

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Криворізький національний університет
Навчально-науковий інститут економіки і торгівлі
імені Михайла Туган-Барановського
Кафедра загальноінженерних дисциплін та обладнання

ДОПУСКАЮ ДО ЗАХИСТУ
Гарант освітньої програми
«Обладнання переробних і харчових
виробництв»

_____ Цвіркун Л.О.
«___» _____ 2026 року

**ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ**

на здобуття ступеня вищої освіти «Бакалавр»
зі спеціальності 133 «Галузеве машинобудування»
за освітньою програмою «Обладнання переробних і харчових виробництв»

на тему: **«УДОСКОНАЛЕННЯ ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ОТРИМАННЯ
МЕДУ»**

Виконав:

здобувач вищої освіти Мариненко Михайло Миколайович _____
(прізвище, ім'я, по-батькові) (підпис)

Керівник:

зав.каф., к.т.н., доцент, Омельченко О.В. _____
(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали) (підпис)

Засвідчую, що у кваліфікаційній
роботі немає запозичень з праць інших
авторів без відповідних посилань

Здобувач вищої освіти _____
(підпис)

Кривий Ріг
2026

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Криворізький національний університет
Навчально-науковий інститут економіки і торгівлі
імені Михайла Туган-Барановського
Кафедра загальноінженерних дисциплін та обладнання

Форма здобуття вищої освіти заочна
Ступінь бакалавр
Галузь знань Механічна інженерія
Освітня програма Обладнання переробних і харчових виробництв

ЗАТВЕРДЖУЮ:
Гарант освітньої програми «Обладнання
переробних і харчових виробництв»
Цвіркун Л.О.
« » 2026 року

З А В Д А Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА ВИЩОЇ ОСВІТИ

Мариненко Михайлу Миколайовичу
(прізвище, ім'я, по-батькові)

1. Тема кваліфікаційної роботи: «Удосконалення обладнання для отримання меду»

Керівник роботи к.т.н., доцент, Омельченко О.В.
(науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

Затверджено: наказом ректора Криворізького національного університету від
«28» січня 2026 р. № 22-с.

2. Строк подання здобувачем ВО роботи « 15 » травня 2026 р.

3. Вихідні дані до роботи:

1. Технічна документація до устаткування.
2. Монографії, наукові статті, автореферати дисертацій, тези доповідей на наукові конференції.
3. Навчальна і методична література, інформація мережі Інтернет.

4. Зміст пояснювальної записки:

1. Вступ.
2. Аналіз обладнання для отримання меду.
3. Оптимізація механізму центрифугування та фільтрування меду.
4. Аналіз результатів досліджень.
5. Висновки.

6. Список використаних джерел.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень):

Обладнання для видобутку меду.

Конструкція автоматичної радіальної центрифуги.

Оптимізація механізму центрифугування та фільтрування.

6. Дата видачі завдання «30» січня 2026 р.

7. Календарний план

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи
1	Вступ	31.01.2026-15.02.2026
2	Аналіз обладнання для отримання меду	16.02.2026-08.03.2026
3	Оптимізація механізму центрифугування та фільтрування меду	09.03.2026-05.04.2026
4	Аналіз результатів досліджень	06.04.2026-26.04.2026
5	Висновки по роботі	27.05.2026-10.05.2026
6	Оформлення роботи і подання до захисту	11.05.2026-15.05.2026

Здобувач вищої освіти

(підпис)

Мариненко М.М.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Омельченко О.В.

(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Обсяг і структура бакалаврської роботи. Повний обсяг бакалаврської роботи – 50 сторінок, в тому числі основного тексту – 47 сторінки. Робота містить 9 рисунків, 6 таблиць. Список використаних джерел складається з 54 найменувань.

Об'єкт роботи – радіальна центрифуга для меду.

Предмет роботи – процес отримання меду.

Мета роботи – удосконалення обладнання для отримання меду.

У роботі зазначено, що бджолиний мед з давніх часів споживався людьми як корисний для здоров'я продукт через велику кількість поживних речовин і природних вітамінів, які він містить. Через це з'являлися різні методи та механізми, які покращують процес отримання меду.

Центрифугування – це процес механічного розділення при якому компоненти суміші можуть бути розділені залежно від їхньої різниці в густині шляхом піддавання їх центробіжній силі. Існуючі центрифужні екстрактори для меду бувають радіальні або тангенціальні залежно від того, як розташовані рамки зі стільниками всередині екстрактора.

Запропоновано конструкцію автоматичної радіальної центрифуги з декантацийним блоком для процесів видобутку та фільтрації меду. Оптимізовано конструкцію механізму обертання радіальної центрифуги для меду, що включає:

- збільшення діаметра ротора, бо чим більший радіус, тим більша відцентрована сила при менших обертах;

- регульований кут нахилу, а саме стільники розташовані під невеликим кутом до радіуса, що сприятиме покращенню виходу меду з нижньої частини обладнання;

- оптимізацію кількості секторів (перехід від 24 до 36 рамок) у тому ж об'ємі бака за рахунок використання тонших але міцніших матеріалів для касет.

Запропоновано декантацийний блок (очищення) за допомогою якого можливо фільтрувати мед швидко, не пошкоджуючи фізичні властивості сировини. Він містить дві стадії очищення і є ефективніший під час фільтрування меду, оскільки економить час і водночас прискорює виробництво. З центрифуги мед потрапляє в декантацийний бак і проходить перший фільтр, який відфільтровує домішки, такі як залишки сот або пилок. Фільтр розташований між виходом з центрифуги та входом у декантувальний бак. Фільтрація проводиться у два етапи: первинна фільтрація через сито 0,05 мм, а потім потрапляє на другу фільтрацію через сита 0,03 мм, які виготовлено зі нержавіючої сталі, яка придатна для обробки харчових продуктів. Далі мед після першої стадії очищення потрапляє резервуар для меду, де він відстоюється і надалі проходить через низку інших, більш дрібніших фільтрів, які підготують мед до розливу.

Здійснено дослідження кольорових та кислотних показників різних видів меду (акацієвий, липовий, гречаний). Кислотність знаходиться в межах від 3,8 до 4,0, а кольорові показники згідно національної шкали варіюють від 1 до 114 мм.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: центрифугування, фільтрація, радіальна центрифуга.

					ННІЕТ КНУ.133.зГМБ-22.2026.ПЗ	Арк.
						4
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ЗМІСТ

ВСТУП	6
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ОТРИМАННЯ МЕДУ	7
1.1 Процеси розділення: фільтрація та центрифугування	7
1.2 Види центрифужних машин	12
1.3 Механізми центрифугування меду	16
РОЗДІЛ 2. ОПТИМІЗАЦІЯ МЕХАНІЗМУ ЦЕНТРИФУГУВАННЯ ТА ФІЛЬТРУВАННЯ МЕДУ	21
2.1 Система екстракції меду	21
2.2 Система фільтрації меду	29
2.3 Система контролю	30
РОЗДІЛ 3. АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕНЬ	36
3.1 Фізичні властивості меду	36
3.2 Дослідження кольорових параметрів меду	39
ВИСНОВКИ	42
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	44
ДОДАТКИ	47

					ННІЕТ КНУ.133.зГМБ-22.2026.ПЗ						
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							
Розроб.		Мариненко			Удосконалення обладнання для отримання меду			Лім.	Арк.	Аркуші	
Перевір.		Омельченко								5	1
								ННІЕТ КНУ Кафедра ЗІДО			
Н. Контр.		Омельченко									
Затверд.		Цвіркун									

ВСТУП

Актуальність роботи. У роботі зазначено, що бджолиний мед з давніх часів споживався людьми як корисний для здоров'я продукт через велику кількість поживних речовин і природних вітамінів, які він містить. Через це з'являлися різні методи та механізми, які покращують процес отримання меду.

Мета та задачі дослідження. Удосконалення обладнання для отримання меду.

Практична та наукова новизна. Центрифугування – це процес механічного розділення при якому компоненти суміші можуть бути розділені залежно від їхньої різниці в густині шляхом піддавання їх центробіжній силі. Існуючі центрифужні екстрактори для меду бувають радіальні або тангенційні залежно від того, як розташовані рамки зі стільниками всередині екстрактора.

Запропоновано конструкцію автоматичної радіальної центрифуги з декантаційним блоком для процесів видобутку та фільтрації меду. Оптимізовано конструкцію механізму обертання радіальної центрифуги для меду, що включає:

- збільшення діаметра ротора, бо чим більший радіус, тим більша відцентрована сила при менших обертах;

- регульований кут нахилу, а саме стільники розташовані під невеликим кутом до радіуса, що сприятиме покращенню виходу меду з нижньої частини обладнання;

- оптимізацію кількості секторів (перехід від 24 до 36 рамок) у тому ж об'ємі бака за рахунок використання тонших але міцніших матеріалів для касет.

Запропоновано декантаційний блок (очищення) за допомогою якого можливо фільтрувати мед швидко, не пошкоджуючи фізичні властивості сировини. Максимальна температура, яку мед досягатиме у декантаційному блоці, становитиме 45°C. Він містить дві стадії очищення і є ефективніший під час фільтрування меду, оскільки економить час і водночас прискорює виробництво. З центрифуги мед потрапляє в декантаційний бак і проходить перший фільтр, який відфільтровує домішки, такі як залишки сот або пиліок. Фільтр розташований між виходом з центрифуги та входом у декантувальний бак. Фільтрація проводиться у два етапи: первинна фільтрація через сито 0,05 мм, а потім потрапляє на другу фільтрацію через сита 0,03 мм, які виготовлено зі нержавіючої сталі, яка придатна для обробки харчових продуктів. Далі мед після першої стадії очищення потрапляє резервуар для меду, де він відстоюється і надалі проходить через низку інших, більш дрібніших фільтрів, які підготують мед до розливу.

Здійснено дослідження кольорових та кислотних показників різних видів меду (акацієвий, липовий, гречаний). Кислотність знаходиться в межах від 3,8 до 4,0, а кольорові показники згідно національної шкали варіюють від 1 до 114 мм

					ННІЕТ КНУ.133.зГМБ-22.2026.ПЗ		
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Удосконалення обладнання для отримання меду		
Розроб.		Мариненко					
Перевір.		Омельченко					
Н. Контр.		Омельченко					
Затверд.		Цвіркун					
					Літ.	Арк.	Аркуші
						6	1
					ННІЕТ КНУ Кафедра ЗІДО		

РОЗДІЛ 1

АНАЛІЗ ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ОТРИМАННЯ МЕДУ

1.1 Процеси розділення: фільтрація та центрифугування

Двома методами розділення є фільтрація та центрифугування, які використовуються для ізоляції бажаного компонента від суміші. Явище масопереносу, яке перетворює суміш компонентів на дві або більше різних часток з суміші. Розділення сумішей залежить від відмінностей у хімічних або фізичних властивостях, таких як маса, густина, розмір, форма або хімічна спорідненість, між компонентами суміші. Техніки розділення часто класифікують за конкретними відмінностями, які вони використовують для досягнення розділення. Фільтрація та центрифугування – це найпоширеніші методи розділення, які базуються виключно на фізичному русі бажаних частинок. Ключова відмінність між фільтрацією та центрифугуванням полягає у міцності та використаному методі [1-3, 30]. Фільтрація часто використовує техніку просіювання для фільтрації/видалення забруднень або небажаних матеріалів за допомогою сили тяжіння. Цього можна досягти за допомогою фізичних бар'єрів, таких як мембрани або фільтри. Центрифугування використовує відцентрову силу для розділення бажаних сполук і частинок на основі молекулярної маси. Для розділення використовується центрифуга. Найщільніші сполуки переносяться за межі центрифуги і можуть бути видалені.

Розділення є технологією, яка дозволяє перетворити суміш речовин у різні фази, які можуть бути рідкі/рідкі, тверді/тверді або газ/газ, сумісні або несумісні. Найбільш поширеними є фільтрація та центрифугування. Центрифугування та фільтрація – це обидва методи розділення, які використовуються в різних промислових процесах. Центрифугування передбачає обертання суміші на високих швидкостях, змушуючи щільніші компоненти рухатися до зовнішнього краю, тоді як легші компоненти залишаються ближче до центру. Цей метод ефективний для відокремлення твердих частинок від рідин або для розділення різних компонентів суміші за їхньою густиною [3, 17]. Фільтрація передбачає пропускання суміші через пористий матеріал, такий як фільтруючий папір або мембрану, що дозволяє рідині або меншим частинкам проходити, утримуючи більші частинки або тверді тіла. Фільтрація зазвичай використовується для відокремлення твердих речовин від рідин або для видалення домішок із розчину. Хоча обидва методи ефективні для розділення, центрифугування більше підходить для більших масштабів розділення та для речовин з різною щільністю, тоді як фільтрація частіше застосовується для менших масштабів розділення та для речовин з різними розмірами частинок.

Центрифугування та фільтрація є методами для розділення сумішей за

					ННІЕТ КНУ.133.зГМБ-22.2026.ПЗ								
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата									
Розроб.		Мариненко			Удосконалення обладнання для отримання меду				Літ.	Арк.	Аркушів		
Перевір.		Омельченко									7	14	
Н. Контр.		Омельченко							ННІЕТ КНУ Кафедра ЗІДО				
Затверд.		Цвіркун											

їхніми фізичними властивостями. Хоча центрифугування забезпечує швидку обробку та здатність працювати з великими об'ємами, фільтрація забезпечує точне розділення залежно від розміру частинок і більше підходить для делікатних зразків. Вибір між центрифугуванням і фільтрацією залежить від конкретних вимог застосування, включно з бажаним механізмом розділення, об'ємом зразка, діапазоном розмірів частинок та необхідною ефективністю розділення. Обидва методи спрямовані на розділення компонентів, проте вони різняться механізмами, застосуваннями та ефективністю. Характеристика процесів розділення наведена в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Характеристика процесів розділення [16, 17]

Показники	Центрифугування	Фільтрація
Процес	Техніка розділення, яка використовує відцентрову силу для відокремлення частинок від рідини або суміші	Техніка розділення, яка використовує пористий бар'єр для відокремлення частинок від рідини або суміші
Принцип	Базується на різниці густини між частинками та рідким середовищем	Залежить від різниці розмірів між частинками та фільтруючим середовищем
Прикладена сила	Відцентрова сила	Тиск або вакуум
Швидкість	Потрібні високі обертальні швидкості	Не вимагає високих швидкостей
Діапазон	Може розділяти частинки розміром від мікрометрів до субмікронів	Може розділяти частинки розміром від нанометрів до мікрометрів
Ефективність	Висока ефективність розділення	Ефективність залежить від фільтруючого середовища та розміру частинок
Обладнання	Центрифужні машини	Фільтруючі пристрої або системи

Фільтрація – це процес розділення, який дозволяє розділяти компоненти суміші, що має рідку та тверду фазу, через пористий матеріал. Широко використовується технологія в харчовій промисловості. Використання фільтра дозволяє затримувати частинки гетерогенної суміші, які більші за отвори у фільтрі (пористість). Рідина, яка пройшла фільтрацію, називається фільтратом, а те, що затримує фільтр – осадом. Фільтрація – це розділення за діаметром твердих частинок різного розміру, які розсіяні в рідині. Різниця тиску змушує рідину проходити через фільтр, тоді як тверді частинки залишаються на його поверхні. Фільтрація полягає у відокремленні складових рідко-твердих сумішей шляхом проходження через фільтрувальне середовище. Вона значно швидша, ніж седиментація. Існує кілька методів фільтрації [11, 31]:

1. Гравітаційна фільтрація (фільтрація під дією гравітації), де різниця тиску створюється завдяки висоті рідини над фільтром. У цій фільтрації

					ННІЕТ КНУ.133.зГМБ-22.2026.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

спостерігається вільний потік рідини через фільтр. Фільтр (розміщується на воронці з коротким стержнем і широким діаметром). Використовуваний фільтр зазвичай паперовий, пористість якого слід обирати відповідно до гранулометрії фільтрованого твердого матеріалу. Недоліки цього типу фільтрації: повільний процес, важко отримати осад, особливо якщо його небагато.

2. Вакуумна фільтрація, де швидкість фільтрації збільшується за рахунок створення розрідження позаду фільтрувального матеріалу. Вакуумна фільтрація Тип фільтрації забезпечує значно швидшу роботу, ніж фільтрація під дією сили тяжіння, де атмосферний тиск змушує рідину проходити через фільтр. Як обладнання потрібні порцеляновий воронка, фільтрувальний папір та вакуумна колба, підключена до водяного насоса (або помпи), що дозволяє утворити відносний вакуум. Стержень воронки вставляється в пробку, яка підходить до шийки вакуумної колби, боковий отвір якої підключено до водяного насоса або іншого джерела вакууму через товсті гумові трубки.

3. Фільтрація під тиском збільшується при прикладанні тиску до рідини, що фільтрується за допомогою фільтрувальної мембрани.

Фільтрація використовується для розділення бажаних частинок або складових у суміші або суспензії. Залежно від застосування, один або кілька компонентів можна ізолювати за допомогою фільтраційної технології. Метод фізичного розділення, який застосовується для поділу матеріалу різного хімічного складу. Під час фільтрації відокремлення відбувається в одному або кількох перфорованих шарах. Під час фільтрації частинки, які занадто великі, щоб пройти через отвори в перфорованому шарі, утримуються. Потім великі частинки можуть утворювати залишковий або шар осередку на поверхні фільтра, а також блокувати сітку фільтра, запобігаючи проходженню рідинної фази через фільтр. Існує три методи фільтрації, відомі як гаряча, холодна та вакуумна фільтрація [3, 30]:

- гаряча фільтрація – техніка головним чином використовується для відокремлення твердих речовин від гарячого розчину, використовується для запобігання утворенню кристалів у воронці фільтра, які контактують із розчином;

- холодна фільтрація – техніка головним чином використовується для швидкого охолодження розчину, який потрібно кристалізувати, а метод призводить до утворення дуже малих кристалів на відміну від отримання великих кристалів шляхом повільного охолодження розчину до кімнатної температури;

- вакуумна фільтрація – метод переважно використовується для невеликої партії розчину, щоб швидко висушити дрібні кристали та є найефективніша техніка фільтрації порівняно з гарячою та холодною фільтрацією.

Центрифугування – це механічна техніка для розділення, яка передбачає використання відцентрової сили для розділення частинок, що містяться в розчині. Частинки розділяються залежно від їх розміру, форми, щільності та швидкості ротора. Зважені частинки у суміші обертаються на великій швидкості в машині, яка називається центрифугою, щоб відокремити частинки від рідини. Суміш розділяється за допомогою обертання. Центрифугування

					ННІЕТ КНУ.133.зГМБ-22.2026.ПЗ	Арк.
						9
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

використовується для розділення молока, виробництва сиру, контролю целюлози у соках, видобутку ефірної олії та виробництва крохмалю та дріжджів [16]. Центрифугування – це техніка, яка дозволяє розділяти компоненти суміші залежно від їх щільності під дією відцентрової сили. Суміш для розділення може складатися з двох рідких фаз або з твердих часток, що перебувають у суспензії в рідині. Центрифугування використовує високі швидкості обертання, що дозволяє розділяти компоненти різного розміру та маси, що містяться в рідині [1, 2, 11]. Компоненти, що містяться в зразку, піддаються двом силам:

- гравітація – це сила, що діє зверху вниз;
- сила Архімеда – це сила, що діє знизу вгору.

Центрифугування – це процес розділення фаз (рідка-рідка або тверда-рідка), які відрізняються одна від одної своєю густиною з використанням центробіжного прискорення. Центрифугування – метод розділення молекул з різною щільністю шляхом обертання їх у розчині навколо осі (у роторі центрифуги) на високій швидкості. Метод розділення, коли суспендовані частинки в рідині значно малі, щоб їх можна було утримати процесом фільтрування. Тому техніка фільтрації не може бути використана для їх розділення. Більший розмір і щільність частинок сприяють легшій фільтрації цих частинок. На процес центрифугування впливають наступні фактори [16]:

- щільність як розчинника так і розчину;
- відстань на яку переміщуються завислі частинки від свого початкового положення;
- температура середовища та в'язкість середовища;
- швидкість обертання центрифуги.

Існує три методи центрифугування: мікроцентрифуги, високошвидкісні центрифуги та ультрацентрифуги. Мікроцентрифуга часто використовується в наукових дослідженнях для обробки невеликих об'ємів біологічних молекул. Високошвидкісні центрифуги можуть працювати з більшими об'ємами зразків і переважно використовуються у великих промислових застосуваннях. Ультрацентрифугування переважно використовується для наукових цілей, таких як вивчення властивостей біологічних частинок – найефективніший метод розділення порівняно з мікроцентрифугами та високошвидкісними центрифугами [30, 31]. Принцип центрифугування полягає у використанні відцентрового поля для розділення частинок, зважених у рідкому середовищі. Вони поміщаються в ротор центрифуги, коли відбувається осадження зважені речовини в рідині витягуються силою тяжіння. Кожна частинка в зразку піддається дії центробіжної сили під час обертання ротора центрифуги, яка пропорційна швидкості осідання частинки [2, 16]. Швидкість осідання кожної частинки також залежить від фізичних характеристик частинок і в'язкості розчину зразка. Швидкість осідання частинки пропорційна її розміру (молекулярній масі) та різниці між щільністю частинки і щільністю розчину при фіксованій центробіжній силі та в'язкості рідини.

Центрифугування – це процес механічного розділення при якому компоненти суміші можуть бути розділені залежно від їхньої різниці в густині

					ННІЕТ КНУ.133.зГМБ-22.2026.ПЗ	Арк.
						10
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

шляхом піддавання їх центробіжній силі. Суміш, яку потрібно розділити може складатися або з двох рідких фаз, або з твердих частинок, що перебувають у суспензії у рідині. Центрифугування дозволяє розділяти складові частини різного розміру та маси, що містяться в рідині від молекул до цілих клітин. Усі складові частини, що містяться в зразку, піддаються дії гравітації, сили, що діє зверху вниз та силі Архімеда, сили, що діє знизу вгору [1, 31]. За винятком випадків, коли ці дві сили ідеально збалансовані, можна очікувати, що з часом усі складові частини в кінцевому підсумку осідатимуть на дно посудини в якій вони знаходяться (седиментація), або спливатимуть на поверхню. Обертаючи зразок, виникає нова сила – відцентрова сила, яка є прискоренням, що діє радіально назовні від осі обертання (рис. 1.1).

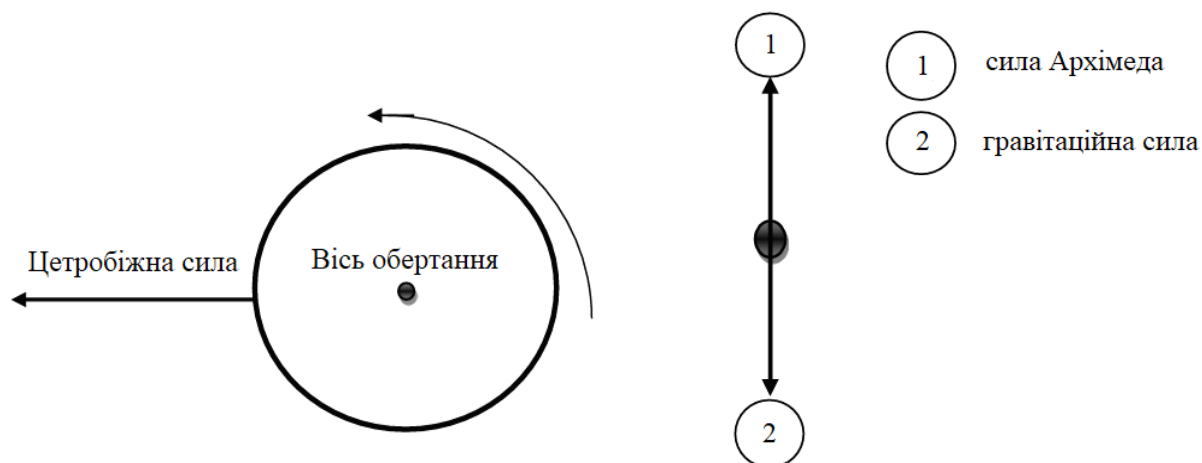


Рисунок 1.1 – Сили у процесі центрифугування

Відмінності між центрифугуванням та фільтрацією наведені в таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 – Відмінності між центрифугуванням та фільтрацією [16, 17]

Фільтрація	Центрифугування
Головна мета фільтрації – досягти бажаного результату шляхом видалення домішок із суміші або ізоляції твердих речовин із неї	Головна мета центрифугування – ізолювати тверді тіла з розчину.
У фільтрації розмір частинок, які потрібно видалити трохи менший	У центрифугуванні розмір частинок, які потрібно виділити набагато менший
Фільтрація використовує фільтрувальні матеріали, такі як фільтрувальний екран або папір	Центрифугування використовує обертову машину, яку називають центрифугою
Фільтрація не використовує центрифугуючу силу, розділяє компоненти за розміром частинок, пропускаючи суміш через пористий бар'єр	Центрифугування використовує відцентрову силу, розділяє компоненти за їхньою густиною та розміром, використовуючи відцентрову силу для індукції осадження

Фільтрація може тривати довше залежно від швидкості потоку та властивостей суміші. Однак фільтрація може бути ефективнішою для певних застосувань, де потрібне точне розділення на основі розміру частинок	Центрифугування зазвичай швидше за фільтрацію, особливо при роботі з великими обсягами зразків. Високі швидкості, які досягнуті при центрифугуванні дозволяють швидко розділяти та обробляти процес
Фільтрація може мати обмеження щодо об'єму зразка через пропускну здатність фільтра та швидкість потоку. Однак фільтрацію можна легко масштабувати, використовуючи більші фільтри або кілька фільтраційних блоків паралельно	Центрифугування добре підходить для обробки великих обсягів зразків, що робить її ідеальною для промислових застосувань
Фільтрація, забезпечує більш точний контроль розділення розміру частинок. Вибір фільтра з певними розмірами пор дозволяє фільтрації досягати тонкого розділення залежно від розміру частинок	Центрифугування може ефективно розділяти частинки від мікрометрів до субмікронного розміру, залежно від типу використаної центрифугування
Фільтрація є більш м'якою технікою, яка не піддає зразок екстремальним навантаженням, що робить його придатним для чутливих зразків	Центрифугування потенційно може пошкодити делікатні зразки, через високі відцентрові сили
Фільтрація вимагати більшої ручної обробки. Однак можна масштабувати, використовуючи кілька фільтраційних блоків паралельно або автоматизовані системи фільтрації.	Центрифугування можна легко автоматизувати та інтегрувати у більші автоматизовані системи, що робить її придатною для високопродуктивних застосувань

1.2 Види центрифужних машин

Центрифугування – процес за допомогою якого можна відокремити тверді речовини від рідин різної щільності за допомогою обертального руху, що створює силу більшу за силу гравітації, що призводить до відокремлення твердих частинок або частинок більшої щільності. Метою центрифугування є відокремлення нерозчинних твердих речовин (дуже дрібних частинок, які важко осідають) від рідини. Для цього застосовується центробіжна сила, завдяки чому частинки будуть прагнути переміщатися через середовище в якому вони знаходяться [6-9]. Метою центрифугування є розділення певних частинок у розчині, де термін частинка включає розчинені речовини та частинки мікроскопічного та макроскопічного розміру, що перебувають у суспендованому стані у рідині.

Центрифужна машина – обладнання основною метою якого є розділення різних компонентів, що присутні у рідині за допомогою центробіжної сили.

Процес відбувається всередині контейнера в обладнанні у якому рідина піддається високій швидкості обертання через різницю щільності між різними компонентами вони розділяються [10]. Апарат обертає зразок для розділення його компонентів або фаз (зазвичай твердої та рідкої) за допомогою відцентрової сили залежно від їх густини. Процес центрифугування зосереджений на русі частинок, що перебувають у підвішеному стані в певній рідині під дією так званої відцентрової сили вони переміщуються від центру обертання. Фундаментальні аспекти, які слід враховувати для цього процесу – це в'язкість і фізичні властивості зразка, відцентрова сила змінюється залежно від радіусу та швидкості обертання. Центробіжна сила – це сила, яка діє, коли описується рух з системи відліку, що обертається, завжди спрямована назовні від кривизни, також вона є тією, що прагне віддалити частинку від осі обертання [4-6]. Центробіжна сила – це сила, яка прагне віддалити об'єкти від центру обертання за допомогою дотичної швидкості, перпендикулярної радіусу при круговому русі. Центробіжна сила є однією з уявних сил, які, здається, діють на об'єкт, коли його рух описується згідно з обертовою системою відліку.

Центробіжна сила виникає, коли аналізується рух об'єкта з неінерційної або прискореної системи відліку, яка описує рівномірний круговий рух. Центробіжна сила буде добутком маси на центробіжне прискорення – це неінерційна система відліку, яка створюється всередині стаціонарного обладнання шляхом введення рідини з високою тангенціальною швидкістю у циліндроподібно-конічну камеру, формуючи вихор значної інтенсивності. Менші одиниці, звані рідинними циклонами, відокремлюють тверді частинки від рідин [6-9]. В обертовому обладнанні створюється значно більша центробіжна сила, ніж у стаціонарному обладнанні (чаші або кошики, що працюють механічно, зазвичай з металу, обертаються всередині стаціонарного корпусу). При обертанні циліндра на високій швидкості виникає значне напруження в стінці циліндра, що обмежує центробіжну силу, яка може створюватися в одиниці певного розміру та конструкційного матеріалу. Дуже інтенсивні сили можна розвинути лише в невеликих центрифугах.

Принцип центрифугування полягає в тому, що коли об'єкт обертається або перебуває в центровому силовому полі на нього діє відцентрова сила через що об'єкт віддаляється від осі обертання або центру силового поля. Ця відцентрова сила є інерційною силою, що виникає через інерцію самого обертового об'єкта. Її величина пропорційна масі об'єкта, квадрату швидкості обертання і обернено пропорційна радіусу обертання [17]. Його суть полягає у використанні відцентрової сили для розділення, вилучення або перекачування речовин. Центрифугування є одним із найуніверсальніших процесів у різних галузях, оскільки дозволяє розділяти, витягувати або перекачувати речовини. Він працює, використовуючи відцентрову силу, створену швидкістю та радіусом обертання об'єкта. Потужна інерційна сила ефективно відводить об'єкти від осі обертання або центру силового поля, що робить її широко застосовним інструментом для багатьох цілей.

Фізичною основою розділення є дія центробіжної сили на частинки під час обертання, яка збільшується зі зростанням радіуса обертового поля та

					ННІЕТ КНУ.133.зГМБ-22.2026.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

швидкості обертання. Швидкість осадження визначається щільністю частинок. Щільні частинки осідають першими, а за ними слідує більші легкі частинки. Залежно від існуючих умов дуже легкі частинки можуть навіть залишатися в підвішеному стані [6, 13-15]. Доцентрова сила тягне об'єкт до центру кругової траєкторії поки об'єкт рухається цією траєкторією з постійною швидкістю. Сила завжди діє перпендикулярно до напрямку руху тіла на яке вона застосовується. У випадку об'єкта, що рухається по круговій траєкторії зі змінною швидкістю, результуючу силу на тіло можна розкласти на перпендикулярну компоненту, що змінює напрямок руху: тангенціальну або паралельну швидкості.

Загалом існують два типи центрифуг для твердо-рідинного розділення, а саме: осаджувальні та фільтрувальні центрифуги. Принцип роботи центрифужних осаджувальних машин базується на різниці щільностей між двома фазами рідина-рідина або тверде тіло-рідина, а також між трьома фазами: тверде тіло-рідина, тверде тіло-рідина-рідина. Тверді частки всередині обладнання схильні до дії відцентрових сил, які змушують частки зміщуватися радіально від осі обертання, осідаючи на твердій стінці посудини [10]. Центрифуга для осадження складається з ємності без отворів всередину якої потрапляє рідина і яка обертається на високих швидкостях. Містить циліндр або конус з суцільною стінкою, що обертається навколо горизонтальної або вертикальної осі.

За допомогою центробіжної сили кільцевий шар рідини фіксованої товщини утримується на стінці. Через те, що ця сила досить велика порівняно з гравітацією поверхня рідини фактично перебуває паралельно осі обертання, незалежно від орієнтації пристрою. Більш щільні фази «занурюються» назовні, а менш щільні фази піднімаються всередину. Важкі частинки накопичуються на стінці і їх необхідно періодично та безперервно видаляти [6, 19]. Різниця в щільності призводить до того, що компоненти з більшою щільністю зміщуються до стінок центрифуги, в той час як менш щільні залишаються в центрі, звідки пізніше вони витягуються. Більш щільний матеріал може залишатися всередині ємності або вивантажуватися безперервно.

Фільтрувальні центрифуги працюють як обертовий барабан, де рідина проходить через стінку під дією відцентрової сили, залишаючи шар з твердих частинок на фільтрувальному середовищі. Швидкість фільтрації збільшується під дією цієї сили та з підвищенням проникності твердого шару. Деякі тверді частки погано фільтруються у центрифугі через деформацію, яку зазнають частки під дією відцентрової сили, через що проникність шару значно знижується. Кількість рідини, що прилипає до твердої речовини після центрифугування залежить від прикладеної відцентрової сили [6, 10]. Принцип роботи фільтрувальних центрифуг заснований на відцентрових силах, що діють на рідину, однак, на відміну від осаджувальних центрифуг, вони не потребують різниці щільностей між різними компонентами, які знаходяться в рідині. Усі фази рідини рухаються центробіжними силами для проходження через фільтр. Рідина проникає через фільтр, тоді як тверді матеріали затримуються утворюючи шар, який з часом також виконує функцію іншого фільтра

					ННІЕТ КНУ.133.ЗГМБ-22.2026.ПЗ	Арк.
						14
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

послідовно. На відміну від центрифужних осаджувальних машин ці лише можуть бути використані для розділення на дві фази: тверду і рідку.

Центрифугування буває різних типів, деякі з основних типів процесу центрифугування включають [16, 20, 21]:

- диференціальне центрифугування;
- центрифугування за градієнтом щільності;
- зональне центрифугування за швидкістю.

Диференційне центрифугування – це тип центрифугування, який використовується найчастіше. Сировину поміщають в центрифугу і обертають при фіксованій температурі та центрифужній силі. Після деякого часу на дні центрифуги утворюється осад у формі осаду та суспензія клітин. Верхній розчин потім переливають у іншу центрифужну трубку і обертають на все більш високих швидкостях [7-9, 16]. Центрифугування за градієнтом густини – метод при якому менші кількості сахарози обережно наносять поверх більш концентрованих розчинів у центрифужних трубках для створення градієнта густини сахарози. У ультрацентрифугах цільові частинки розміщують на верхній частині градієнта і центрифугують. Частинки рухаються через градієнт поки не досягнуть точки, де їх густина дорівнює густині сахарози навколо них. Швидкісна зональна центрифугування – метод при якому розчин має градієнт щільності під час швидкісної зональної центрифугування. Оскільки зразок має вищу щільність, ніж усі шари розчину то він знаходиться зверху. Частинки почнуть сегментуватися через градієнт під дією відцентрової сили. Відповідно до їх розміру, форми та щільності, частинки починають поділятися на окремі зони.

Центрифуга – обладнанням, що використовується для розділення речовин різної щільності в суміші. Вона працює за принципом відцентрової сили, яка створюється обертанням зразків на високих швидкостях [16]:

Завантаження зразка: зразок, який потрібно розділити поміщається у контейнери, які підходять до ротора центрифуги.

Ротор і обертання: ротор – це частина центрифуги, яка утримує пробірки із зразками. Коли центрифуга вмикається, ротор швидко обертається, створюючи відцентрову силу.

Процес розділення: під час обертання ротора відцентрова сила відштовхує більш щільні компоненти зразка назовні, тоді як менш щільні компоненти рухаються до центру. Це розділення відбувається тому, що більш щільні частинки зазнають більшої сили, що змушує їх осідати на дні трубки.

Збір: після центрифугування розділені компоненти можна обережно зібрати з трубок для подальшого аналізу або обробки.

Центрифуги бувають різних розмірів і типів залежно від їх призначення. Деякі поширені типи включають [16, 20]:

- мікроцентрифуги, що використовуються для невеликих об'ємів зразків, зазвичай у мілілітровому діапазоні;
- охолоджувані центрифуги оснащені системами охолодження для підтримки низьких температур під час центрифугування;
- ультрацентрифуги здатні досягати дуже високих швидкостей,

використовуються для розділення дуже дрібних частинок або молекул.

1.3 Механізми центрифугування меду

Центрифугування – це метод, який використовується для розділення компонентів суміші на основі їх розміру, форми та щільності. Воно працює шляхом обертання суміші на високій швидкості в машині, що називається центрифугою, яка створює силу, що називається центробіжною силою, яка виштовхує більш щільні компоненти назовні від центру центрифуги, тоді як менш щільні компоненти виштовхуються всередину [16]. Видобуток меду здійснюється за допомогою механічного процесу із застосуванням операції центрифугування, який полягає в тому, що оператор повинен розташувати попередньо відкриті стільники всередині машини. Резервуар має вертикальні та горизонтальні вали, які за допомогою механічних елементів, таких як шківи, зубчасті колеса, підшипники та мотор, генерують центробіжну силу, яка дозволяє відокремити мед [6]. Центрифугування є більш зручним і ефективним методом покращення екстракції меду, оскільки дозволяє витягнути велику кількість бджолиного меду за короткий час без шкоди для рамок, що збільшує виробництво, оскільки, не пошкоджені рамки можуть повертатися до вуликів, і бджоли більше не потребують відновлення рамок, а повинні лише займатися виробництвом меду.

Видобуток меду є критично важливим процесом, який значно впливає як на якість кінцевого продукту. Мед можна видобувати з сот або рамок, використовуючи як традиційні так і сучасні методи. Традиційні методи видобутку такі як ручне стискання медових сот, зазвичай є маловитратними та простими. Проте ці методи, як правило, дають мед нижчої якості і пов'язані зі зниженою економічною вартістю [29]. На відміну від традиційних методів, сучасні методи видобутку меду були розроблені для підвищення як ефективності так і якості меду. Сучасні медові екстрактори класифікуються на основі кількох критеріїв: джерела живлення, яке може бути електричним або ручним; розташування рамок у кошику, яке може бути тангенціальним або радіальним; та режиму роботи, який включає механічні гвинтові преси, центрифужні системи або вібраційні механізми.

Електричні екстрактори відомі своєю ефективністю та здатністю обробляти великі обсяги меду але вони потребують надійного джерела живлення. Розташування рамок у центрифужних екстракторах може бути тангенціальним або радіальним. Тангенціальні екстрактори тримають рамки горизонтально і потребують ручного перевертання для видобування меду з обох сторін, що може бути трудомістким і менш ефективним [29]. Радіальні екстрактори, з іншого боку, розміщують рамки вертикально і видобувають мед з усіх сторін одночасно, що призводить до більш ефективного видобування. Сучасні екстрактори також працюють через різні механізми: механічні гвинтові преси використовують гвинт для видавлювання меду з сот, центрифужні екстрактори використовують силу обертання для відділення меду, а вібраційні екстрактори застосовують вібрації для полегшення виділення меду. Кожен тип

сучасного екстрактора пропонує свої переваги та обмеження, впливаючи на загальну ефективність та якість процесу видобутку меду.

Існують певні типи механізмів центрифугування, але першими, були недосконалими, бо мали два вали як джерело руху, щоб обертати рамки з медом з метою покращення та збільшення виробництва. Наразі винайдено певні механізми з метою досягнення більш ефективного процесу витягання, тому було доведено, що тип витягання, який дозволив мати високий рівень виробництва та більшу користь є витягання за допомогою відцентрової сили, що дозволяє відокремлювати рідкі компоненти від твердих. Бджолиний мед з давніх часів споживався людьми як корисний для здоров'я продукт через велику кількість поживних речовин і природних вітамінів, які він містить. Бджільництво – це тисячолітня техніка, яка займається доглядом і вирощуванням бджіл, таким чином отримують рамки з медом, що дозволяє правильно видобувати цей продукт. Через це з'явилися різні методи та механізми, які прагнуть покращити процес видобутку [12]:

Пресування (стиснення) – процес видобування є різким, а перевага полягає в тому, що він є швидшим порівняно з іншими способами видобування. Він полягає в розбитті рамок і ручному віджиманні, дозволяючи меду витікати. Потім його поміщають у прес, який має барабан, заповнений отворами, черв'ячний гвинт і маховик, де рамки стискаються, змушуючи мед фільтруватися через отвори і таким чином потрапляти у посудину, яка розташована під ним.

Екстракція центрифугуванням – метод є найпоширенішим для типу процесів екстракції, оскільки завдяки своїм перевагам він не руйнує каркаси і за швидкістю, з якою він це роблять компанії доцільно впроваджувати цей метод, оскільки він економить 60% часу на вилучення.

Видобуток гравітацією – процес, який займає найбільше часу, оскільки він полягає у виборі рамок, потім переходить до процесу зняття кришечок, під час якого витягується весь віск із рамок, потім його кладуть на сітку під якою знаходиться ємність, і під дією гравітації мед починає витікати.

Центрифуга для меду з ручним приводом для видобутку меду, спеціально призначений для вилучення меду з рамкових вуликів. Екстрактор оснащений суцільним осьовим валом із ланцюговою приводною системою встановленою зверху з невеликим зірочкою та підшипником, розташованими як верхні компоненти. Суцільний вал підтримує кошик шестикутної форми, поділений на шість сегментів, який тримає стільники підготовлено до вилучення. Весь механізм поміщений у оцинкований циліндричний контейнер для збору та викачування меду [29]. Оцінка продуктивності екстрактора, проведена при навантаженні 15,00 кг та робочій швидкості 200 об/хв, продемонструвала ефективність вилучення 82,00%. Було зафіксовано, що швидкість вилучення меду збільшувалася зі збільшенням швидкості від 25,00 до 202 об/хв. Однак при подальшому збільшенні швидкості від 202 до 239 об/хв швидкість вилучення вийшла на плато на рівні 9,00 літрів. Це свідчить про те, що хоча більші швидкості спочатку підвищують ефективність вилучення, існує точка, після якої збільшення швидкості не дає додаткових переваг у швидкості вилучення.

					ННІЕТ КНУ.133.зГМБ-22.2026.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

Центрифуга для меду з педальним приводом була розроблена для підвищення ефективності процесу збору меду з рамкових вуликів. Конструкція включає педальний механізм, що покращує операційну ефективність та зручність використання. Медогонка оснащена осьовим суцільним валом із ланцюговою передачею, малим зубчастим колесом та підшипником, розташованими у верхній частині вала [29]. Цей суцільний вал підтримує кошик шестигранної форми, призначений для розміщення зрілих стільників під час відкачування меду. Тестування продуктивності порівнювало медогонку з педальним приводом із традиційною моделлю з ручним приводом. Коли оброблялися стільники середньою вагою 6,60 кг у металевому відерці для відцентрового відкачування, ручна медогонка виробляла в середньому 5,50 кг меду, тоді як медогонка з педальним приводом давала 5,61 кг. Ефективність виробництва медогонки з педальним приводом становила 85,00%, порівняно з 83,30% для моделі з ручним приводом.

Електричний екстрактор призначений для обробки меду з шести рамок одночасно шляхом застосування центробіжної сили. Для оцінки продуктивності машини використовували середню масу стільника 2,45 кг, що дало змогу видобути 1,67 кг меду за 68 секунд [29]. Тривалість віджиму значно впливала на вагу видобутого меду, а також на ефективність і продуктивність машини. Ефективність електричної медогонки була визначена на рівні 68,16%. Універсальність медогонки дозволяє використовувати її в будь-який час доби, незалежно від температури або кліматичних умов, що підвищує її практичність для різних середовищ.

Медові центрифужні машини – це тип машин, який використовує відцентрову силу для відділення меду від воску, щоб потім його зібрати на дні екстрактора, який зазвичай складається з наступних частин: кошик, бак, мотор або ручка. Швидкість обертання є фундаментальною, оскільки якщо її перевищити віск зламається і його не можна буде використовувати повторно. Після цього необхідно відфільтрувати мед для подальшого споживання. Центрифужні медові екстрактори мають круглі барабани з обертовою кліткою всередині, куди вставляють розкриті стільники [4, 5]. Обертальний рух екстрактора відділяє мед від стільника за рахунок центробіжної сили, що дозволяє легко збирати мед без пошкодження стільників. Існуючі центрифужні екстрактори бувають радіальні або тангенційні залежно від того, як розташовані рамки зі стільниками всередині екстрактора. Екстрактори забезпечують чистий мед із мінімальною кількістю домішок. Велика перевага центрифужних медових екстракторів полягає в тому, що мед можна отримати значно швидше, а стільник буде збережено для подальшого використання.

Розглянемо типи механізмів центрифугування бджолиного меду. Класифікуються залежно від розташування підйомника відносно осі обертання, з метою витягнення меду більш простим і швидким способом і поділяються наступним чином [4, 5, 12]:

- радіальна центрифуга;
- тангенціальна центрифуга;
- паралельно-радіальна центрифуга.

					ННІЕТ КНУ.133.зГМБ-22.2026.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

Радіальна центрифуга – екстрактор, який використовують бджоларі, що мають велику кількість вуликів, оскільки мед витягується з обох боків, що скорочує час збору (рис. 1.2). Рамки встановлюються по колу навколо обертової осі. З іншого боку, однією з основних недоліків цієї машини є те, що стільники легко пошкоджуються, якщо віск новий або мед дуже в'язкий, так само мед зазвичай не витягується повністю з комірок воску. В центрифугу розміщують рамки з медом навколо головного вала екстрактора [4, 5, 12]. Найшвидших способів видобування меду з бджіл, що становить один із найкращих типів центрифугування, оскільки рамки не пошкоджуються. Тип видобутку забезпечує 50% рівень корисності, оскільки цей процес видобутку дозволяє обробляти кілька рамок одночасно, але це не означає, що їх догляд кращий, тобто дозволяє центрифугувати кілька рамок за одну зупинку.



Рисунок 1.2 – Радіальна центрифуга

Тангенційна центрифуга – екстрактор, який використовують у випадку розташування рамок всередині резервуара дотичних до циліндра, тобто перпендикулярно до центру обертання (рис. 1.3). У цій центрифугі рамки з медом розміщують перпендикулярно. Переваги цієї центрифуги полягають у мінімізації часу та максимізації виробництва сировини [4, 5, 12]. Метод використовується в пасіках із не надто великим виробництвом меду, одним із аспектів, що тут виділяється, є те, що ці машини мають приблизно на 2% більшу продуктивність порівняно з радіальною центрифугою і нормально працюють з великими рамками. Метод забезпечує 85% корисного виходу за середніх витрат, але дозволяє кращу продуктивність, оскільки рамки не пошкоджуються, як у інших процесах, зменшує час видобутку і, перш за все, відсоток меду, що видобувається з підвищень, є більшим, а втрата сировини мінімальна.

Радіально-паралельна центрифуга. В основному ця машина заснована на поєднанні двох раніше згаданих методів: рамки розташовуються в площині кола перпендикулярно до радіусів, щоб можна було витягти мед з верхньої сторони, необхідно перевертати їх вручну (рис. 1.4). Напіврадіальний екстрактор – цей екстрактор є гібридом між тангенціальним і радіальним, оскільки рами зміщені. Еволюція в технологічному плані, яку зазнала бджільництво за останні роки, була дуже важливою, оскільки були автоматизовані процеси для покращення ефективності, продуктивності та якості кінцевого продукту. Загальна процедура напівавтоматичного

відкачування дозволяє покращити ефективність процесу, зменшити час виробництва та покращити ергономічні умови.

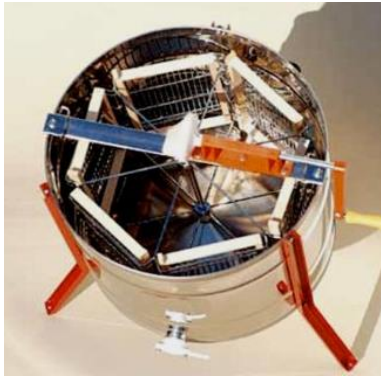


Рисунок 1.3 – Тангенційна центрифуга

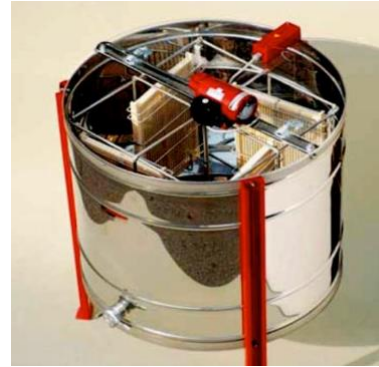


Рисунок 1.4 – Радіально-паралельна центрифуга

На основі вище зазначеного можна вважати, що центрифугування – процес за допомогою якого можна відокремити тверді речовини від рідин різної щільності за допомогою обертального руху, що створює силу більшу за силу гравітації, що призводить до відокремлення твердих частинок або частинок більшої щільності. Метою центрифугування є відокремлення нерозчинних твердих речовин (дуже дрібних частинок, які важко осідають) від рідини. Центрифугування – це процес механічного розділення при якому компоненти суміші можуть бути розділені залежно від їхньої різниці в густині шляхом піддавання їх центробіжній силі.

Зазначено, бджолиний мед з давніх часів споживався людьми як корисний для здоров'я продукт через велику кількість поживних речовин і природних вітамінів, які він містить. Бджільництво – це тисячолітня техніка, яка займається доглядом і вирощуванням бджіл, таким чином отримують рамки з медом, що дозволяє правильно видобувати цей продукт. Через це з'являлися різні методи та механізми, які прагнуть покращити процес видобутку. Медові центрифужні машини – це тип машин, який використовує відцентрову силу для відділення меду від воску, щоб потім його зібрати на дні екстрактора. Існуючі центрифужні екстрактори бувають радіальні або тангенційні залежно від того, як розташовані рамки зі стільниками всередині екстрактора. Екстрактори забезпечують чистий мед із мінімальною кількістю домішок. Велика перевага центрифужних медових екстракторів полягає в тому, що мед можна отримати значно швидше, а стільник буде збережено для подальшого використання.

Здійснено аналіз обладнання для отримання меду:

– радіальна центрифуга – екстрактор, який використовують бджолярі, що мають велику кількість вуликів, оскільки мед витягується з обох боків, що скорочує час збору, коли рамки встановлюються по колу навколо обертової осі;

– тангенційна центрифуга – екстрактор, який використовують у випадку розташування рамок всередині резервуара дотичних до циліндра, тобто перпендикулярно до центру обертання;

– напіврадіальний екстрактор – екстрактор є гібридом між тангенціальним і радіальним, оскільки рами зміщені.

РОЗДІЛ 2

ОПТИМІЗАЦІЯ МЕХАНІЗМУ ЦЕНТРИФУГУВАННЯ ТА ФІЛЬТРУВАННЯ МЕДУ

2.1 Система екстракції меду

Проектування системи екстракції. Процес видобутку меду проводиться за допомогою машини, яка називається «центрифужний екстрактор», де саме процес здійснюється за допомогою відцентрованої сили. Екстрактор меду – це машина, вісь якої може працювати вертикально або горизонтально. У нього вставляють рухомі рамки з сотами, що містять мед. Завдяки відцентрованій силі мед виходить із шестигранних комірок сот, викидається і тече в глибину екстрактора для збору. Обладнання зазвичай об'ємне і має двигун, який відповідає за обертальний рух машини [42]. Основна ідея цього типу екстракторів полягає в тому, щоб обертати рамки з медом із певною швидкістю, так що під впливом відцентрової сили, утвореної швидкістю обертання, мед починає відокремлюватися від рамок. Для оптимального видобутку меду машина повинна працювати певний час, який залежить від кількості рамок, введених в екстрактор. Є багато видів відцентрових екстракторів меду, але їх можна поділити на дві групи: з горизонтальною віссю та з вертикальною віссю. Для проектування системи екстракції меду важливо враховувати кілька теоретичних аспектів, що забезпечують ефективний та результативний процес:

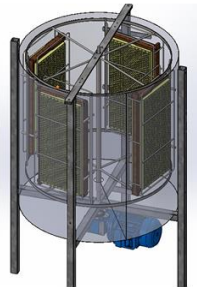
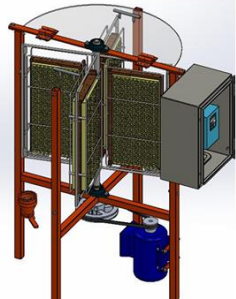
- по-перше, критично важливо обрати відповідну центрифугу, яка відповідає вимогам щодо швидкості та потужності, які необхідні для екстракції меду. Центрифуга повинна бути здатна ефективно відділяти сировину від стільників, тим самим забезпечуючи високу продуктивність процесу екстракції;
- по-друге, ще один важливий аспект є впровадження системи контролю швидкості та часу, яка дозволить налаштовувати ключові параметри під час процесу екстракції, оптимізуючи таким чином ефективність та якість кінцевого продукту.

Переваги та недоліки запропонованих центрифужних медогонок, які було розглянуто для вибору одного з варіантів для удосконалення (тангенціальна та радіальна) наведено в таблиці 2.1. Нижче наведені критерії, які слід враховувати при виборі найкращої альтернативи [35]:

- функціональність, а саме легке увімкнення та вимкнення машини, не повинна ламати стільники під час вилучення;
- потужність вилучення всього меду з розкритих рамок;
- процес виробництва, а саме час виготовлення, без дуже складних механічних деталей;
- обслуговування, бо конструкція має легко обслуговуватися, без дуже складних механізмів.

					ННІЕТ КНУ.133.зГМБ-22.2026.ПЗ							
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата								
Розроб.		Мариненко			Удосконалення обладнання для отримання меду				Лім.	Арк.	Аркуші	
Перевір.		Омельченко									21	15
									ННІЕТ КНУ Кафедра ЗІДО			
Н. Контр.		Омельченко										
Затверд.		Цвіркун										

Таблиця 2.1 – Огляд альтернатив для системи екстракції меду

Критерії функціональності	Тангенціальний екстрактор	Радіальний екстрактор
– функціональність; – потужність видобутку; – виробничий процес; – технічне обслуговування	Використовують у випадку розташування рамок всередині резервуара дотичних до циліндра, тобто перпендикулярно до центру обертання.	Використовують коли рамки встановлюються по колу навколо обертової осі
Переваги		
– функціональність (15%); – потужність видобутку (15%); – виробничий процес (8%); – технічне обслуговування (10%)	Повністю видобувають мед	Висока продуктивність. Може бути автоматизованою
Недоліки		
– функціональність (30%); – потужність видобутку (30%); – виробничий процес (10%); – технічне обслуговування (8%)	Призначені для утримання від двох до чотирьох рамок із медом. Низька продуктивність	Використовується у середніх і великих пасіках
Зображення обладнання для видобутку меду		

З отриманого аналізу видно, що найкращий варіант для збору меду є радіальна центрифуга, бо цей тип екстрактора автоматичний, що дозволяє витягати весь мед із розкритих стільників без особливих зусиль, тим самим зменшуючи час збору та покращуючи виробництво меду. Конструкцію удосконаленої автоматичної радіальної центрифуги та її основні компоненти представлено на рисунку 2.1.

Основні компоненти системи екстракції меду:

- механізм обертання призначений для створення відцентрованої сили, обертаючи ротор з рамками для здійснення вилучення меду відразу з двох сторін стільників за один цикл;

- вал передачі – механічний компонент, який призначений для передачі крутного моменту до механізму обертання;

- система передачі забезпечує передачу потужності від двигуна до механізму обертання;
- екстракційний резервуар призначений для зберігання меду;
- панель управління призначена для контролю та точного налаштування процесу видобутку меду (регулювання швидкості, контроль часу та температури).

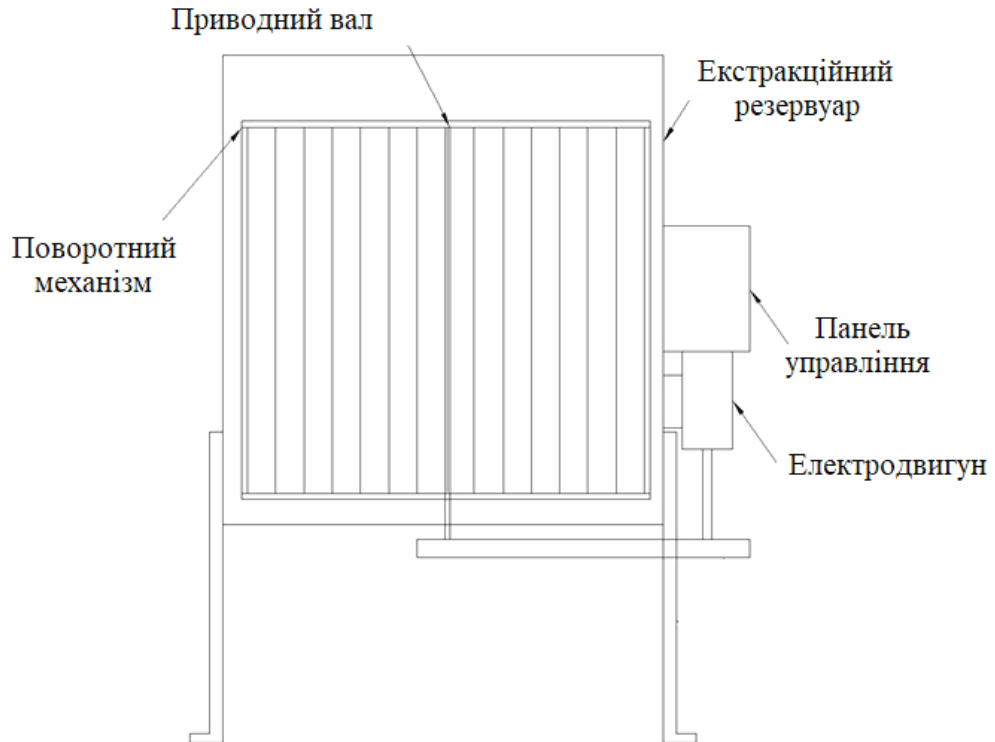


Рисунок 2.1 – Конструкція автоматичної радіальної центрифуги

Розрахунок кількості меду на рамку. З кожної рамки добувають 2-3 літри, тому беремо середнє значення, яке становить 2,5 літра. Щільність меду становить 1420 кг/м³.

Вага меду [35, 36]

$$\delta_m = \frac{m_m}{v_m}$$

$$m_m = \delta_m * v_m$$

$$m_m = 1420 \frac{\text{Kg}}{\text{m}^3} * 0.0025 \text{ m}^3$$

$$m_m = 3.55 \text{ kg}$$

Кожна рамка має вагу 3,55 кг, далі переходять до розрахунку загальної ваги меду для 20 рамок.

					ННІЕТ КНУ.133.зГМБ-22.2026.ПЗ	Арк.
						23
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$m_m = 3.55 \text{ kg} * 20$$

$$m_m = 71 \text{ Kg}$$

$$w_m = m_m * g$$

$$w_m = 71 \text{ Kg} * 9.8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$w_m = 696.51 \text{ N}$$

Механізм обертання радіальної центрифуги для підтримки 71 кг меду було спроектовано за допомогою програми Inventor ми отримали масу механізму обертання та його відповідну інерцію (рис. 2.2).

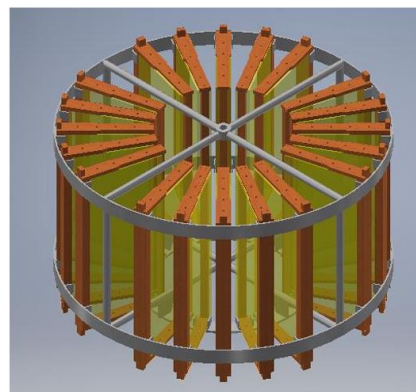
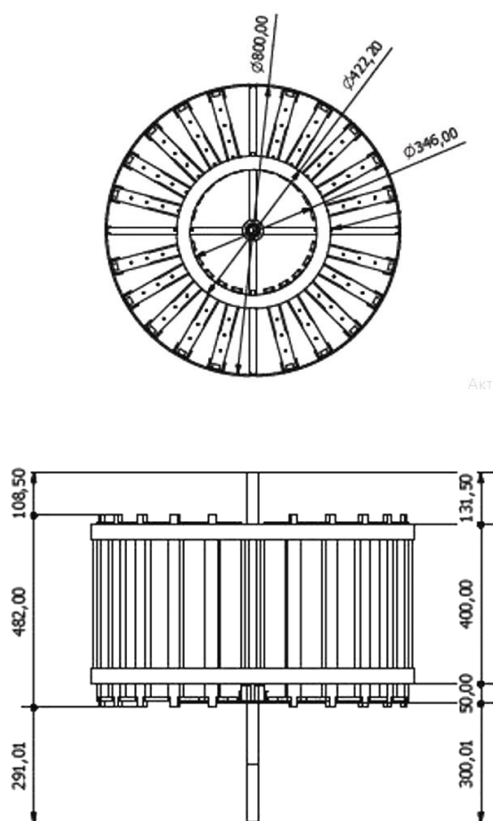


Рисунок 2.2 – Механізм обертання радіальної центрифуги для меду

Розрахунок механізму обертання, а саме маси механізму обертання та його відповідну інерцію [35, 36]

$$I_{\text{mec}} = 9.88 \text{ Kg. m}^2$$

$$m = (m_m + m_{\text{mec}}) = 113.94 \text{ Kg}$$

$$w = (m_m + m_{\text{mec}}) * g$$

					ННІЕТ КНУ.133.зГМБ-22.2026.ПЗ	Арк.
						24
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$w = 113.94 \text{ Kg} * 9.8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}$$

$$w = 1116.6 \text{ N}$$

Оптимізовано конструкцію механізму обертання радіальної центрифуги для меду включає наступні параметри:

1. Збільшення діаметра ротора, бо чим більший радіус, тим більша відцентрована сила при менших обертах. В процесі центрифугування ротор є центральним механічним компонентом, який безпосередньо визначає ефективність розділення. Хоча більше уваги приділяється швидкості обертання або двигуну, саме ротор передає відцентрову силу зразку. Ротор безпосередньо впливає на збереження зразка:

- швидкість прискорення та уповільнення можуть створювати механічний стрес у чутливих клітинах;
- спосіб утворення осаду може призвести до пошкодження клітин або втрати зразків;
- на високих швидкостях неправильне розсіювання тепла може впливати на стабільність зразка;

Центрифугування базується на балансі між центрифужною силою та опором, що регулює рух частинок. Відцентрова сила пропорційна масі частинки, радіусу обертання та квадрату кутової швидкості. Властивості зразка (різниця густини та в'язкості) визначають швидкість осадонакопичення, а коливання температури можуть опосередковано впливати на результати, впливаючи на в'язкість середовища або стабільність сировини [37]. Швидкість обертання є одним із найважливіших факторів, що впливають на відцентрові ефекти, що визначає відцентрову силу, яка прикладена до зразка. Вимірюється в обертах за хвилину або у відносній центрифужній силі, що враховує радіус ротора. Проте надмірно високі швидкості можуть призвести до деградації зразка або пошкодження ротора, тому важливо балансувати швидкість із обмеженнями зразків і обладнання. Більший радіус ротора збільшує відцентрову силу при заданих обертах, підвищуючи ефективність розділення. Тому доцільно застосовувати для видобутку меду ротор з більшим радіусом, задля збільшення відцентрованої сили при менших обертах.

2. Регульований кут нахилу, а саме стільники розташовані під невеликим кутом до радіуса, що сприятиме покращенню виходу меду з нижньої частини обладнання.

3. Оптимізація кількості секторів (наприклад, перехід від 24 до 32 рамок) у тому ж об'ємі бака за рахунок використання тонших але міцніших матеріалів для касет. Щоб досягти мети збільшення кількості рамок меду, які можна включити в один цикл, розрахунки для проєктування рамок будуть проводитися геометрично, щоб на кожній з рамок можна було розмістити тридцять дві рамки. Рамку можна розділити на дві основні частини: основи для рамок та осі або опори. Щоб розпочати проєктування, потрібно знати розміри діаметра внутрішньої опори рамок, що досягається знаючи градуси кола 360°, щоб

					ННІЕТ КНУ.133.зГМБ-22.2026.ПЗ	Арк.
						25
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

визначити кути розділення між рамками, застосувавши ділення

$$\frac{360^\circ}{32} = 11.25^\circ$$

$$\beta + \beta + 11.25 = 180$$

$$2\beta = 180 - 11.25$$

$$\beta = \frac{168.75}{2}$$

$$\beta = 84.375^\circ$$

Резервуар екстрактора, для цього обчислити радіус основи резервуара та кут нахилу, необхідний для переміщення меду [35, 36]

$$R = \sqrt{\left(\frac{Dt}{2}\right)^2 + (H)^2}$$

$$R = \sqrt{\left(\frac{901}{2}\right)^2 + (173,6)^2}$$

$$R = 482,7 \text{ mm}$$

$$\sin \beta = \frac{H}{Rc}$$

$$\beta = 21^\circ$$

Проектування електричної системи. Двигун – це пристрій, який перетворює електричну енергію на механічну, зазвичай у вигляді обертального руху (крутного моменту), хоча деякі з них генерують лінійний рух. Коли електричний струм проходить через провідник, розташований у магнітному полі, він відчуває силу. Двигуни використовують цей зв'язок для створення руху. Загалом, двигуни найчастіше поділяють на дві категорії: двигуни змінного струму та двигуни постійного струму [5,33, 38].

Двигун змінного струму – це тип електродвигуна, який працює на потужності змінного струму. Його робота базується на створенні обертового магнітного поля, яке приводить в рух ротор, перетворюючи електричну енергію на механічну. Асинхронний двигун працює на змінному струмі. Коли цей струм проходить через котушки статора, створюється обертове магнітне поле. Магнітне поле індукуює струм у котушках ротора, який, у свою чергу, створює магнітне поле в роторі. Взаємодія між цими двома магнітними полями створює крутий момент, який змушує ротор обертатися. Двигуни змінного струму – це двигуни, яким потрібно використовувати якийсь тип електричної енергії і

					ННІЕТ КНУ.133.зГМБ-22.2026.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

поділяються [5, 12, 49]:

Універсальні двигуни – це тип двигуна використовує постійний або змінний струм залежно від передбачуваної функції. Основна характеристика цього двигуна – створювати великі обертавання при невеликих навантаженнях. Іншою характеристикою цих двигунів є те, що вони створюють велику кількість шуму.

Синхронні двигуни називають синхронними двигунами через те, що їх швидкість обертавання залежить від частоти живлення та кількості полюсів. Крім того, швидкість цього двигуна визначається співвідношенням між частотою мережі та кількістю полюсів провідника, що створює синхронну швидкість. На відміну від індукційного двигуна, синхронний двигун обертається з тією ж швидкістю, що й обертове магнітне поле. Він використовує постійні магніти або збуджені обмотки для створення крутного моменту.

Однофазні двигуни були одним із перших двигунів, які використовуються у промисловості, його робота є обертальною, і коли він працює то створює магнітне поле, яке виробляє пульсуюче стаціонарне поле. Переваги [34]:

- тип двигунів сумісний практично з усією електричною інфраструктурою і може працювати з будь-якою електричною системою без необхідності встановлення додаткових трансформаторів або перетворювачів;

- простий і міцний дизайн, який полегшує його роботу та експлуатацію, не вимагає значної інфраструктури для роботи, а витрати на обслуговування відносно низькі.

Недоліки однофазних двигунів [34, 51]:

- може знижуватися енергетична ефективність, якщо перевищити встановлене робоче навантаження, що призводить до витрати більшої кількості енергії, ніж зазвичай;

- управління швидкістю цих двигунів менш точне, тому процес видобутку може бути обмеженим.

Асинхронні двигуни на відміну від синхронного двигуна є обертовою машиною змінного струму, тобто індукуюче поле створюється змінним струмом. Переваги двигунів змінного струму [39, 40]:

- можна буде використовувати наявні електричні підключення в зоні, оскільки цей тип струму не потребує спеціальних джерел живлення або трансформаторів.

- розділення електричних ланцюгів як змінного струму для двигуна підвищує ефективність системи, зменшуючи ризик пошкоджень через стрибки напруги або електричні перешкоди.

Недоліки двигунів [39, 40]:

- дизайн системи може стати більш складним, якщо зростуть потреби або характеристики системи, що призведе до додаткових витрат.

- існує можливість, що двигун може створювати електромагнітні перешкоди, впливаючи на роботу обладнання.

Трифазні двигуни – це ті, що найчастіше використовуються в промисловості через їхню систему, яка формує обертове магнітне поле, яке через трифазний двигун може змінюватися, тобто змінює полюси статора,

викликаючи обертання магнітного поля в протилежному напрямку [5, 12, 50]. Редуктори швидкості є незамінними для керування будь-яким видом машин або пристроїв, що використовуються в промисловості країни. Крім того, мотор-редуктори проектується відповідно до розміру та функції кожного двигуна, оскільки механізми та шестерні мають власну геометрію. Без належного виготовлення цього мотор-редуктора робота машин буде мати недоліки.

Функція мотор-редуктора полягає у зменшенні швидкості (об/хв) для забезпечення відмінної роботи машин шляхом додавання потужності та сили до двигунів.

Для отримання прискорення відцентрового обертання буде використано час п'ять секунд, що є оціненим часом для подолання інерції системи відкачування та досягнення 186 об/хв, що слугуватиме для відкачування меду. Для розрахунку необхідної потужності двигуна враховуватиметься інерція при запуску: двигуни завжди використовують більшу потужність під час пуску, оскільки їм доводиться подолати інерцію у стані спокою. Двигуни змінного струму вирізняються кількома ключовими технічними характеристиками, такими як потужність, крутний момент, швидкість обертання та енергоефективність. Номінальна потужність вказує на максимальну здатність двигуна виконувати завдання, тоді як крутний момент – це міра обертальної сили.

Розрахунок крутного моменту [35, 36]

$$T = I \cdot \alpha = (9.88 \text{ kg m}^2) \left(3.89 \frac{\text{rad}}{\text{s}} \right)$$

$$T = 38.43 \text{ N} \cdot \text{m}$$

Знаючи значення крутного моменту здійснимо розрахунок потужності двигуна, яка знадобиться для процесу центрифугування.

$$P = T \cdot N_1$$

$$P = (38.43)(19.48)$$

$$P = 748.6 \text{ w}$$

Обрано двигун змінного струму – це тип електродвигуна, який працює на потужності змінного струму. Робота змінних двигунів базується на принципі електромагнітної індукції. Коли електричний струм проходить через котушку, розміщену в магнітному полі то на котушку діє сила, що спричиняє обертальний рух. Цей рух є результатом взаємодії між магнітним полем статора (нерухомої частини двигуна) та струмом у роторі (обертовій частині). Двигуни змінного струму мають кілька переваг, зокрема просту конструкцію, довговічність, ефективність та мають низькі вимоги до обслуговування порівняно з двигунами постійного струму.

					ННІЕТ КНУ.133.зГМБ-22.2026.ПЗ	Арк.
						28
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.2 Система фільтрації меду

Фільтрація – це фізичний процес, який використовується для розділення сумішей твердих речовин і рідин або газів. У цій техніці використовується різниця в розмірах для видалення небажаних частинок. Фільтрацію можна проводити через матеріал, який виконує роль фільтра, що дозволяє рідині або газу проходити, поки великі частинки затримуються. Фільтрація – це процес розділення підвішених твердих речовин у рідині або газі за допомогою пористих механічних засобів [43-44]. Механічний засіб, який можна використовувати для розділення твердих тіл, також називають сито або фільтр. Змінні, що впливають на процес фільтрації – це тиск, фільтраційний осередок, в'язкість і температура, розмір і концентрація частинок, а також фільтруючі середовища. З одного боку, це сам фільтрат, який розділяє дрібні тверді частинки в колоїдній суспензії, а з іншого боку, це лиття, яке розділяє великі та видимі частинки ситом та просіювання, яке розділяє частинки різних розмірів без потреби в рідкому середовищі.

Фільтрація базується на досить простому принципі: розмірі частинок. Коли суміш проходить через фільтр, більші частинки не можуть пройти через пори фільтра, тоді як менші частинки проходять, що призводить до відокремлення компонентів від суміші. Ефективність методу фільтрації залежить від кількох факторів, зокрема розміру пор фільтра, швидкості фільтрації та характеру рідини або газу, що фільтрується. Під фільтрацією слід розуміти відділення твердих складових від рідин або газів за допомогою фільтрувального матеріалу, який пропускає лише рідку фазу. За способом осадження розрізняють три класичні принципи дії, які мають той чи інший ступінь впливу на загальний ефект фільтрації [42]:

- поверхнева фільтрація, коли тверді частинки більші за пори фільтрувального матеріалу і затримуються на тонкошаровому фільтрувальному матеріалі не утворюючи ефективного фільтрувального осаду;
- глибока фільтрація, коли тверді частинки, що мають осідати, настільки малі, що вміщуються в пори фільтра. Вони осідають там за рахунок адсорбції на компонентах фільтруючого середовища, через які проходить мутна рідина;
- фільтрація осаду, коли частина твердих частинок менша за пори фільтрувального матеріалу. Під час фільтрації з твердих частинок, що затримуються фільтрувальним матеріалом, утворюється так званий фільтрувальний осад, який у подальшому забезпечує фільтруючу дію.

Існують різні типи фільтрів, які відрізняються здатністю утримувати частинки. Деякі фільтри можуть бути простими, а інші більш складнішими, наприклад, ті, що використовуються для фільтрації в промисловості. Кожен із цих фільтрів має певний розмір пори, який визначає максимальний розмір частинок, які він може вмістити. Як метод розділення, фільтрацію можна проводити різними способами залежно від призначення та характеру суміші. Нижче розглянуто деякі поширені методи фільтрації [43]:

- гравітаційна фільтрація – це найпростіший метод, коли рідина просто наливається на фільтр і гравітація відповідає за її відтік через нього;

					ННІЕТ КНУ.133.зГМБ-22.2026.ПЗ	Арк.
						29
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- вакуумна фільтрація використовує високу потужність всмоктування рідини через фільтр, що дозволяє швидшим і ефективнішим процесом;
- гаряча або холодна фільтрація залежно від температури рідини, що фільтрується, цей метод може бути ефективнішим у певних випадках, наприклад, при розділенні речовин, які розчиняються або осаджуються при різних температурах.

Типи фільтрації, які можна проводити з медом – це природне відділення або нагрівання. Перший метод використовує сито для очищення меду, у другому методі проводять процес нагрівання, щоб потім піддати мед процесі фільтрації з метою видалення домішок. Доцільніше здійснювати процес фільтрації шляхом нагрівання, де тепло, що виділяється з дна резервуара, нагріває мед і сприяє швидкому підйому мікроскопічних домішок, що потрапляють під час процесу екстракції.

Запропоновано декантаційний блок (очищення) за допомогою якого можливо фільтрувати мед швидко, не пошкоджуючи фізичні властивості сировини (рис. 2.3). Максимальна температура, яку мед досягає у декантаційному блоці, становить 45°C. Коли рідина досягає цієї температури, система керування її зафіксує і вимкне нагрівальні елементи. Декантаційний блок містить дві стадії очищення і є ефективніший під час фільтрування меду, оскільки економить час і водночас прискорює виробництво. З центрифуги мед потрапляє в декантувальний бак і проходить перший фільтр, який відфільтровує домішки, такі як залишки сот або пилки [35, 36]. Фільтр розташований між виходом з центрифуги та входом у декантувальний бак. Фільтрація проводиться у два етапи: первинна фільтрація через сито 0,05 мм, а потім потрапляє на другу фільтрацію через сита 0,03 мм, які виготовлено зі нержавної сталі, яка придатна для обробки харчових продуктів. Далі мед після першої стадії очищення потрапляє резервуар для меду, де він відстоюється і надалі проходить через низку інших, більш дрібніших фільтрів, які підготують мед до розливу. Після цього процесу мед отримують чистим, незмінним і готовим до фасування. Мед є продуктом, призначеним для споживання людиною, тому кожен з процесів повинен виконуватися з дотриманням належних гігієнічних умов, встановлених для його правильного оброблення.

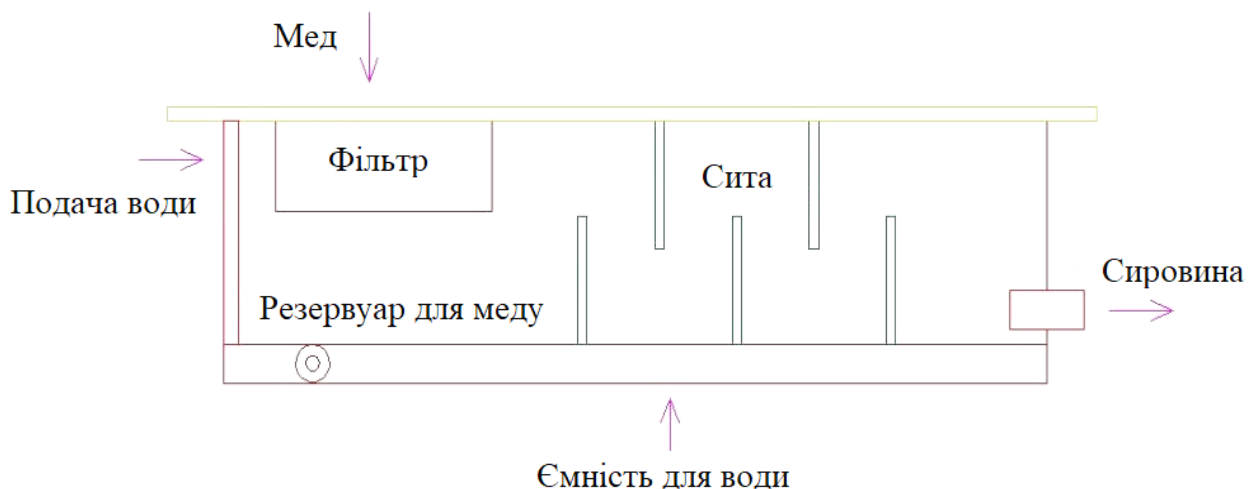


Рисунок 2.3 – Декантаційний блок для очищення меду

					ННІЕТ КНУ.133.зГМБ-22.2026.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		30

2.3 Система контролю

Одним з важливий аспект є впровадження системи контролю швидкості та температури, яка дозволить налаштовувати ключові параметри під час процесу екстракції, оптимізуючи таким чином ефективність та якість кінцевого продукту. Контроль температури впливає на ефективність центрифугування. Контролюючи температуру під час центрифугування можна підтримувати стабільність сировини, щоб запобігти її денатурації або інактивації, забезпечуючи ефективність центрифугування [41]. Зміни температури можуть впливати на розчинність і дисперсійність речовини. У деяких випадках зниження температури може допомогти певним компонентам у зразку краще осідати або розділятися, а в інших випадках підвищення температури може сприяти розчиненню або розсіянню зразка. Корируючи температуру, можна оптимізувати умови центрифугування та підвищити ефективність розділення. Правильно контролюючи температуру можна точно налаштувати процес розділення для кращих результатів. Тому температура відіграє ключову роль в оптимізації центрифугування та підвищенні ефективності.

Коли центрифуга працює в умовах високої температури її підшипники та система передачі можуть бути пошкоджені через надмірну температуру, що призводить до неправильної роботи центрифуги або зниження ефективності роботи. Тому контроль робочої температури центрифуги може захистити її внутрішні компоненти, продовжити термін служби і, відповідно, підвищити ефективність центрифужної роботи [41]. Мастило всередині центрифуги може ставати тоншим при високих температурах, що призводить до збільшення тертя та зношування, що не лише зменшить продуктивність і термін служби центрифуги, а й вплине на відцентрову ефективність. Контролюючи температуру та підтримуючи хорошу продуктивність мастила, можна зменшити тертя та зношення, а також підвищити відцентрову ефективність. Правильне обслуговування мастила всередині центрифуги є ключовим для забезпечення оптимальної роботи та довговічності машини. Контролюючи температуру та регулярно підтримуючи мастило можна суттєво зменшити тертя та знос, а також підвищити ефективність центрифуги.

Зміни температури можуть впливати на швидкість розділення під час центрифугування. У деяких випадках правильне регулювання температури може прискорити процес розділення, скоротити час центрифугування і, відповідно, підвищити ефективність центрифугування. Оптимальний контроль температури може скоротити час розділення та підвищити ефективність центрифугування, роблячи ваші дослідження більш плавними та точними. Температура безпосередньо впливає на ефект розділення зразка. Контролюючи показник, можна оптимізувати умови розділення, щоб компоненти різної щільності краще розділялися, що покращує ефект розділення та відцентрову ефективність. Завдяки точному регулюванню температури можете ефективно розділяти компоненти різної щільності, що забезпечує кращий результат розділення.

Контроль температури впливає на ефективність відцентрової роботи. У

					ННІЕТ КНУ.133.зГМБ-22.2026.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		31

практичних застосуваннях відцентрову температуру слід встановлювати відповідно до властивостей зразка та вимог до продуктивності центрифуги, щоб забезпечити стабільність і ефективність відцентрового процесу. Відцентрова ефективність може суттєво впливати під впливом контролю температури, тому важливо коригувати відцентрову температуру залежно від властивостей зразка та потреб у продуктивності. Правильний контроль температури є необхідним для підтримки стабільних і ефективних центрифужних процесів, особливо для термочутливих зразків і ситуацій, що потребують точного розділення.

Тому доцільно застосовувати для контролю температури в радіальній центрифугі відповідні датчики. Датчик температури занурення – це спеціально розроблений для вимірювання внутрішньої температури рідини, газу або твердого тіла. Завдяки унікальній конструкції та застосуванню, датчики температури занурення широко використовуються в різних сферах, таких як харчова промисловість та моніторинг. Принцип роботи датчика температури занурення базується на зміні опору, термоелектричного потенціалу або струму елемента температурного вимірювання під час зміни температури. Відповідно до різних елементів вимірювання, принцип вимірювання можна переважно поділити на такі типи [47]:

- термоелектричний крутний момент: термопари виготовляються з двох різних металів і коли їхні кінці мають різні температури, вони генерують сигнал напруги, значення якого пропорційне різниці температур (при підключенні до термометра сигнал напруги перетворюється на фактичну температуру);

- термічний опір: значення опору термістора змінюється залежно від температури, зазвичай збільшуючись із підвищенням температури;

- термістори (негативний температурний коефіцієнт) та (позитивний температурний коефіцієнт) регулюють опір, змінюючи концентрацію носіїв заряду в матеріалі.

Термопари є одними з найпоширеніших температурних датчиків завдяки своїй простій конструкції, широкому діапазону роботи та здатності надійно працювати в різних умовах. Термопара – це датчик температури, який вимірює температуру в певній точці, перетворюючи тепло на малу електричну напругу. Вона складається з двох різних металевих дротів, з'єднаних на одному кінці, утворюючи сенсорний з'єднувальний вузол. Коли цей з'єднання зазнає температурної зміни, виникає електрорушійна сила через різні електричні властивості металів. Напруга пропорційна різниці температур і використовується для визначення виміряної температури. Наявні різні конфігурації [45, 48]:

- термопари типу зондового типу закривають сенсорний з'єднувач всередині металевої оболонки для захисту. Вони використовуються для вимірювань занурення та вставки і доступні з кабелями, роз'ємами, захисними головками, ручками, багатоточковими конструкціями;

- поверхневі термопари вимірюють температуру зовнішньої поверхні об'єкта. Вони використовують плоскі, магнітні, шайбові або пружинні з'єднання для підтримки контакту та забезпечують швидку реакцію і доступні у

фіксованому та портативному монтажі.

Інфрачервоні датчики температури є незамінними інструментами в сучасній промисловості, бо вони дозволяють вимірювати температуру поверхні без фізичного контакту. Безконтактний датчик температури вимірює температуру поверхні об'єкта, виявляючи інфрачервоне випромінювання, яке випромінює цей об'єкт. Інфрачервоне випромінювання – це електромагнітна енергія з довжинами хвиль трохи нижче видимого світла. Вона невидима для людського ока, але сприймається як тепло [47]. Оптична система сенсора збирає це випромінювання і фокусує його на термопілі (серії термопар) та термісторі, які генерують напругу, пропорційну тепловій енергії. Інфрачервоні датчики температури зчитують кількість випромінюваного тепла, перетворює на електричний сигнал та на показник температури. Оскільки він не повинен торкатися об'єкта то ідеально підходить для вимірювання надзвичайно гарячих, рухомих або недоступних поверхонь, а також предметів, які мають залишатися стерильними або незабрудненими. Основні типи датчиків контролю температури в радіальній центрифугі наведено в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Основні типи датчиків контролю температури в радіальній центрофузі

Тип	Характеристика
Занурювальні датчики (зонди)	Спеціально розроблений для вимірювання внутрішньої температури рідини, газу або твердого тіла. Принцип роботи датчика температури занурення базується на зміні опору, термоелектричного потенціалу або струму елемента температурного вимірювання під час зміни температури.
Термопари	Термопари є одними з найпоширеніших температурних датчиків завдяки своїй простій конструкції, широкому діапазону роботи та здатності надійно працювати в різних умовах. Вимірює температуру в певній точці, перетворюючи тепло на малу електричну напругу.
Інфрачервоні датчики	Інфрачервоне випромінювання – це електромагнітна енергія з довжинами хвиль трохи нижче видимого світла. Інфрачервоні датчики температури зчитують кількість випромінюваного тепла, перетворює на електричний сигнал та на показник температури.

Система контролю швидкості дозволить налаштовувати ключові параметри під час процесу екстракції. Тахометри використовуються для вимірювання швидкості обертального об'єкта. Працюють за принципом, що приводний двигун (тобто двигун, що працює як генератор) створює напругу, пропорційну кутовій швидкості валу двигуна [48, 53]. Тахометри зазвичай підключаються до вихідного вала двигунів постійного або змінного струму

інверторів, що потребує ретельного регулювання швидкості. Тахометр подає свій сигнал на регулятор, який відповідно коригує його вихід на двигуни постійного струму або інверторних двигунів змінного струму (це називається керування «замкненим зворотним зв'язком»). Тахометри можуть бути як контактного так і безконтактного типу. Два найважливіші параметри, які слід враховувати при визначенні тахометрів – це робоча швидкість, діапазон і точність. Діапазон робочої швидкості – це діапазон вимірювання обертальної швидкості, який може відстежувати тахометр.

Частотний інвертор – це обладнання для керування потужністю, яке застосовує технологію перетворення частоти та мікроелектроніку для керування змінними двигунами шляхом зміни частоти живлення двигуна. Зі зростанням рівня промислової автоматизації частотні інвертори стали широко використовуватися [51]. Частотний інвертор – це пристрій, який перетворює промислове джерело живлення (50 Гц або 60 Гц) у змінне живлення різних частот для реалізації регульованої швидкості роботи двигунів, у якому керуюче коло завершує керування головним контуром, випрямляч перетворює змінне живлення на постійний, проміжна схема постійного струму згладжує та фільтрує вихід випрямляча, а інверторна схема повертає постійне живлення назад до змінного струму. Регулювання швидкості інвертора досягається шляхом зміни частоти живлення на обмотку статора двигуна.

Індуктивні датчики швидкості – це пристрої, які відіграють ключову роль у численних промислових застосуваннях. Вони відомі своєю здатністю виявляти та вимірювати зміни швидкості в металевих компонентах, таких як шестерні, кулачки або зубчасті диски, без необхідності фізичного контакту. Принцип роботи індуктивного датчика швидкості простий але він вимагає базового розуміння електромагнітної фізики [52]. Коли металевий компонент наближається до сенсорної котушки, він змінює навколишнє магнітне поле. Ця зміна магнітного поля індукує струм у котушці, який сенсор інтерпретує як зміну швидкості. Основні типи датчиків швидкості наведено в таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 – Основні типи датчиків швидкості в радіальній центрофузі

Тип	Характеристика
Електронні датчики обертів (тахометри)	Тахометри зазвичай підключаються до вихідного вала двигунів постійного або змінного струму інверторів. Тахометр подає свій сигнал на регулятор, який відповідно коригує його вихід на двигун постійного струму або інверторних двигунів змінного струму (це називається керування «замкненим зворотним зв'язком»).
Частотні перетворювачі (інвертори)	Частотний інвертор – це пристрій, який перетворює промислове джерело живлення (50 Гц або 60 Гц) у змінне живлення різних частот. Для керування потужністю, застосовує технологію перетворення частоти та мікроелектроніку для керування змінними двигунами шляхом зміни частоти живлення двигуна.

Магнітні (індуктивні) датчики	Коли металевий компонент наближається до сенсорної котушки, він змінює навколишнє магнітне поле. Зміна магнітного поля індукує струм у котушці, який сенсор інтерпретує як зміну швидкості.
-------------------------------------	---

На основі вищезазначеного можна вважати, що процес видобутку меду проводиться за допомогою машини, яка називається «центрифужний екстрактор», де саме процес здійснюється за допомогою відцентрованої сили. Аналіз методів видобутку меду дав змогу виявити, що найоптимальнішим є радіальне центрифугування, оскільки дозволяє отримувати мед з обох сторін стільника за менший час, що, у свою чергу, дозволяє збільшити виробництво.

Запропоновано конструкцію автоматичної радіальної центрифуги з декантаційним блоком для процесів видобутку та фільтрації меду. Оптимізовано конструкцію механізму обертання радіальної центрифуги для меду, що включає:

- збільшення діаметра ротора, бо чим більший радіус, тим більша відцентрована сила при менших обертах;
- регульований кут нахилу, а саме стільники розташовані під невеликим кутом до радіуса, що сприятиме покращенню виходу меду з нижньої частини обладнання;
- оптимізацію кількості секторів (наприклад, перехід від 24 до 36 рамок) у тому ж об'ємі бака за рахунок використання тонших але міцніших матеріалів для касет.

Запропоновано декантаційний блок (очищення) за допомогою якого можливо фільтрувати мед швидко, не пошкоджуючи фізичні властивості сировини. Максимальна температура, яку мед досягає у декантаційному блоці, становить 45°C. Коли рідина досягає цієї температури, система керування її зафіксує і вимкне нагрівальні елементи. Декантаційного блок містить дві стадії очищення і є ефективніший під час фільтрування меду, оскільки економить час і водночас прискорює виробництво. З центрифуги мед потрапляє в декантувальний бак і проходить перший фільтр, який відфільтровує домішки, такі як залишки сот або пилок. Фільтр розташований між виходом з центрифуги та входом у декантувальний бак. Фільтрація проводиться у два етапи: первинна фільтрація через сито 0,05 мм, а потім потрапляє на другу фільтрацію через сита 0,03 мм, які виготовлено зі нержавної сталі, яка придатна для обробки харчових продуктів. Далі мед після першої стадії очищення потрапляє резервуар для меду, де він відстоюється і надалі проходить через низку інших, більш дрібніших фільтрів, які підготують мед до розливу. Після цього процесу мед отримують чистим, незмінним і готовим до фасування. Мед є продуктом, призначеним для споживання людиною, тому кожен з процесів повинен виконуватися з дотриманням належних гігієнічних умов, встановлених для його правильного оброблення.

РОЗДІЛ 3 АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1 Фізичні властивості меду

Мед – це натуральний харчовий продукт, який створений різними підвидами бджіл, а саме речовина, яка виробляється з нектару квітів, трансформується за допомогою власних речовин кожної бджоли [12]. Під медом розуміють речовину вироблену робочими бджолами з нектару квітів або з виділень живих частин рослин, що залишаються на живих частинах рослин, яку бджоли збирають, перетворюють і поєднують з власними специфічними речовинами та залишають у стільниках для визрівання. Мед має фізико-хімічні характеристики, які можна вимірювати, оскільки їх можна згрупувати в чотири категорії: густина, в'язкість, електропровідність, точка замерзання, кожна з яких пов'язана з його зрілістю, типом видобутку. Фізичні властивості меду наведено в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Фізичні властивості меду [35, 36]

Властивості	Характеристика
Щільність	Значення варіюється залежно від вмісту води або зрілості меду, знаходиться в діапазоні, показник при 20С° становить від 1,410 г/мл до 1,435 г/мл
В'язкість	Залежатиме від температури, яким піддається мед: при температурі вище 35°С він буде менш в'язким, а коли температура нижче 14°С він кристалізується
Волога	Волога легко впливає на питому вагу, в'язкість, смак, приємність на смак і розчинність меду. Вона може варіюватися між 1,3384 і 1,5015 кг/дм ³
Теплопровідність	Він проводить електрику в 14 разів гірше, ніж вода, характеристика може варіюватися від 0,868 до 3,65 × 10 ⁻⁴ Ом/см
Кристалізація	Відбувається швидше, чим вищий відносини глюкоза/вода. Зазвичай коливається між 1,6 і 2,5 за в'язкістю
Колір	Колір меду варіюється від білого до чорного, хоча може відрізнятися залежно від виду бджоли та цвітіння екосистеми
Температура замерзання	При зниженні температури мед кристалізується але вода, яка міститься в меді, замерзає лише при досягненні температури -1,42 і -1,53°С.

					ННІЕТ КНУ.133.зГМБ-22.2026.ПЗ						
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							
Розроб.		Мариненко			Удосконалення обладнання для отримання меду			Лім.	Арк.	Аркушів	
Перевір.		Омельченко								36	6
								ННІЕТ КНУ Кафедра ЗІДО			
Н. Контр.		Омельченко									
Затверд.		Цвіркун									

Мед є ідеальним середовищем, що містить величезну кількість поживних речовин. Мікроорганізми можуть використовувати ці поживні речовини для ферментації, особливо дріжджі. Внаслідок цього мед може псуватись через ферментаційні продукти мікроорганізмів. Основною умовою для розвитку дріжджів у меді є відносно високий вміст вологи. Вміст води в меді низький, а основними компонентами є фруктоза та глюкоза. Через цей низький вміст води мед схильний до кристалізації [22]. Кристалізація меду визначається як випадання глюкози у вигляді глюкози моногідрату через перенасичену природу меду. Кристалізація є небажаним процесом, що зумовлено тим, що фізико-хімічні властивості, такі як в'язкість та активність води, змінюються. У міру того як відбувається кристалізація, активність води збільшується і мед стає більш схильним до росту мікроорганізмів.

Оскільки мед є надмірно насиченим цукровим розчином то кристалізація є природним явищем. Глюкоза (виноградний цукор) і фруктоза (фруктовий цукор) – це два основні цукри, що містяться в меді. Кількість фруктози та глюкози в меді залежить від виду. Основною причиною кристалізації меду є баланс між цими двома основними цукрами, де пропорція кожного визначає, наскільки швидко або повільно кристалізується мед. Глюкоза кристалізується через її знижену розчинність [54]. Порівняно з глюкозою, фруктоза краще розчиняється у воді і залишається рідиною. Глюкоза кристалізується, коли відокремлюється від води і перетворюється на маленькі кристали. Більше глюкози кристалізується в міру процесу кристалізації, і ці кристали розсіюються по меду. Після того, як розчин перетворюється у стабільний насичений стан, мед зрештою кристалізується або стає густим. Кристалізація меду призводить до змін його кольору, текстури, реологічних характеристик та термодинамічних властивостей.

Вологість є одним із найважливіших фізико-хімічних параметрів, що впливають на якість, стабільність і комерційну привабливість меду. Вміст води в меді низький у порівнянні з рідкими харчовими продуктами. Через високу розчинність цукрів у меді та низький вміст води він перебуває у перенасиченому стані. Наявність води в матриці надає сировині текучості. Завдяки цій текучості відбувається рух компонентів у матриці. Явище називається молекулярною рухливістю, що є здатністю молекул рухатися. Кристалізація меду є процесом, який зумовлений рухом молекул глюкози. Щоб виразити схильність меду до кристалізації, використовується співвідношення глюкози до води [22]. Вологість є важливим фактором для визначення якості меду з точки зору кристалізації. Вологість меду впливає на його текучість та інші текстурні властивості, такі як липкість. Кількість води впливає на сировину, а отже, на ймовірність мікробного росту. Для вимірювання вмісту води існують різні методи, але більшість з них базується на втраті ваги при сушінні. Існують різні дослідження методів, що залежать від втрати ваги, такі як сушіння гарячим повітрям, сушіння гарячою водою, мікрохвильове вакуумне сушіння. Інший практичний підхід, який полягає у вимірюванні показника заломлення шляхом кореляції з деякими емпіричними залежностями.

В'язкість є мірою опору рідини потоку. Мед класифікується як в'язка

					ННІЕТ КНУ.133.зГМБ-22.2026.ПЗ	Арк.
						37
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

рідина через низький вміст води. Існують фактори, що впливають на в'язкість меду, такі як температура, вміст води та кристалічність. Оскільки ботанічне походження змінює органолептичні властивості меду, можна подумати, що воно також впливає на в'язкість. Існує відносно невелика різниця у в'язкості меду різного ботанічного походження за однакового вмісту води. Температура значно впливає на в'язкість усіх матеріалів. Коли мед нагрівається, внутрішні сили тертя зменшуються, і мед стає більш рідким. Іншими словами, зі збільшенням температури в'язкість меду зменшується [22, 29]. У поєднанні температури та вмісту води спостерігалось, що при нижчих температурах вміст води значно впливає на в'язкість, але при вищих температурах – ні. Окрім цього зміни кристалічності меду його в'язкість змінюється через утворення часток у матриці. Оскільки кристалізація безпосередньо пов'язана з рухливістю глюкози, що міститься в меді, в'язкість є важливим параметром для кристалізації. В'язкість внутрішньо залежить від складу, але також залежить від температури. Зі зниженням температури в'язкість зростає, а молекулярна рухливість глюкози зменшується.

Мед зазвичай використовується у вигляді високов'язкої рідини. Проста залежність між в'язкістю та складністю потоку полягає в тому, що чим вища в'язкість, тим важче рідині текти. Як і інші фізичні властивості вона залежить від походження рослини, вологості, температури, грануляції меду та хімічного складу. В'язкість є ключовим технічним фактором у переробці меду, оскільки вона впливає на потік матеріалу під час процесів екстракції, перекачування, відстоювання, фільтрації, змішування та кип'ятіння [29]. Через різницю у вмісті води різні сорти меду можуть мати різну густину. Фізичною характеристикою, яка залежить від високого вмісту цукру є густина. Навпаки, мед з високим вмістом цукру буде густішим. Дослідження доводять, щодо взаємозв'язку між температурою та густиною, густина меду коливалася від 1386,1 до 1403,2 кг/м³. Було встановлено, що температура впливає на густину меду. За температури 20°C густина меду коливалася між 1380 кг/м³ і 1450 кг/м³. Зі зростанням температури густина меду зменшується. Густина меду залежить від температури, яка також впливає на в'язкість і, зрештою, на процес відкачування меду.

Колір меду – це перша якість, яку виявляють споживачі. Тому колір меду є важливим параметром його прийнятності. Було зазначено, що пігменти, присутні в меді, здебільшого належать до фенольних сполук і неферментних кінцевих продуктів потемнення. Колір меду може варіюватися від водяно-білого до темно-бурштинового залежно від його походження, вмісту фенольних речовин та результатів неферментативної реакції потемніння. Для характеристики меду за кольором найпоширенішим методом є вимірювання інтенсивності кольору, а потім порівняння зі шкалою відповідності.

Електропровідність є важливим фізико-хімічним параметром у оцінці якості меду, який слугує надійним індикатором його походження та мінерального складу. Вона відображає концентрацію іонізованих речовин, таких як неорганічні солі (наприклад, калій, кальцій, магній), органічні кислоти, білки та певні складні цукри, які сприяють електричному заряду меду у

					ННІЕТ КНУ.133.зГМБ-22.2026.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		38

водному розчині. Зі збільшенням цих компонентів зростає і значення електропровідності, що робить його непрямим, але ефективним показником мінерального та кислотного вмісту [22, 23]. Вимірювання електропровідності меду вказує на деякі характерні властивості, такі як те, чи є він квітковим, а також його походження. Диверсифікація визначається вмістом мінералів, органічних кислот. Дослідники досліджували процедуру визначення типу меду і виявили, що електропровідність у поєднанні з вимірюванням кислотності була значним методом для оцінки походження меду.

Мед містить багато органічних кислот. Оскільки ці органічні кислоти походять із рослинного джерела меду, це дає уявлення про його тип. Завдяки наявності цих органічних кислот, мед має діапазон рН 3,50-5,50 [22, 23]. Дослідники досліджували різні зразки меду, вимірюючи електропровідність і рН протягом сезонів, і дійшов висновку, що темніші меди мали нижчі значення рН, ніж світліші, через наявність фенольних речовин у темніших медах. рН меду також може бути критерієм для оцінки додавання цукрового сиропу через відсутність кислотних сполук у сиропах.

3.2 Дослідження кольорових параметрів меду

Колір є однією з найважливіших характеристик у рішеннях споживачів та основним атрибутом харчових продуктів. Світлість меду відіграє значну роль у перевагах споживачів. Загальне прийняття кольору меду є дуже широким, але, як правило, мед світлого кольору має кращі споживчі властивості. Існує тісний зв'язок між кольором і вмістом мінералів, вмістом пилку, рослинним походженням, географічним походженням, а також між кольором і фізичними властивостями меду, такими як електропровідність [24]. Колір меду також залежить від його вмісту золи, температури та часу зберігання. Різні види меду темніють з різною швидкістю та в різній пропорції, що залежить від кислотності, вмісту натрію та фруктози. Існують природні зміни кольору під час кристалізації: мед зазвичай стає світлішим. Крім того, обробка та поводження з медом, а також умови та тривалість зберігання також можуть мати помітний вплив на його колір, роблячи його темнішим. Реакція карамелізації може змінювати колір меду. Вміст амінокислот і мінералів ширший у темнішому меді, і вони також містять більше тирозину та триптофану, тоді як у світлішому меді цього немає.

Найважливішою та візуально відмінною фізико-хімічною особливістю меду є його колір. Для різних видів меду спостерігається широкий спектр кольорів – від водяно-білого або майже безбарвного до темно-бурштинового або навіть червонувато-коричневого. Іноді також фіксувалися легкі зеленуваті або золотисті відтінки залежно від джерела квітів, кліматичних умов. Варіації кольору меду різного типу наведено в таблиці 3.1, а кольорові показники різних видів меду на рисунку 3.1.

За шкалою Пфунда колір меду класифікують [25]:

Менш ніж 8 – безбарвний;

8–17 – білий;

					ННІЕТ КНУ.133.зГМБ-22.2026.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		39

17–34 – світло-жовтий;
 34–50 – жовтий;
 50–85 – темно-жовтий;
 85 і більше – темний.

Таблиця 3.1 – Варіації кольору меду різного типу меду

Тип меду	Типовий колір	Кольорові показники	
		L*, a*, b*	За шкалою Пфунда
Акацієвий	Має світле забарвленням – від блідо-жовтого до майже прозорого, а також гладку, рідку консистенцією. Мед має м'який смак. Довго залишатися в рідкому стані без кристалізації.	L* +57 білизни, a* – -2 зеленого кольору, b* +9,3 жовтого кольору	від 1-8 мм
Липовий	Має блідо-жовтий або світло-бурштиновий колір, іноді з легким зеленуватим відтінком. Мед має квітковий аромат, смак помірно солодкий із тривалим трав'яним відтінком.	L* +60 білизни, a* – -2 зеленого кольору, b* +35 жовтого кольору	від 11-71 мм
Гречаний	Має темно-коричневий або майже чорний, терпкий, насичений смак, багатий на залізо та мінерали. Після кристалізації може світлішати.	L* +20 білизни, a* – 8 зеленого кольору, b* +10 жовтого кольору	понад 114 мм

Колір – ця характеристика залежить від того наскільки сонячне світло потрапляє на вулик, оскільки при більшому поглинанні світла колір меду буде світлішим, цей колір меду багатий на вітамін А. При меншому поглинанні світла колір меду буде темнішим, що не означає, що темний мед має нижчу якість, навпаки, він багатший на залізо та кальцію фосфат. Аромат – ця характеристика залежить від деяких факторів, що впливають на аромат, таких як: географічна зона, тип квітки та клімат, що обумовлено оліями, що знаходяться в нектарниках квітів.

Серед ключових фізико-хімічних властивостей, що визначають стабільність, текстуру, мікробну безпеку та термін зберігання меду є його рН і кислотність. Темніший мед має нижчі значення рН, ніж світліший, через наявність фенольних речовин у темнішому меді. Кислотність меду може коливатися від 3,4 до 6/1 за шкалою рН. Широкий діапазон рН пов'язаний з тим, що джерело меду містить різні рівні кислотності [26-28, 32]. Наприклад, коли медоносні бджоли живляться соняшниками, рН становить 3,7, але коли медоносні бджоли живляться квітами каштана, їхній мед має рН близько 4,53.

					ННІЕТ КНУ.133.зГМБ-22.2026.ПЗ	Арк.
						40
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Коли медоносні бджоли живляться трав'янистими рослинами, їхній мед зазвичай має низький рН – 3,50. Однак, коли бджоли живляться квітами, їхній мед, як правило, має рН близько 4/1. Порівняльний аналіз рівнів рН різних видів меду наведено в таблиці 3.2, а кислотні показники різних видів меду на рисунку 3.2.

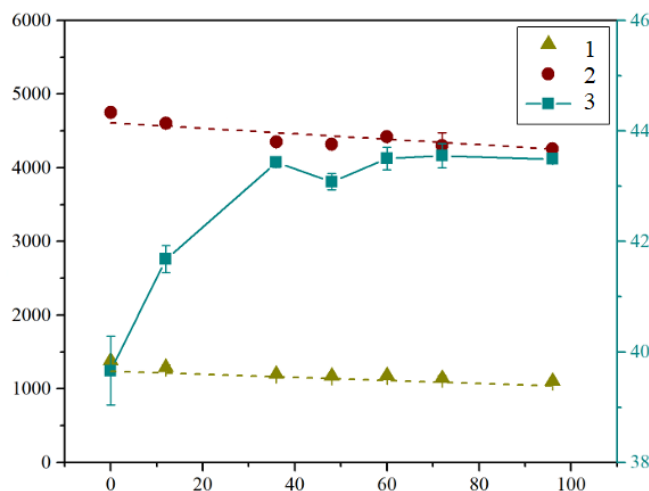


Рисунок 3.1 – Кольорові показники різних видів меду

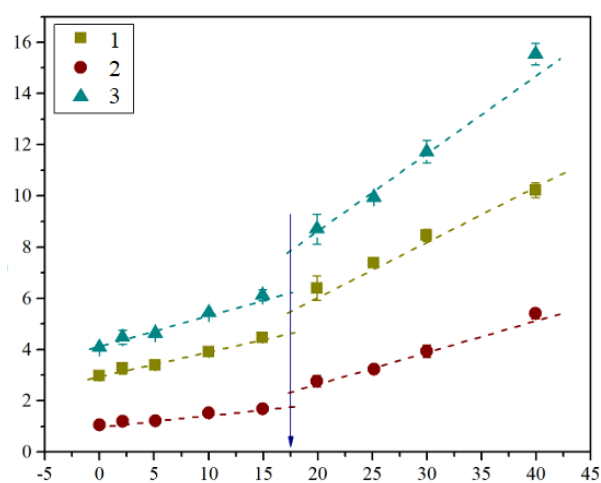


Рисунок 3.2 – Кислотні показники різних видів меду

Таблиця 3.2 – Порівняльний аналіз рівнів рН та загальної кислотності

Тип меду	Типовий колір	рН показник
Акацієвий	Від блідо-жовтого до майже прозорого.	3,8
Липовий	Блідо-жовтий або світло-бурштиновий колір, іноді з легким зеленуватим відтінком	4,5
Гречаний	Темно-коричневий або майже чорний.	4

На основі вище зазначеного можна вважати, що мед – це натуральний харчовий продукт, який створений різними підвидами бджіл, а саме речовина, яка виробляється з нектару квітів, трансформується за допомогою власних речовин кожної бджоли. Зазначено, що найважливішою та візуально відмінною фізико-хімічною особливістю меду є його колір. Для різних видів меду спостерігається широкий спектр кольорів – від водяно-білого або майже безбарвного до темно-бурштинового або навіть червонувато-коричневого. Іноді також фіксувалися легкі зеленуваті або золотисті відтінки залежно від джерела квітів, кліматичних умов. Серед ключових фізико-хімічних властивостей, що визначають стабільність, текстуру, мікробну безпеку та термін зберігання меду є його показник кислотності. Темніший мед має вище значення рН, ніж світліший, через наявність фенольних речовин у темнішому меду.

Здійснено дослідження кольорових та кислотних показників різних видів меду (акацієвий, липовий, гречаний). Кислотність знаходиться в межах від 3,8 до 4,0, а кольорові показники згідно національної шкали варіюють від 1 до 114 мм.

ВИСНОВКИ

Бакалаврська робота присвячена удосконаленню обладнання для отримання меду. У роботі зазначено, що бджолиний мед з давніх часів споживався людьми як корисний для здоров'я продукт через велику кількість поживних речовин і природних вітамінів, які він містить. Через це з'являлися різні методи та механізми, які покращують процес отримання меду.

У першому розділі здійснено аналіз обладнання для отримання меду. Зазначено, що центрифугування – процес за допомогою якого можна відокремити тверді речовини від рідин різної щільності за допомогою обертального руху, що створює силу більшу за силу гравітації, що призводить до відокремлення твердих частинок або частинок більшої щільності. Метою центрифугування є відокремлення нерозчинних твердих речовин (дуже дрібних частинок, які важко осідають) від рідини. Центрифугування – це процес механічного розділення при якому компоненти суміші можуть бути розділені залежно від їхньої різниці в густині шляхом піддавання їх центробіжній силі.

Аналіз наукових джерел дав змогу констатувати, що медові центрифужні машини – це тип машин, який використовує відцентрову силу для відділення меду від воску, щоб потім його зібрати на дні екстрактора. Існуючі центрифужні екстрактори бувають радіальні або тангенційні залежно від того, як розташовані рамки зі стільниками всередині екстрактора. Екстрактори забезпечують чистий мед із мінімальною кількістю домішок. Велика перевага центрифужних медових екстракторів полягає в тому, що мед можна отримати значно швидше, а стільник буде збережено для подальшого використання.

Здійснено аналіз обладнання для отримання меду:

- радіальна центрифуга – екстрактор, який використовують бджолярі, що мають велику кількість вуликів, оскільки мед витягується з обох боків, що скорочує час збору, коли рамки встановлюються по колу навколо обертової осі;

- тангенційна центрифуга – екстрактор, який використовують у випадку розташування рамок всередині резервуара дотичних до циліндра, тобто перпендикулярно до центру обертання;

- напіврадіальний екстрактор – екстрактор є гібридом між тангенціальним і радіальним, оскільки рами зміщені.

Другий розділ присвячено оптимізації механізму центрифугування та фільтрування меду. Видобуток меду проводиться за допомогою машини, яка називається «центрифужний екстрактор», де саме процес здійснюється за допомогою відцентрованої сили. Аналіз методів отримання меду дав змогу виявити, що найоптимальнішим є радіальне центрифугування, оскільки дозволяє отримувати мед з обох сторін стільника за менший час, що, у свою чергу, дозволяє збільшити виробництво.

Запропоновано конструкцію автоматичної радіальної центрифуги з

					ННІЕТ КНУ.133.зГМБ-22.2026.ПЗ						
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							
Розроб.		Мариненко			Удосконалення обладнання для отримання меду			Літ.	Арк.	Аркуші	
Перевір.		Омельченко								42	2
Н. Контр.		Омельченко						ННІЕТ КНУ Кафедра ЗІДО			
Затверд.		Цвіркун									

декантаційним блоком для процесів видобутку та фільтрації меду.

Оптимізовано конструкцію механізму обертання радіальної центрифуги для меду, що включає:

- збільшення діаметра ротора, бо чим більший радіус, тим більша відцентрована сила при менших обертах;

- регульований кут нахилу, а саме стільники розташовані під невеликим кутом до радіуса, що сприятиме покращенню виходу меду з нижньої частини обладнання;

- оптимізацію кількості секторів (наприклад, перехід від 24 до 36 рамок) у тому ж об'ємі бака за рахунок використання тонших але міцніших матеріалів для касет.

Запропоновано декантаційний блок (очищення) за допомогою якого можливо фільтрувати мед швидко, не пошкоджуючи фізичні властивості сировини. Максимальна температура, яку мед досягатиме у декантаційному блоці, становитиме 45°C. Коли рідина досягає цієї температури, система керування її зафіксує і вимкне нагрівальні елементи. Декантаційного блок містить дві стадії очищення і є ефективніший під час фільтрування меду, оскільки економить час і водночас прискорює виробництво. З центрифуги мед потрапляє в декантаційний бак і проходить перший фільтр, який відфільтровує домішки, такі як залишки сот або пиліок. Фільтр розташований між виходом з центрифуги та входом у декантувальний бак. Фільтрація проводиться у два етапи: первинна фільтрація через сито 0,05 мм, а потім потрапляє на другу фільтрацію через сита 0,03 мм, які виготовлено зі нержавіючої сталі, яка придатна для обробки харчових продуктів. Далі мед після першої стадії очищення потрапляє резервуар для меду, де він відстоюється і надалі проходить через низку інших, більш дрібніших фільтрів, які підготують мед до розливу. Після цього процесу мед отримують чистим, незмінним і готовим до фасування. Мед є продуктом, призначеним для споживання людиною, тому кожен з процесів повинен виконуватися з дотриманням належних гігієнічних умов, встановлених для його правильного оброблення.

В третьому розділі досліджено кольорові параметри меду. Мед – це натуральний харчовий продукт, який створений різними підвидами бджіл, а саме речовина, яка виробляється з нектару квітів, трансформується за допомогою власних речовин кожної бджоли. Зазначено, що найважливішою та візуально відмінною фізико-хімічною особливістю меду є його колір. Для різних видів меду спостерігається широкий спектр кольорів – від водяно-білого або майже безбарвного до темно-бурштинового або навіть червонувато-коричневого. Іноді також фіксувалися легкі зеленуваті або золотисті відтінки залежно від джерела квітів, кліматичних умов. Серед ключових фізико-хімічних властивостей, що визначають стабільність, текстуру, мікробну безпеку та термін зберігання меду є його показник кислотності. Темніший мед має вище значення рН, ніж світліший, через наявність фенольних речовин у темнішому меді.

Здійснено дослідження кольорових та кислотних показників різних видів меду (акацієвий, липовий, гречаний). Кислотність знаходиться в межах від 3,8 до 4,0, а кольорові показники згідно національної шкали варіюють від 1 до 114 мм.

					ННІЕТ КНУ.133.зГМБ-22.2026.ПЗ	Арк.
						43
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Центрифугування: що це таке, види, значення, приклади. Режим доступу: <https://maestrovirtuale.com/uk/%>.
2. Застосування центрифугування в різних областях. Режим доступу: <https://notatka.com.ua/praktyka/zastosuvannia-tsentrifuguvannia-v-riznikh-oblastiakh>.
3. Що таке фільтрування: повний гід по видам і застосуванню в техніці. Режим доступу: <https://myplanet.com.ua/shho-take-filtruvannya-povnyj-gid-po-vydam-i-zastosuvannyu-v-tehniczi-ta-zhytti/>.
4. Máquina centrifugadora de extracción de miel de abeja en apicultura artesanal. URL: <https://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/15700>.
5. Diseño de una máquina semiautomatizada para extracción de miel para apicultores. URL: <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/29637>
6. Diseño y construcción y puesta en marcha de una centrifuga para el proceso de extracción de la leche de coco. URL: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/28812/1/UPS-GT005624.pdf>.
7. Черевко О.І., Поперечний А.М. Процеси і апарати харчових виробництв. Х.: Світ Книг, 2015. 496 с.
8. Процеси і апарати харчових виробництв / За редакцією А.М. Поперечного. К. Центр учбової літератури. 2007. 301 с.
9. Шалугін В.С. Процеси та апарати промислових технологій. К.: Центр учбової літератури. 2008. 392 с.
10. Diseño de una máquina centrifugadora para separación de residuos de aceites vegetales comestibles usados. URL: <https://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/54748>.
11. Procédés agro-alimentaires. URL: <http://dspace.univ-mascara.dz:8080/jspui/bitstream/123456789/555/1/>.
12. Diseño de un mecanismo de centrifugación para la mejora de productividad en el proceso de extracción de miel. URL: <https://dspace.udla.edu.ec/handle/33000/8693>.
13. Мирончук В.Г. Розрахунки обладнання підприємств переробної і харчової промисловості. Вінниця: Нова книга, 2004. 288 с.
14. Процеси і апарати. Механічні та гідромеханічні процеси / К.О. Самойчук, В.Г. Тарасенко, В.О. Верхоланцева, Н.О. Паляничка, О.О. Червоткіна. К.: ПрофКнига, 2021. 466 с.
15. Процеси і апарати харчових виробництв / За ред. І.Ф. Малєжика. К.: НУХТ, 2003. 400 с.
16. Centrifugation notes. URL: <https://media.geeksforgeeks.org/wp-content/uploads/20240216113101>.
17. Principios, aplicaciones y tipos de centrifugación. URL: <https://es.allcentrifuges.com/principles-applications-and-types-of-centrifugation/>.
18. Centrifugation vs. Filtration. URL: <https://thisvsthat.io/centrifugation-vs-filtration>.

					ННІЕТ КНУ.133.зГМБ-22.2026.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		44

19. Драгілев А.І. Технологічні машини і апарати харчових виробництв. Колос, 1999. 376 с.
20. Ковецький Г.Д. Процеси і апарати харчових виробництв. Агропромиздат, 2004. 432.
21. Обладнання підприємств переробної та харчової промисловості: підруч. для студ. вищ. навч. закл. / В. Г. Мирончук та ін.; М-во освіти і науки України за ред. В. Г. Мирончука. Вінниця Нова книга, 2007. 648 с.
22. Determination of honey crystallization and adulteration by using time domain relaxometry. URL: <https://etd.lib.metu.edu.tr/upload/12625612/index.pdf>.
23. Understanding the physicochemical profile of honey: a comprehensive review of quality and authenticity parameters. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0889157526001365>.
24. Colour identification of honey and methodical development of its instrumental measuring. URL: file:///C:/Users/admin/Downloads/Colour_identification_of_honey_and_methodical_deve.pdf.
25. Колір. Режим доступу: <https://apk.hlr.ua/obektyi-isledovaniya/med/obekt/czvet/>.
26. Органолептичне дослідження меду. Режим доступу: <https://osvita.ukr-lit.com/organoleptichne-doslidzhennya-medu/>.
27. Фізико-хімічні показники якості різних сортів меду. Режим доступу: <https://www.researchgate.net/publication/337036307>.
28. Is Honey acidic? Honey acidity & How it's measured. URL: <https://honeybeehobbyist.com/is-honey-acidic/#:~:text=>
29. Design, development and performance evaluation of manually operated honey extractor. URL: <http://ir.haramaya.edu.et/hru/handle/123456789/8274>.
30. Différence entre filtration et centrifugation. URL: <https://fr.differkinome.com/articles/chemistry-science-nature/difference-between-filtration-and-centrifugation.html>.
31. Les methodes de separation de phases et chromatographie. URL: <https://dspace.univ-batna.dz/server/api/core/bitstreams/fbb43354-3da1-466f-a4ba-25fcf6e896fe/content>.
32. Дослідження натуральності і кислотності меду. Режим доступу: <https://dovgalivka.blogspot.com/2016/05/blog-post.html>.
33. Удосконалення системи керування електроприводом центрифуги для відкачування меду. Режим доступу: <https://repo.btu.kharkiv.ua/server/api/core/bitstreams/fe003a42-a3d4-4464-a197-6a77a0b46d56/content>.
34. Розробка та дослідження автоматизованої системи керування електроприводом центрифуги медогонку. Режим доступу: <https://repository.vsau.org/card.php?lang=uk&id=34388>.
35. Diseño de una centrifugadora de miel de tipo radial automática con un banco de decantación para los procesos de extracción y filtrado de apiarios provenientes. URL: <https://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/36985>.

					ННІЕТ КНУ.133.зГМБ-22.2026.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		45

36. Máquina centrifugadora de extracción de miel de abeja en apicultura artesanal. URL: <https://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/15700>.

37. Factores principales que afectan los efectos centrífugos. URL: <https://es.drawellanalytical.com/top-factors-affecting-centrifugal-effects/>.

38. Типи електродвигунів та їх використання. Режим доступу: <https://tmmotor.ua/ua/news/typy-elektrodivigatelej-i-ih-ispolzovanie>.

39. Електродвигун – принцип роботи, пристрій, класифікація. Режим доступу: <https://ovk.ua/ua/stati/elektrodivigatel-raboty-ustroistvo-klassifikatsiia>.

40. Що таке інфрачервоні датчики і як вони працюють. Режим доступу: <https://ua.allelcoelec.com/blog/what-are-infrared-sensors-and-how-do-they-work.html>.

41. How temperature control affects centrifugation efficiency? URL: <https://www.allcentrifuges.com/how-temperature-control-affects-centrifugation-efficiency%EF%BC%9F>.

42. Filtration/ultrafiltration. URL: <https://www.chemgeo.uni-jena.de/chegemedia/8310/filtration.pdf>.

43. Filtración: métodos, tipos y ejemplos imprescindibles. URL: <https://aprendix.org/que-es-filtracion/>.

44. Що таке фільтрування: визначення, історія, типи та приклади. Режим доступу: <https://everyday.sumy.ua/shho-take-filtruvannya-vyznachennya-istoriya-typu-ta-prykłady/>.

45. Термопары: будову та принцип роботи. Режим доступу: <https://intmax.com.ua/zastosuvannya-termopara-princip-raboty.html>.

46. Guide des capteurs de température pour thermocouples: principe de fonctionnement, types, utilisations et tests. URL: <https://www.digi-electronics.fr/fr/blogs/thermocouple-guide-working-principle-types-applications-comparison/297.html>.

47. IR Temperature sensor – definition, working principle, advantages & buying guide. URL: <https://www.surecontrols.com/blog/infrared-temperature-sensors/>.

48. Tachometers information. URL: https://www.globalspec.com/learnmore/labware_test_measurement/sensing_measurement_instruments/tachometer_instruments.

49. Кутовий Ю.М. Електропривід. Х.: НТУ «ХП», 2020. 120 с.

50. Піцан Р.М., Бардачевський В.Т., Бойчук Б.Г. Електропривід. Львів. Вид-во ДУ «Львівська політехніка», 2005. 168 с.

51. Бардачевський В.Т., Буртний В.В., Піцан Р.М. Автоматизований електропривід. Львів: ЛПІ, 2006, 200 с.

52. Introducción a los Sensores de velocidad inductivos. URL: <https://www.electricity-magnetism.org/es/sensores-de-velocidad-inductivos/>.

53. Тахометр на практиці - як він працює, що вимірює і як його калібрувати. Режим доступу: <https://www.tme.eu/ua/news/library-articles/page/75168>.

54. Crystallization of honey and its affecting factors. URL: <https://justagriculture.in/wp-content/uploads/2024/12/09>.

					ННІЕТ КНУ.133.зГМБ-22.2026.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46