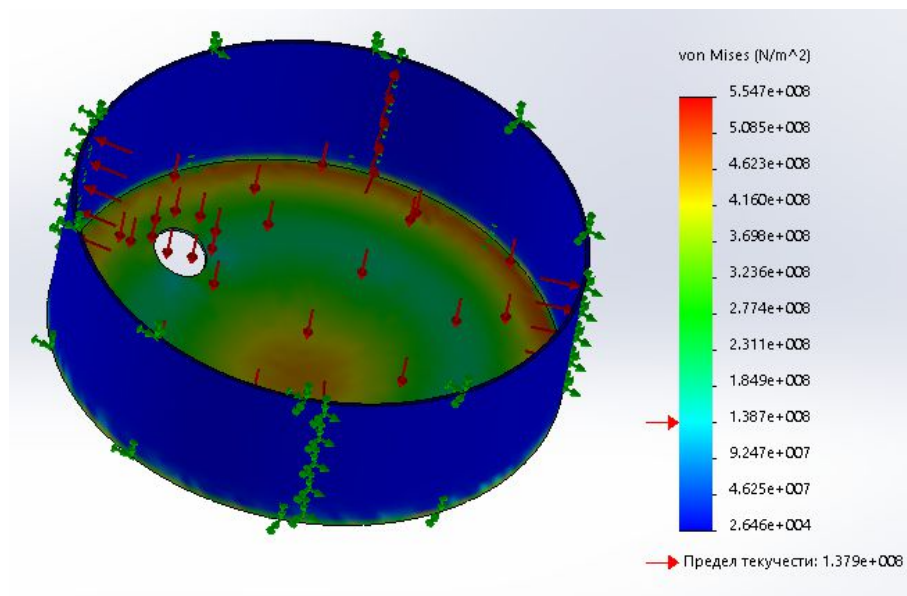


Рис. 6.4. Виносний теплообмінний елемент

Наведені епюри напружень і деформацій (проводиться дослідження на міцність і стійкість за заданим тиском $P=0.2 \text{ МПа} = 200000 \text{ Н/м}^2$).



Рим. 6.5. Днище, епюра напружень

					БІ-61.09.70843100-10 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		41

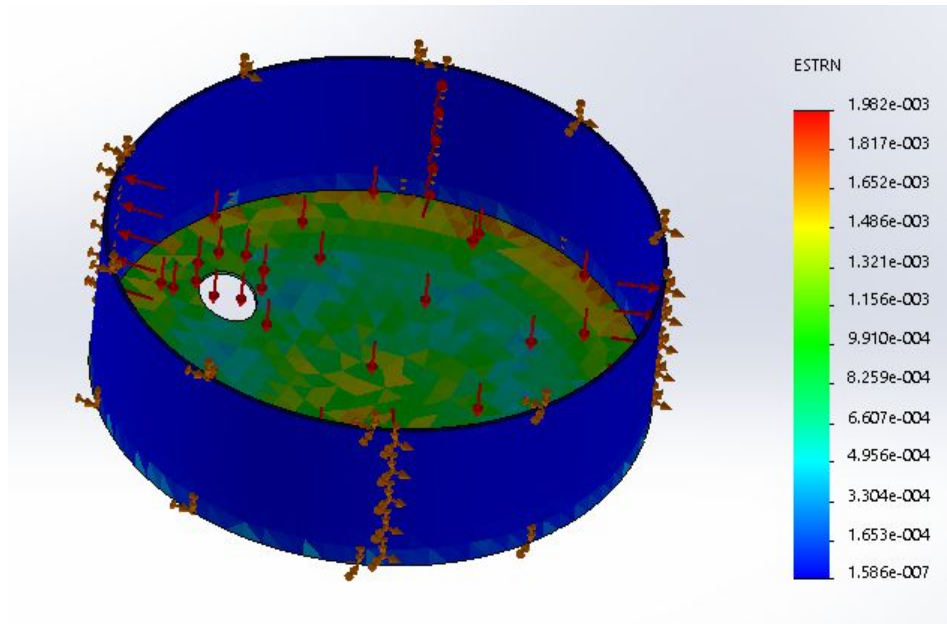


Рис. 6.6. Днище, епюра деформацій

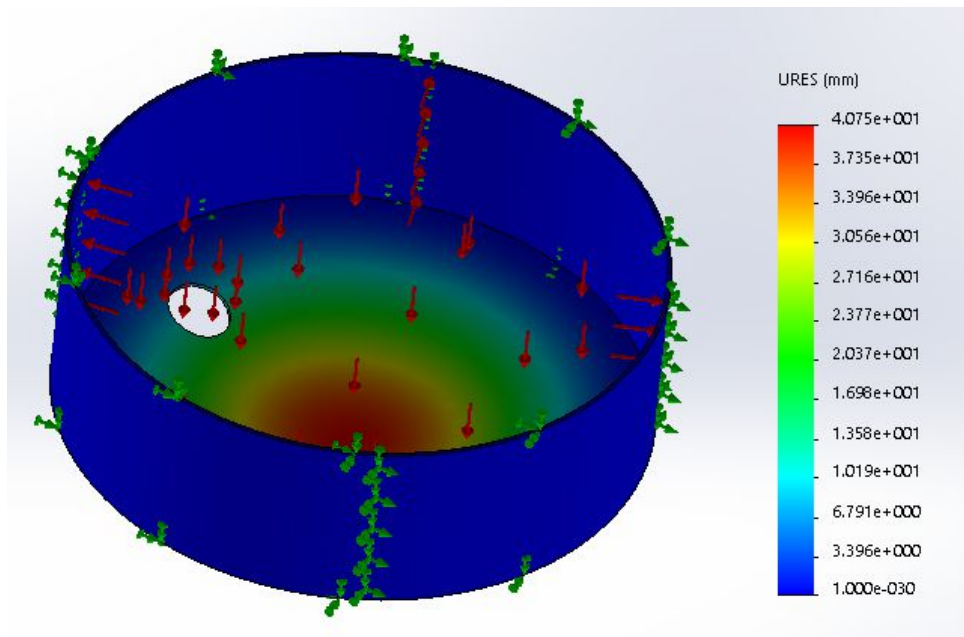


Рис. 6.7 Днище, епюра переміщень

					БІ-61.09.70843100-10 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		42

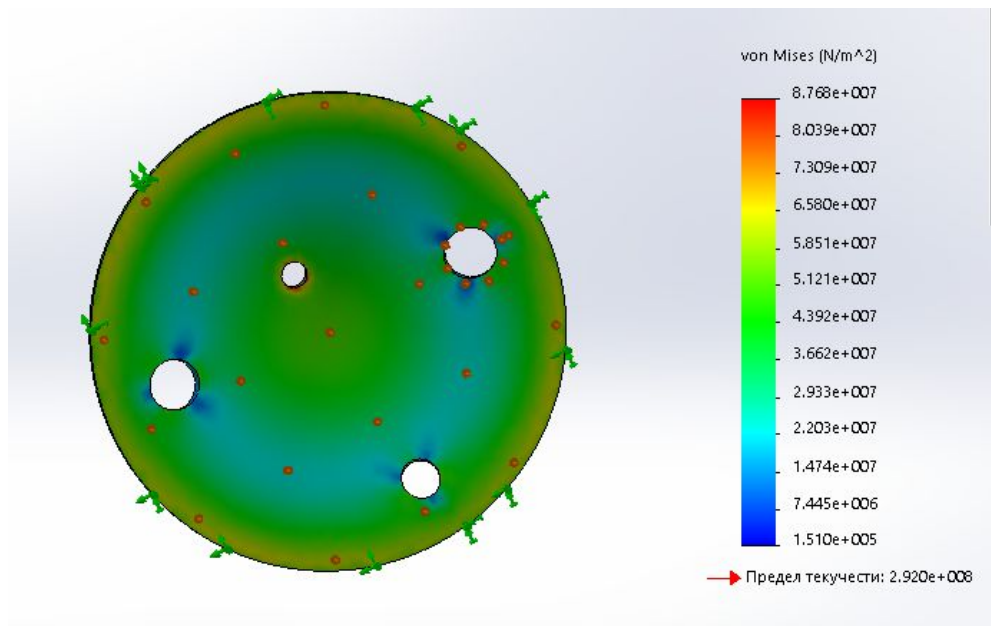


Рис. 6.8. Кришка, епюра напружень

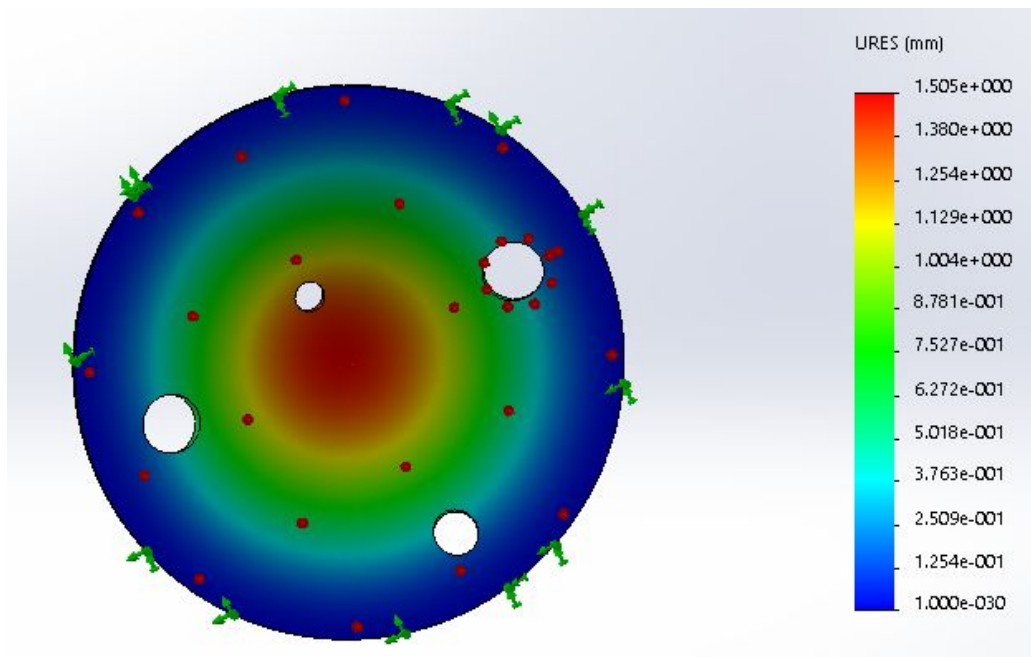


Рис. 6.9. Кришка, епюра переміщень

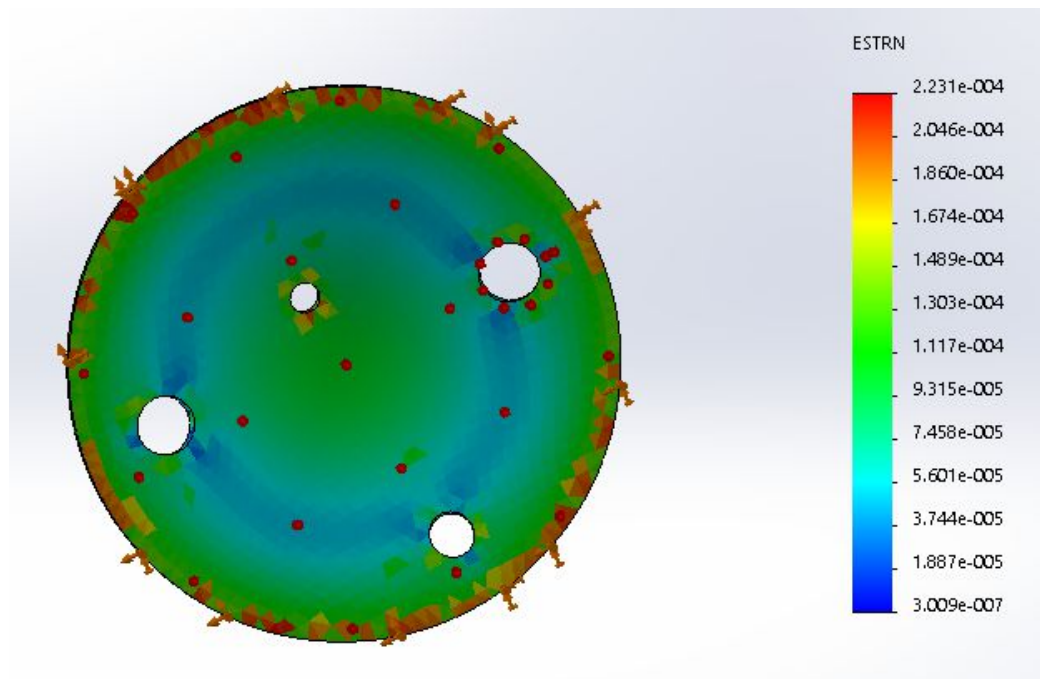


Рис. 6. 10. Кришка, епюра деформацій

6.1 Аналіз результатів моделювання

На рисунку 6.5 зображена епюра напружень днища. Максимальне напруження досягається в червоній зоні і становить $5.547 \cdot 10^8$ Н/м². Мінімальне напруження можемо спостерігати в синіх зонах, воно становить $3.009 \cdot 10^7$ Н/м².

На рисунку 6.6 зображена епюра деформацій днища. Максимальне значення становить 0,002 мм, а мінімальне $1,586 \cdot 10^{-7}$.

Рисунок 6.7 представляє епюру переміщень днища. Максимальне переміщення досягається в червоних зонах і становить 40.75 мм, мінімальне (сині зони) дорівнює 0.001 мм.

На рисунку 6.8 показана епюра напружень кришки. Максимальне напруження знаходиться в червоних зонах і становить $8.768 \cdot 10^7$ Н/м², мінімальне становить $1,510 \cdot 10^5$ Н/м². Ми можемо спостерігати його в синіх зонах епюри.

					<i>БІ-61.09.70843100-10 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		44

На рисунку 6.9 зображено епюру переміщень кришки. Максимальне переміщення дорівнює 1.5 мм, мінімальне становить 0.001 мм.

На рисунку 6.10 зображено епюру деформацій кришки. Максимальна деформація (червоні зони) 0.0002 мм, мінімальна становить $3 \cdot 10^{-7}$ мм.

Отже, за допомогою програмного забезпечення «Solidworks» було побудовано модель акустичного екстрактора, а саме створено 3D-моделі кришки, днища, корзини, перфорованого диска корзини та виносного теплообмінного елемента. Було проведено дослідження конструктивних елементів апарату, а саме (днища та кришки). Дослідження показали, що елементи витримують задане навантаження (деформації заданих елементів знаходяться в допустимих нормах).

					БІ-61.09.70843100-10 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		45

7. Рекомендації по монтажу і експлуатації

Складальні роботи з монтажу полягають в установці апаратів на металоконструкції, установці і приєднання допоміжного устаткування, приєднання трубопроводів, деталей вузлів підведення і відводу продуктів, установці приладів теплового контролю й автоматичного регулювання. Також у процесі монтажу усуваються дефекти конструкції і виготовлення апаратури. Одночасно здійснюється налагодження роботи апарата з метою підготовки до експлуатації. [22]

Перелік операцій зборки:

- установка корпусу апарата на металоконструкцію;
- установка внутрішніх елементів апарату;
- приєднання всіх трубопроводів;
- установка арматури і контрольно-вимірювальних приладів;
- герметизація місць з'єднання апарата;
- приєднання допоміжних пристроїв;
- установка огорожень;
- випробування апарата на герметичність;
- за необхідністю встановлюється теплоізоляція;
- здача установки в експлуатацію.

Підготовка апарата до експлуатації повинна включати перевірку витрат теплоносіїв, їх температур, тиск в апараті і трубопроводі. Необхідно забезпечити легке та надійне управління технологічним процесом.

Для отримання правильного експлуатаційного режиму установки необхідні [20]:

- справність і безперебійність роботи устаткування;
- високий рівень кваліфікації обслуговуючого персоналу;
- забезпечення необхідними видами енергії і раціональна її витрата.

					БІ-61.09.70843100-10 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		46

8. Охорона праці

Охорона праці – система законодавчих актів, соціально-економічних, технічних, гігієнічних та організаційних заходів, що забезпечують безпечні для життя та здоров'я робітників умови праці. [23]

Конституція України, Закони про працю, Закон України про охорону праці, спеціальні правила та норми здійснюють контроль охорони праці. Профсоюзні комітети вимагають від адміністрації виконання норм і правил організації безпечних умов праці.

8.1 Небезпечні та шкідливі виробничі фактори

Отримання рослинної за допомогою циркуляційно-акустичного екстрактора має ряд небезпечних і шкідливих виробничих факторів. Вони в свою чергу можуть негативно впливати на безпеку і здоров'я людей, які обслуговують дані апарати.

Екстрактор працює на електричній енергії. Саме через це велика кількість травм може бути пов'язана з ураженням електричним струмом (це призводить до паралічу органів дихання і кровообігу чи пошкодження зовнішніх частин тіла, таких як опіки). Також небезпечним фактором являється пожежонебезпека – якщо не дотримуватися правил безпеки, то рослинна олія може спалахувати.

Такі нормативні документи, як Закон України „Про охорону праці”, „Типового положення про навчання з питань охорони праці”, інструкцій по охороні праці і т.д., організовують роботу по охороні праці на виробництві.

8.2 Аналіз стану охорони праці та виробничого травматизму

Інженер з охорони праці, який є на кожному підприємстві, очолює службу охорони праці. На практиці він здійснює контроль дотримання вимог охорони праці, проводить вступні інструктажі, а також здійснює навчання працівників і спеціалістів. Інженер з охорони праці звісно має вищу освіту,

					БІ-61.09.70843100-10 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		47

дана посада йде на ряду з керівником основних інженерно-технічних служб.

На підприємстві директор являється відповідальним за стан охорони праці, а на виробничих дільницях це робить їх керівник.

У кожному підрозділі повинен бути журнал реєстрації інструктажів з охорони праці. Даний документ регулярно заповнюється у відповідності з проведенням інструктажів. На кожному підприємстві проводяться наступні інструктажі: вступний, первинний на робочому місці, повторний, позаплановий, цільовий. Раз на шість місяців проводиться повторний інструктаж, якщо роботи з підвищеною небезпекою – раз на три місяці. На підприємстві повинна існувати діюча комісія, яка проводить навчання з працівниками (раз на рік), які виконують роботу з підвищеною небезпекою.

На підприємствах по виробництві рослинної олії нещасні випадки не часто явище. Це пов'язано з малою чисельністю персоналу і задовільним станом охорони праці. Затрати на охорону праці не великі. При запланованих витратах на охорону праці, згідно з чинним законодавством, що становить 0,5% від суми реалізованої продукції витрачається 0,4%-0,3%.

8.3 Вимоги безпеки при виробництві соняшникової олії та виробнича санітарія

Всі працівники, які виконують заплановані види роботи повинні дотримуватися правил та положень, які затверджені інженером по вимогам безпеки та головним інженером підприємства, а саме: [24]

- до роботи, ремонту та технічного обслуговування допускаються особи, які досягли 18 років. Вони повинні пройти навчання, інструктаж по вимогам безпеки, про проходження повинен бути зроблений запис в журналі обліку інструктажу по вимогам безпеки;

- необхідно щоденно візуально перевіряти справність контуру заземлення;

- електродвигун вмикається через апарат теплового захисту;

					<i>БІ-61.09.70843100-10 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		48

- всі роботи по обслуговування та усуненню несправностей циркуляційно-акустичного екстрактора проводяться при непрацюючому апараті при вимкненому двигуні;

- щоб не отримати термічний опік, забороняється брати руками за елементи конструкції та підставляти руки під стікаючу олію;

- запобігати розтіканню олії;

- у разі, якщо не можливо припинити подачу електроенергії, то допускається розрив електричних ланцюгів особам, які в захисних окулярах, діелектричних рукавицях та в гумовому взутті або стоять на ізоляційній підставці;

- усі захисні засоби, що приводяться в експлуатацію, підлягають перевірці, а потім періодично проводяться випробування на напругу (її величина не менше ніж в три рази перевищує робочу напругу мережі);

- не можна проводити роботу по ремонту та монтажу обладнання, якщо воно знаходиться в піднятому стані;

- перевірку заземлення проводять не рідше ніж один раз на рік. Перевірки чергуються: один рік – влітку, при найбільшому просиханні ґрунту, другий рік – взимку, при максимальному промерзанні ґрунту;

- до навантажувально-розвантажувальних робіт допускаються особи з 18 років, які пройшли медичне обстеження. Якщо мова йде про завантаження, розвантаження чи переміщення важких та громіздких вантажів, то ці операції необхідно здійснювати під керівництвом спеціально визначеної особи.

					БІ-61.09.70843100-10 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		49

Висновки

У ході виконання даного дипломного проєкту було здійснено опис технологічного процес екстракції олії з рослинної сировини. Наведені основні характеристики ріпакової олії. Також спроектовано апаратурну схему лінії виробництва ріпакової олії, описано основні стадії процесу.

На основі дослідження літературних джерел виявили, що для інтенсифікації процесу екстракції олії з рослинної сировини використовуються різні фізичні фактори, але найбільш актуальним є ультразвук.

Спроекували обрану конструкцію циркуляційно-акустичного екстрактора об'ємом $5,3 \text{ м}^3$, діаметром 1.4 м.

Провели необхідні розрахунки, які підтверджують працездатність даного апарату, а саме тепловий розрахунок, розрахунок на міцність та основних конструктивних елементів. Усі умови міцності виконуються.

За допомогою програмного забезпечення «Solidworks» було побудовано модель акустичного екстрактора, а саме створено 3D-моделі кришки, днища, корзини, перфорованого диска корзини та виносного теплообмінного елементу. Було проведено дослідження конструктивних елементів апарату, а саме (днища та кришки). Дослідження показали, що елементи витримують задане навантаження (деформації заданих елементів знаходяться в допустимих нормах).

У даній роботі надано необхідні рекомендації по монтажу та експлуатації обладнання. А також наведенні основні вимоги до охорони праці при виготовленні рослинних олій.

					БІ-61.09.70843100-10 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		50

Список використаної літератури

1. Белобородов В.В. Основные процессы производства растительных масел / В. В. Белобородов. – Москва: Пищевая промышленность, 1966. – 478 с.

2. Методы интенсификации технологических процессов экстрагирования биологически активных веществ из растительного сырья / Г. В. Жматкова, А. Н. Нефёдов, А. С. Гордеев, А. Б. Килимник. // Вестник ТГТУ. – 2005. – С. 701–707.

3. Karachun V. Research of influence of ultrasound on the extraction of vegetable oil / V. Karachun, L. Ruzhindka, Zh. Ostapenko. // Technology Audit and Production Reserve. – 2019. – №1. – С. 33–35.

4. Choice of solvent extraction technique affects fatty acid composition of pistachio (*Pistacia vera* L.) oil / [A. Abdolshahi, M. Maid, J. Rad and all]. // Journal of Food Science and Technology Vol. 52. – 2013. – P. 2422–2427.

5. Новицкий Б. Г. Применение акустических колебаний в химико-технологических процессах / Б. Г. Новицкий. – Москва: Химия, 1983. – 192 с.

6. Owolarafe O. K. Mathematical modelling and simulation of the hydraulic expression of oil from oil palm fruit / O. K. Owolarafe. // Biosystems Engineering 101. – 2008. – С. 331–340.

7. Патент на корисну модель МПК (2017.01), B01D 11/02. Вібраційно- акустичний екстрактор / Мельник В.М., Андрук М.М., Ружинська Л.І. № u 2018 02722 – Заявл. 19.03.2018.

8. Електронний ресурс <http://wjournal.com.ua/rapsove-maslo-korisni-vlastivosti.html>

9. Оборудование перерабатывающих производств. Растительное сырье / А. А. Курочкин, Г. В. Шабурова, С. В. Байкин, О. Н. Кухарев. – Москва: Издательство Юрайт, 2018. – 446 с. – (2-е изд.)

					БІ-61.09.70843100-10 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		51

10. Патент на корисну модель МПК (2018.01) B01D 11/02
Циркуляційно- акустичний екстрактор / Мельник В.М., Ружинська Л.І.,
Остапенко Ж.І. № u201807271_2 – Заявл. 27.06.2018
11. Павлов К. Ф. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии / К. Ф. Павлов, П. Г. Романков, В. Н. Носков. – Л.: Химия, 1987. – 576 с.
12. Рид Р. Свойства газов и жидкостей. Справочное пособие / Д. Праусниц, Т. Шервуд, перевод с англ.-Л.: Химия, 1982. – 592 с.
13. ГОСТ 10007-80. Фторопласт-4. Технические условия
14. Дытнерский Ю. И. Процессы и аппараты химической технологии: учеб. в 2-х частях / Ю. И. Дытнерский. – М.: Химия, 1995.
15. ГОСТ Р 52857.1-2007. Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на прочность. Общие требования
16. ГОСТ 14249-89 Сосуды и аппараты. Нормы и методы расчета на Прочность
17. Барвін О. І. Конструювання і розрахунок сталевих зварних посудин та апаратів. Фланцеві з'єднання: навч. посібник / О. І. Барвін, І. М. Генекіна, В. В.153 Іванченко. – Луганськ: Східноукраїнський університет імені Володимира Даля, 2007. – 306 с.
18. Дытнерский Ю. И. Процессы и аппараты химической технологии. Учебник для вузов в 2-х книгах: часть 2. Массообменные процессы и аппараты /Ю. И. Дытнерский. – М.: Химия, 2002. – 400 с. – (3).
19. Коптева В.Б. Фланцевые соединения: конструкции, размеры, расчёт на прочность: методические указания / В.Б. Коптева, А.А. Коптев. – Тамбов: Издательство ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2011. – 24 с.
20. Вязлов, Р.Й. Процеси і апарати мікробіологічної та фармацевтичної промисловості / Ю.І. Сидоров, Р.Й. Влязло, В.П. Новіков — Львів: «Інтелект-Захід», 2008. — 736 с.

					<i>БІ-61.09.70843100-10 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		52

21. Методы интенсификации технологических процессов экстрагирования биологически активных веществ из растительного сырья / Г. В. Жматкова, А. Н. Нефёдов, А. С. Гордеев, А. Б. Килимник. // Вестник ТГТУ. – 2005. – С. 701–707.

22. Бельбас, І.В. Монтаж, діагностика та ремонт обладнання. Навчальний посібник [Текст] / І.В. Бельбас – Дніпродзержинськ : ДДТУ, 2009. — 248 с.

23. В. Г. Грибан, О.В. Негодченко «Охорона праці».

24. Правила безпеки для олійно-жирового виробництва, затверджені наказом Державного комітету України по нагляду за охороною праці від 22 квітня 1997 р. № 99.

					БІ-61.09.70843100-10 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		53

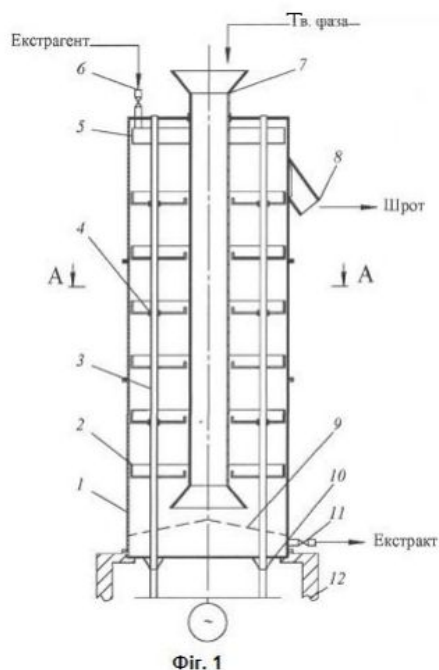


Рис. 7.3 Вібраційний екстрактор

Патент UA 97751 U описує екстрактор безперервної дії системи «тверде тіло-рідина». Даний екстрактор, що містить вертикальний корпус, фільтр та магнетрони, розташовані рівномірно по висоті корпусу, відрізняється тим, що корпус виконано у вигляді каскаду резонаторних камер з магнетронами, при цьому дно кожної вищої камери сполучене з верхньою поверхнею нижчої камери за допомогою шлюзових каналів, які утворюють шахту для переміщення в ній за допомогою домкрата касет із сировиною, при цьому кожна касета має вхідний отвір в кришці і вихідний патрубок на дні касети, який розміщено в протилежній від вхідного отвору стороні, на дні кожної касети розміщено фільтр, касети, патрубки і фільтри, виконані з радіопрозорого матеріалу, вхідний отвір верхньої касети сполучається з патрубком для подачі екстрагенту, а вихідний патрубок нижньої касети розташований в зоні накопичення екстракту.

Патент UA 131241 U представляє модель циркуляційно-акустичного екстрактора. Циркуляційно-акустичний екстрактор (рис 7.4), який містить

					БІ-61.09.70843100-10 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		56

циліндричний корпус з плоским днищем і кришкою, штуцери для підведення екстрагенту та виведення екстракту, контейнер, який виконаний з нижнього і верхнього кілець і циліндричних внутрішньої і зовнішньої сіток і встановлений на решітці, який відрізняється тим, що на кришці екстрактора закріплений генератор ультразвукових коливань, а зовні корпусу встановлена циркуляційна труба з кожухом і штуцерами для підведення і відведення теплоносія.

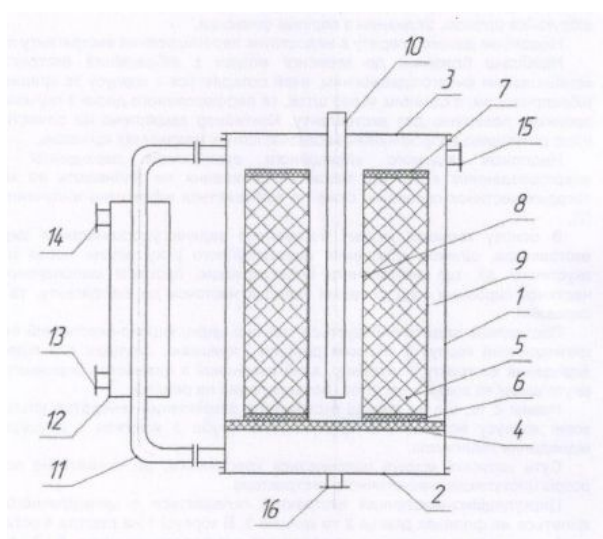


Рис. 7.4 Циркуляційно-акустичний екстрактор

Патент UA 99379 U представляє екстрактор, що містить корпус з патрубками для вводу компонентів та відводу готового продукту, перемішувач активуючий робочий орган, електродвигун для приводу перемішувача активуючого органу, який відрізняється тим, що корпус додатково містить або вакуумний патрубок, або перетинки зі звуженими каналами, що встановлені в корпусі, або принаймні один магніт. Магніт встановлений на зовні корпусу, на рівні перетинок зі звуженими каналами. Він встановлюється з можливістю обхвату корпусу. Магніт є постійним.

					БІ-61.09.70843100-10 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		57

Патент СА 2217330 представляє апаратуру (рис 7.5) для екстракції олії з харчових продуктів. Винахід відноситься до агрегату для вилучення олії з продуктів рослинного походження, зокрема такого як насіння. Їжа не пошкоджується у зазначеному пристрої, який розподіляє приправу особливо гомогенно і містить щонайменше одну витяжку, бункер та сушильний пристрій.

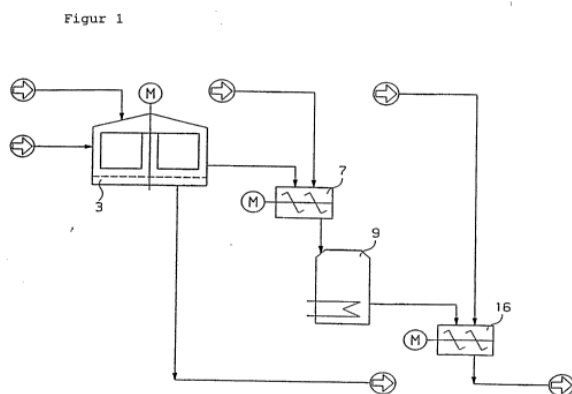


Рис. 7.5 Апаратура для екстракції олії з харчових продуктів

Патент СА 2475259 зображає апарат (екстрактор), який відноситься до витяжки з ковпаком для вилучення або очищення носія, зокрема повітря, яке забруднене твердими речовинами, такими як пил, дим тощо, або рідкими речовинами, такими як вода, жир, олія.