

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
Донецький національний університет економіки і торгівлі  
імені Михайла Туган-Барановського  
Навчально-науковий інститут ресторанно-готельного бізнесу та туризму  
Кафедра загальноінженерних дисциплін та обладнання

ДОПУСКАЮ ДО ЗАХИСТУ  
Гарант освітньої програми  
«Обладнання переробної і харчової  
промисловості»

\_\_\_\_\_ Хорольський В.П.  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2024 року

**ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА**  
**ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ**  
на здобуття ступеня вищої освіти «Магістр»  
зі спеціальності 133 «Галузеве машинобудування»  
за освітньою програмою «Обладнання переробної і харчової промисловості»

на тему: **«УДОСКОНАЛЕННЯ ОБЛАДНАННЯ АСЕПТИЧНОЇ ЛІНІЇ  
УПАКОВКИ РІДКИХ ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ ТА ТЕХНІЧНЕ  
ОБСЛУГОВУВАННЯ»**

Виконав:

здобувач вищої освіти Шляхов Микола Володимирович \_\_\_\_\_  
(прізвище, ім'я, по-батькові) (підпис)

Керівник:

зав.кафедри, 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  
2024



4. Аналіз результатів досліджень.
5. Висновки.
6. Список використаних джерел.

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

Процес асептичної упаковки рідких харчових продуктів.

Система та підсистема асептичної обробки рідких харчових продуктів.

Технічне обслуговування обладнання для асептичного пакування.

6. Дата видачі завдання «1» вересня 2024 р.

7. Календарний план

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи
1	Вступ	4.09-20.09.2024 р.
2	Аналіз технологічного процесу асептичної обробки та упаковки рідких харчових продуктів	21.09-18.10.2024 р.
3	Удосконалення обладнання для асептичної лінії упаковки рідких харчових продуктів	19.10-08.11.2024 р.
4	Аналіз результатів досліджень	09.11-15.11.2024 р.
5	Висновки по роботі	16.11-22.11.2024 р.
6	Оформлення роботи і подання до захисту	23.11-26.11.2024 р.

Здобувач вищої освіти

\_\_\_\_\_

(підпис)

Шляхов М.І.  
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

\_\_\_\_\_

(підпис)

Омельченко О.В.  
(прізвище та ініціали)

## РЕФЕРАТ

Обсяг і структура магістерської роботи. Повний обсяг магістерської роботи – 50 сторінок, в тому числі основного тексту – 45 сторінок. Робота містить: 12 рисунків. Список використаних джерел складається з 18 найменувань.

Об'єкт роботи – асептична лінія упаковки рідких харчових продуктів.

Предмет роботи – технічне обслуговування обладнання для асептичної упаковки.

Мета роботи – удосконалення обладнання асептичної лінії упаковки рідких харчових продуктів та технічне обслуговування.

У роботі зазначено, що асептичну упаковку можна розглядати як наповнення комерційно стерильного продукту у стерильний контейнер в асептичних умовах і герметично закупорювану тару з метою запобігання повторного інфікування. В результаті виходить продукт, який стійкий до зберігання в умовах навколишнього середовища.

На основі аналізу, було зазначено, що процес асептичної обробки та упаковки рідких харчових продуктів має три основні блоки: стерилізація, асептична упаковка, розподіл та зберігання. Також має задовольняти чотирьом основним вимогам: стерилізація сирих рідких продуктів, асептична упаковка, виробництво герметичних упаковок, збереження цілісності упаковки при розподілі та зберіганні.

Вважається, що асептична обробка – це безперервна операція. Поведінка однієї частини системи може вплинути на загальну продуктивність всієї системи. Тому, для ефективного функціонування запропоновано розглядати асептичну лінію упаковки рідких харчових продуктів як об'єкт, де виокремлено систему та підсистему асептичної обробки рідких харчових продуктів. Системою є обладнання для асептичного наповнення: вхідними даними є пакувальні матеріали, стерильний продукт, а вихідними – контейнери наповнені стерильною їжею. Підсистемою є стерилізація: вхідні дані – забір повітря з виробничого приміщення, а вихідні дані – стерильне повітря для асептичної системи. При асептичній обробці упаковки і харчовий продукт стерилізуються в окремих системах.

Виявлено низку проблем, які можуть виникнути у процесі експлуатації асептичного обладнання: погана герметизація упаковки та недостатня цілісність упаковки, неналежне очищення труби для наповнення продукту, герметичність з'єднань і цілісність прокладок. Запропоновано здійснювати технічне обслуговування наступним чином: перший етап ґрунтується на необхідності виявлення та вирішення всіх можливих критичних контрольних точок, які можуть відігравати фундаментальну роль у визначенні безпеки кінцевого продукту. Другий етап вимагає застосування інженерних методів технічного обслуговування для управління критичними показниками надійності обладнання. Третій етап базується на аналізі безпеки та надійності для управління критичними факторами безпеки продукції та надійності обладнання.

**КЛЮЧОВІ СЛОВА:** асептична обробка та упаковка, рідкі харчові продукти, стерилізація, наповнення, технічне обслуговування, моніторинг.

					<b>ДонНУЕТ.133.ГМБ-23м.2024.ПЗ</b>	Арк.
						4
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## ЗМІСТ

ВСТУП	6
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ АСЕПТИЧНОЇ ОБРОБКИ ТА УПАКОВКИ РІДКИХ ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ	7
1.1 Асептична система пакування	7
1.2 Процес асептичної упаковки рідких харчових продуктів	10
1.3 Методи стерилізації, які використовуються в асептичних пакувальних системах	15
РОЗДІЛ 2. УДОСКОНАЛЕННЯ ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ АСЕПТИЧНОЇ ЛІНІЇ УПАКОВКИ РІДКИХ ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ	22
2.1 Система та підсистема асептичної обробки рідких харчових продуктів	22
2.2 Моніторинг стану обладнання для підвищення ефективності асептичного процесу	24
РОЗДІЛ 3. АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕНЬ	32
3.1 Надійність обладнання для асептичної упаковки рідких харчових продуктів	32
3.2 Організація технічного обслуговування обладнання для асептичного пакування	37
ВИСНОВКИ	43
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	45
ДОДАТКИ	46

					<b>ДонНУЕТ.133.ГМБ-23м.2024.ПЗ</b>			
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Шляхов</i>			<b>Удосконалення обладнання асептичної лінії упаковки рідких харчових продуктів та технічне обслуговування</b>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркуші</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Омельченко</i>					5	1
<i>Н. Контр.</i>		<i>Омельченко</i>				<b>ДонНУЕТ Кафедра ЗІДО</b>		
<i>Затверд.</i>		<i>Хорольський</i>						

## ВСТУП

**Актуальність роботи.** У роботі зазначено, що асептична упаковка дуже добре зарекомендувала себе в сфері громадського харчування по всьому світу, як безпечний і високоякісний варіант упаковки. Асептичну упаковку можна розглядати як наповнення комерційно стерильного продукту у стерильний контейнер в асептичних умовах і герметично закупорювану тару з метою запобігання повторного інфікування. В результаті виходить продукт, який стійкий до зберігання в умовах навколишнього середовища.

**Мета та задачі дослідження.** Метою магістерської роботи є удосконалення обладнання асептичної лінії упаковки рідких харчових продуктів та технічне обслуговування.

**Практична та наукова новизна.** На основі аналізу, було зазначено, що процес асептичної обробки та упаковки рідких харчових продуктів має три основні блоки: стерилізація, асептична упаковка, розподіл та зберігання. Також має задовольняти чотирьом основним вимогам: стерилізація сирих рідких продуктів, асептична упаковка, виробництво герметичних упаковок, збереження цілісності упаковки при розподілі та зберіганні.

Вважається, що асептична обробка – це безперервна операція. Поведінка однієї частини системи може вплинути на загальну продуктивність всієї системи. Тому для ефективного функціонування запропоновано розглядати асептичну лінію упаковки рідких харчових продуктів як об'єкт, де виокремлено систему та підсистему асептичної обробки рідких харчових продуктів. Системою є обладнання для асептичного наповнення: вхідними даними є пакувальні матеріали, стерильний продукт, а вихідними – контейнери наповнені стерильною їжею. Підсистемою є стерилізація: вхідні дані – забір повітря з виробничого приміщення, а вихідні дані – стерильне повітря для асептичної системи. При асептичній обробці упаковки і харчовий продукт стерилізуються в окремих системах.

Виявлено низку проблем, які можуть виникнути у процесі експлуатації асептичного обладнання, а саме: погана герметизація упаковки та недостатня цілісність упаковки, неналежне очищення труби для наповнення продукту, що може призвести до забруднення продукту, герметичність з'єднань і цілісність прокладок. Запропоновано здійснювати технічне обслуговування наступним чином: перший етап ґрунтується на необхідності виявлення та вирішення всіх можливих критичних контрольних точок, які можуть відігравати фундаментальну роль у визначенні безпеки кінцевого продукту. Другий етап вимагає застосування інженерних методів технічного обслуговування для управління критичними показниками надійності обладнання. Третій етап базується на аналізі безпеки та надійності для управління критичними факторами безпеки продукції та надійності обладнання.

					<b>ДонНУЕТ.133.ГМБ-23м.2024.ПЗ</b>			
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>	<i>Шляхов</i>				<b>Удосконалення обладнання асептичної лінії упаковки рідких харчових продуктів та технічне обслуговування</b>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>	<i>Омельченко</i>						6	1
<i>Н. Контр.</i>	<i>Омельченко</i>					<b>ДонНУЕТ Кафедра ЗІДО</b>		
<i>Затверд.</i>	<i>Хорольський</i>							

# РОЗДІЛ 1

## АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ АСЕПТИЧНОЇ ОБРОБКИ ТА УПАКОВКИ РІДКИХ ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ

### 1.1 Асептична система пакування

Упаковка відіграє важливу роль у процесі виробництва харчових продуктів. Вона забезпечує гарантію безпеки від мікроорганізмів та біологічних і хімічних змін, завдяки чому упаковані продукти можуть мати довший термін зберігання. Для того, щоб задовольнити величезний попит на оброблені харчові продукти з більш тривалим терміном зберігання в харчовій промисловості використовуються різні нові методи упаковки. Асептична упаковка передбачає згортання та герметизацію мікробіологічно стабільного (тобто комерційно стерильного) продукту в стерилізовані контейнери в умовах, що запобігають повторному забрудненню мікробами продукту, тари та їх закриттю (тобто в асептичних умовах).

Асептичну упаковку можна визначити як наповнення комерційно стерильного продукту у стерильний контейнер в асептичних умовах і герметично закупорювану тару з метою запобігання повторного інфікування. В результаті виходить продукт, який стійкий до зберігання в умовах навколишнього середовища. Термін «асептика» походить від грецького слова «septicos», що означає відсутність гнильних мікроорганізмів. Асептична упаковка дуже добре прийнята в харчових продуктах і напоях по всьому світу, як безпечний і високоякісний варіант упаковки. Асептична обробка – процес за допомогою якого стерильний (асептичний) продукт упаковується в стерильний контейнер таким чином, щоб підтримувати стерильність [6-10]. Асептична обробка стерилізує харчові продукти, знищуючи шкідливі бактерії та патогенні мікроорганізми за допомогою жорстко контрольованого термічного процесу та поєднує стерильний продукт зі стерильним пакувальним матеріалом у стерильному середовищі. Таким чином, стабільний продукт не вимагає охолодження.

Основними операціями в асептичній упаковці є нагрівання продукту до температури стерилізації (140-150°C протягом декількох секунд), підтримання стерильності продукції до моменту її охолодження/упаковки та розлив у стерильну тару та асептичне запечатування. Пакувальні матеріали відіграють дуже важливу роль в упаковці продукції, тому матеріалами 1-го покоління є паперовий картон/пластик/фольга/пластиковий ламінат, а матеріалами 2-го покоління є пластикові контейнери. Асептична упаковка пропонує важливі переваги: безпека харчових продуктів, зручність, доступність, економічна ефективність при транспортуванні та зберіганні з мінімальним впливом на навколишнє середовище, відсутність необхідності в холододовому ланцюгу.

					<b>ДонНУЕТ.133.ГМБ-23м.2024.ПЗ</b>			
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Шляхов</i>			<b>Удосконалення обладнання для асептичної лінії упаковки рідких харчових продуктів та технічне обслуговування</b>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Омельченко</i>					7	15
<i>Н. Контр.</i>		<i>Омельченко</i>				<b>ДонНУЕТ Кафедра ЗІДО</b>		
<i>Затверд.</i>		<i>Хорольський</i>						

Виробництво комерційно стерильного продукту шляхом безперервної ультрависокотемпературної обробки вимагає засобу пакування, який забезпечить постійну стерильність продукту з досягненням очікуваного терміну придатності. Таку вимогу виконує асептична упаковка. Асептична обробка та упаковка означає розлив стерилізованого та охолодженого продукту в попередньо стерилізовані контейнери в асептичних умовах та запечатування в атмосфері вільній від мікроорганізмів [1]. Асептична упаковка – це підхід до пакування, коли продукт упаковується в асептичних умовах. Термін «асептика» походить від грецького слова «septicus», що сприяє відсутності гнильних мікроорганізмів.

Асептична обробка та пакування харчових продуктів полягає у наповненні стерилізованого та охолодженого продукту в попередньо стерилізовані контейнери з подальшим герметичним закупорюванням з попередньо стерилізованим закриттям у попередньо стерилізованому та безперервно дезактивованому тунелі або асептичній робочій зоні. Асептична обробка та пакування є привабливою та складною альтернативою порівняно зі звичайними методами консервування харчових продуктів. Безперервна стерилізація термочутливих рідин, що перекачуються при надвисоких температурах з подальшим швидким охолодженням призводить до чудового кінцевого продукту, який залишається стабільним при зберіганні протягом 12–24 місяців за умов зберігання [2]. Готовий продукт можна розливати в ємності різного складу, різної форми і з безліччю привабливих особливостей. Асептична обробка є ключовою технологією в сучасній термічній обробці харчових продуктів і була визнана інновацією номер один у харчових технологіях.

Технологія асептичної упаковки принципово відрізняється від технології звичайної переробки харчових продуктів шляхом консервування. При консервуванні процес починається з обробки продукту перед наповненням. Початкові операції інактивують ферменти, щоб вони не руйнували продукт під час обробки. Пакет очищається і продукт вводиться в пакет, як правило, в гарячому вигляді. Як правило, повітря, яке може спричинити окислювальне пошкодження, видаляється з внутрішніх приміщень. Пакет герметично закривають, а потім піддають нагріванню. Упаковка повинна витримувати нагрівання приблизно до 100°C для продуктів з високим вмістом кислоти і до 127°C для продуктів з низьким вмістом кислоти, які повинні отримувати додаткове тепло для знищення термостійких спор мікроорганізмів. Пакети, що містять продукт з низьким вмістом кислоти (вище рН 4,5) також повинні витримувати тиск. Хоча звичайне консервування робить харчові продукти комерційно стерильними, поживний вміст і органолептичні властивості продукту зазвичай страждають під час обробки.

Методика асептичної обробки включає в себе стерилізацію продуктів перед фасуванням, стерилізацію пакувальних матеріалів і закупорювальних кришок перед наповненням, стерилізацію асептичних установ перед початком роботи (установка ультрапастеризованої продукції, лінії для продукції, стерильного повітря і газів, наповнювач і відповідні зони машин). Підтримання стерильності в даній повній системі в процесі експлуатації; стерилізація цілих

					<b>ДонНУЕТ.133.ГМБ-23м.2024.ПЗ</b>	Арк.
						8
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



середовищ, що надходять в систему, як повітря, гази, стерильна вода, виробництво герметичних пакетів.

Характеристиками асептичної упаковки є низька швидкість пропускання води і пари, низькі швидкості передачі газу, особливо до кисню. Це актуально для збереження кольору, смаку і поживних складових в продуктах. Гарна фізична або механічна міцність, яка достатня для протистояння будь-яким фізичним пошкодженням під час виробництва, обробки та розповсюдження. Якісні характеристики герметизації запобігають проникненню зовнішніх забруднень і можливість роботи в автоматичному виробничому та фасувальному обладнанні. Стійкість витримувати температури, що виникають під час наповнення продукту, а також під час зберігання та розподілу. Хімічно стійкий до упакованого продукту і здатність виносити стерилізацію пакувального матеріалу з газовим, рідким випромінюванням.

Асептична упаковка містить структуру і склад, які не тільки захищають продукт, але і підтримують якість продукту. Отже, структура, а також склад асептичної упаковки є більш складними і змінюються в залежності від застосування продукту, розміру упаковки та типу упаковки. Такі компоненти, як міцність і цілісність ущільнення, форма упаковки, жорсткість і довговічність, а також властивості перешкод визначають вибір та/або комбінацію необхідних матеріалів [1-6]. Як правило, для досягнення всіх необхідних властивостей асептичні пакети включають в структуру більше одного матеріалу, який збирається шляхом ламінування або процесу спільної екструзії. Пакувальний матеріал повинен відповідати продукту, призначеному для упаковки, і відповідати застосовним вимогам щодо міграції матеріалу. Фізична цілісність упаковки необхідна для забезпечення зберігання продукту та забезпечення стерильності. Пакувальний матеріал повинен витримувати стерилізацію і бути сумісним з методами стерилізації. Упаковка повинна захищати продукт від кисню, також упаковка повинна зберігати аромат продукту.

В основному, існує дві конкретні сфери застосування асептичної упаковки. Перше поле в упаковці передстерилізованих і стерильних продуктів. У нього входять молоко і молочні продукти, пудинги, десерти, фруктові та овочеві соки, супи, соуси, продукти з твердими частинками. По-друге, в упаковці нестерильного продукту, щоб уникнути інфікування мікроорганізмами. Прикладами можуть служити кисломолочні продукти, такі як йогурт.

Асептична упаковка дуже добре зарекомендувала себе в сфері громадського харчування по всьому світу, як безпечний і високоякісний варіант упаковки. Асептична обробка стерилізує харчові продукти шляхом знищення шкідливих бактерій і патогенних мікроорганізмів за допомогою жорстко контрольованого термічного процесу і поєднує стерильний продукт зі стерильним пакувальним матеріалом в стерильному середовищі. Кінцевим результатом є продукт тривалого зберігання, який не потребує охолодження. Упаковка для асептики є особливо вимогливою до тривалого терміну зберігання, високої цілісності та привабливою для споживачів. Сьогодні це в основному використовується у внутрішніх контактних шарах упаковки, тим

					<b>ДонНУЕТ.133.ГМБ-23м.2024.ПЗ</b>	Арк.
						9
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

самим захищаючи якість продукту. Зовсім недавно асептична упаковка стала застосовуватися для вина, супів, дитячого харчування та водних продуктів.

## 1.2 Процес асептичної упаковки рідких харчових продуктів

Однією з ланок харчової промисловості є обробка та пакування асептичних рідких харчових продуктів, таких як молоко або фруктовий сік, завжди усвідомлювали необхідність встановлення та підтримки найвищих стандартів гігієни. Однак, в останні роки ця вимога набула ще більшого значення у зв'язку зі змінами технологій. Ринкові (тобто споживчі) очікування щодо якості та гігієни постійно зростають разом із тиском на компанії, як наслідок цих тенденцій, організація технічного обслуговування відіграє важливу роль у розвитку конкурентних переваг.

Розрізняють три основних типи нагріву продукції: прямий, непрямий і омичний. Існують переваги та недоліки використання кожного типу нагрівальної системи. Системи прямого нагріву – передбачають конденсацію пари в продукті, що можна зробити двома способами [3-6]:

1. Впорскування пари. Коли пара впорскується безпосередньо в продукт, що протікає через інжекторну камеру.

2. Парова інфузія. Коли продукт розпорошується у велику парову камеру під тиском і стерилізується при падінні у вигляді плівки або крапель через камеру спалаху для випаровування доданої води, що призводить до швидкого охолодження комерційно стерилізованого продукту.

Системи непрямого нагріву – передбачають використання обладнання для обміну теплом між поверхнею, яка нагрівається і продуктом. Існує три основних способи використання непрямого тепла при асептичній обробці. Вони бувають:

1. Пластинчасті теплообмінники, де пластини в системі служать поверхнею теплообміну і бар'єром з циркулюючою гарячою водою (для попереднього підігрівача) з одного боку і продуктом з іншого. Ця система схожа на ті, що використовуються в пастеризованій молочній промисловості. Використовуються найчастіше для однорідних рідин, таких як молоко та інші молочні продукти.

2. Трубчасті теплообмінники, як правило, використовують концентричні трубки як бар'єрну поверхню теплообміну. Продукт тече через внутрішню трубку двотрубних систем і середню трубку в трьохтрубних системах, при цьому теплоносій тече в зворотному напрямку по інших трубках. У випадку з трубчастими теплообмінниками трубка може бути згорнута всередині великої оболонки, при цьому продукт також протікає через трубку в напрямку протилежному потоку теплоносія. Як і у випадку з пластинчастими теплообмінниками в цих системах зазвичай обробляються однорідні продукти, такі як молоко.

3. Теплообмінники зі скребковою поверхнею складаються з валу із лопатями скребка, як правило, концентрично розташованими в ізолюваній трубці теплообмінника з сорочкою. Виріб притискається до внутрішньої

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-23м.2024.ПЗ	Арк.
						10
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

теплообмінної/бар'єрної стінки силою насоса, який транспортує продукт через нагрівач. Леза, які мають незначний ступінь незалежного руху, потім «зішкрібають» наріст продукту з поверхні теплообміну. Теплоносієм є циркулююча вода або пар, який протікає з протилежного боку внутрішньої теплообмінної/бар'єрної стінки. Ці системи теплообміну зазвичай використовуються для обробки в'язких продуктів, таких як пудинги або для продуктів, що містять тверді частинки, таких як деякі супи.

Омічний нагрів – це відносно новий метод нагрівання продукту, при якому через відповідний провідний виріб пропускається електричний струм, що викликає нагрівання продукту. Система працює в умовах безперервного потоку з проходженням продукту по електродах в одній або декількох нагрівальних трубках з подальшим охолодженням продукту в скребкових поверхнях, трубках в кожухових або пластинчастих теплообмінниках. Провідність і електричний опір виробу впливає на швидкість нагріву. Через це рецептура продукту стає критично важливою для процесу. Харчові продукти, які не є хорошими провідниками електричного струму не є хорошими кандидатами для омічного опалення.

Асептичні процеси засновані на безперервному потоці продукту через утримуючу трубку. Цей безперервний потік покладається на насоси і тому ці насоси мають вирішальне значення в конструкції системи. Дозуючий насос повинен бути розташований вище за течією від труби, що утримує, і повинен працювати для підтримки необхідної швидкості потоку продукту. Об'ємний насос використовується як дозуючий оскільки він менш чутливий до перепадів тиску та прослизання, ніж відцентрові насоси. Характеристики виробу можуть визначати тип використовуваного об'ємного насоса [3]. Коли перепад тиску в системі невеликий і продукт містить лише дрібні частинки то може використовуватися роторний об'ємний насос. При більш високих перепадах тиску і для великих твердих частинок зазвичай вибирають поршневий насос. Дозуючі (синхронізовані) насоси можуть бути зі змінною швидкістю або з фіксованою швидкістю. В останньому швидкість перекачування не може бути змінена без демонтажу насоса. Якщо насос є пристроєм зі змінною швидкістю (наприклад, має привід типу Рівза), необхідно передбачити засіб запобігання несанкціонованій зміні швидкості. Це може бути блокування на пристрої або повідомлення від керівництва, яке розміщене поруч з ним, що дає відповідне попередження.

Асептична лінія упаковки рідких харчових продуктів вимагає від виробників визначити критичні контрольні точки обладнання, щоб взяти їх під контроль на різних етапах виробництва. Розглянемо деякі функції, які можна вважати критично важливими для задоволення вимог продукту та процесу: стерилізація продуктів, стерилізація обладнання, формування, наповнення та герметизація упаковки, обробка упаковки.

Розглядається виробничий процес, що існує в галузі асептичної обробки та пакування (основний процес): починаючи від сирого рідкого продукту, ультрапастерилізації ультрапастеризованого продукту, асептичної упаковки, закінчуючи зберіганням і дистрибуцією. Критичність обладнання та процесу визначається разом із потенційними взаємодіями, що існують між надійністю

					<b>ДонНУЕТ.133.ГМБ-23м.2024.ПЗ</b>	Арк.
						11
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

обладнання та безпекою продукції. Виробничий процес для асептичної лінії упаковки рідких харчових продуктів базується на трьох основних операціях:

1. Обробка продуктів (стерилізація). Обробка продукту охоплює процеси від резервуара для входу сирих продуктів стерилізатора надвисокої температури до впускного клапана обладнання для асептичного наповнення. Вхідний продукт стерилізується за допомогою різних технічних рішень, але комерційно стерильний харчовий продукт, як наслідок, повинен бути вільним від токсинів, патогенних мікроорганізмів і мікроорганізмів, які можуть рости при нормальних умовах зберігання і розподілу.

Агентами для стерилізації є тепло, хімікати та радіація. Тепло використовувалося як стерилізатор для асептичних систем, як природне продовження термічної обробки. Лінії подачі продукції та наповнювачі в основному стерилізуються «вологим» теплом у вигляді гарячої води або насиченої пари під тиском [1]. Для стерилізації обладнання використовується «сухе» тепло, у вигляді перегрітої пари або гарячого повітря. Перекис водню використовується в якості хімічного стерилізатора. Інші хімічні речовини, які використовувалися як стерилізатори, в основному для використання в системах для кислотних харчових продуктів, які включають різні кислоти, етанол, оксид етилену та оцтову кислоту. Більшість асептичних пакувальних систем використовують перекис водню (в концентраціях від 30 до 35%), як стерилізатор для пакувальних матеріалів, ніж гарячим повітрям (від 60°C до 125°C) для видалення залишків водню.

Стерилізатори або трубки для тримання повинні бути оснащені пристроєм для визначення температури. Якщо система оснащена лише одним пристроєм для вимірювання температури то зонд для цього пристрою, зазвичай, розташовується поблизу пристрою реєстрації температури. Термометри з ртуттю в склі та інші прилади для вимірювання температури є еталонними приладами і, як зазначено в правилах, повинні перевірятися на точність відповідно до відомого стандарту при установці і не рідше одного разу на рік після цього [3, 8, 10]. Правила не вимагають ведення протоколів калібрування, однак, як еталонний прилад для індикації температури обробки, важливо, щоб фірма могла документально підтвердити, що були проведені необхідні випробування для точності. Пристрій для реєстрації температури повинен бути встановлений у потоці продукту на виході з трубки для утримання між трубкою для утримання та входом у охолоджувач. Температурний графік повинен бути скоригований таким чином, щоб він якомога точніше відповідав відомо точному ртутному термометру, але ні в якому разі не був вищим за відомий точний ртутний термометр.

2. Асептична упаковка (асептичне наповнення). Після того, як продукт доведений до температури стерилізації, він перетікає в трубку для зберігання. Трубка забезпечує необхідний час перебування при температурі стерилізації. Процес розроблений таким чином, щоб гарантувати, що частинка, що найшвидше рухається через трубку для утримання, отримує процес, який достатній для стерилізації. Оскільки при проходженні продукту через утримуючу трубку відбувається деяка втрата температури, температура продукту повинна бути досить високою на вході, щоб навіть при деякому

					<b>ДонНУЕТ.133.ГМБ-23м.2024.ПЗ</b>	Арк.
						12
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

перепаді температури вона все ще залишалася принаймні на встановленій мінімальній температурі на виході з трубки утримання. Зовнішній нагрів утримуючої трубки не повинен відбуватися.

Асептична упаковка охоплює процеси від клапана наповнення продукту (розливної машини) до остаточного закриття контейнерів. Стерильний продукт перекачують у стерильне середовище для введення в пакувальний матеріал, який зазвичай стерилізується асептичним наповнювачем. Наповнення, формування, герметизація та різання упаковки є критично важливими операціями, які необхідні для виготовлення герметичної упаковки і готової до зберігання та розповсюдження.

Для видалення повітря використовується деаератор, так як більшість продуктів, які піддаються асептичній обробці, перед упаковкою підлягають деаерації. Повітря видаляється для запобігання небажаних окислювальних реакцій, які виникають при підвищенні температури продукту в процесі роботи. Деаератор, як правило, складається з посудини, в якій продукт піддається впливу вакууму з безперервним потоком.

Перед пакуванням стерилізований продукт накопичується в асептичному розширювальному баку. Система клапанів, яка з'єднує розширювальний бак між кінцем охолоджувальної секції та пакувальною системою, дозволяє процесору виконувати функції обробки та пакування більш-менш незалежно. Продукт закачується в розширювальний бак і видаляється шляхом підтримки позитивного тиску в резервуарі стерильним повітрям або іншим стерильним газом. Позитивний тиск необхідно контролювати та контролювати, щоб захистити резервуар від забруднення [4, 5, 8]. Асептичні розширювальні баки іноді використовуються як засіб для тимчасового зберігання стерильного продукту. Це робиться для забезпечення безперервної подачі продукту до наповнювача або для відведення стерильного продукту в разі зупинки пакувальної машини. Розширювальні баки стерилізуються перед запуском подачі продукту парою або водою до будь-якого повітряного фільтра в магістралі або до заливного клапана. Як правило, асептичні розширювальні баки повинні вентилуватися подібно до нерухомих реторт. На асептичних розширювальних баках необхідно підтримувати стерильний надлишковий тиск повітря для забезпечення належної роботи (тобто надходження продукту до наповнювача). Стерильне повітря або газ утворюється шляхом спалювання та/або фільтрації.

3. Розподіл та зберігання упаковки. Розподіл упаковки охоплює процеси від виробництва машини для наповнення до зберігання упаковок (для цієї мети зазвичай використовуються розподільчі машини, такі як аплікатори, пакувальники лотків тощо). На рисунку 1.1 представлено три основні блоки, що стосуються процесу асептичної упаковки рідких харчових продуктів.

Процес асептичної упаковки рідких харчових продуктів повинен задовольняти чотирьом основним вимогам:

- стерилізація сирих рідких продуктів;
- асептична упаковка;
- виробництво герметичних упаковок;
- збереження цілісності упаковки при розподілі та зберіганні.

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-23м.2024.ПЗ	Арк.
						13
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

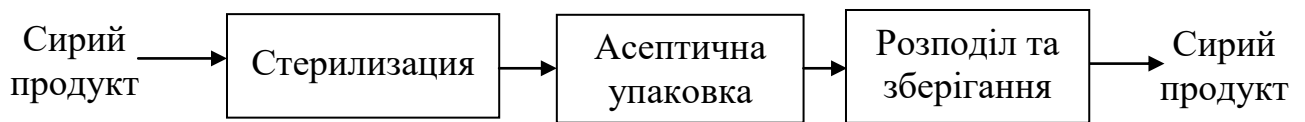


Рисунок 1.1 – Процес асептичної упаковки рідких харчових продуктів

Сирий продукт повинен бути простерилізований, упакований і зберігатися в стерильному стані протягом різних фаз його придатності. Щоб досягти такого результату, рідкий продукт повинен слідувати асептичній передачі протягом усього процесу. Технологічна схема процесу асептичної упаковки рідких харчових продуктів наведена на рисунку 1.2.

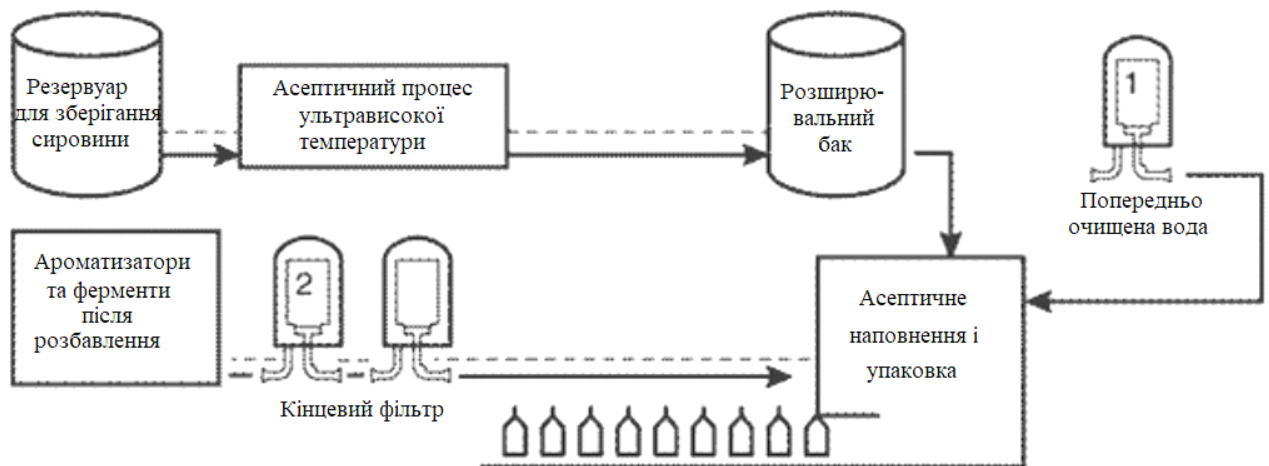


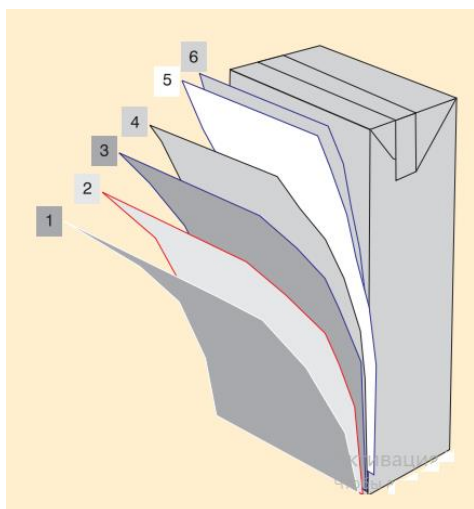
Рисунок 1.2 – Технологічна схема процесу асептичної упаковки рідких харчових продуктів

Після стерилізації продукту рідина перекачується в ємність, яка була попередньо простерилізована. Стерильний продукт, що зберігається в закритій упаковці, може бути забруднений в будь-який момент при втраті цілісності упаковки. Невеликий отвір, розміром в один мікромметр, що утворився в результаті подряпини або через погану герметизацію упаковки, може призвести до забруднення продукту. Деякі критично важливі функції, такі як:

- стерилізація обладнання;
- наповнення, формування;
- герметизація упаковки.

Будь-яка асептична система повинна мати можливість герметичного закриття та/або герметичного запечатування упаковки для збереження стерильності під час обробки та розподілу. Тому цілісність замикання та печатки має першорядне значення. Цілісність термоуцільнювачів використовується в більшості асептичних систем [11]. На системи в основному впливає ефективність використовуваної системи ущільнення та забруднення зони термоуцільнення продуктом. Щоб уникнути повторного забруднення,

потрібні герметичні виробничі вузли. В системі Тетрапак виготовляються дві системи: поздовжній і поперечний шов (рис. 1.3).



1. Поліетилен: захищає від вологи
2. Папір: для стабільності та міцності
3. Поліетилен: адгезія
4. Алюміній: кисень, смак, світло
5. Поліетилен: адгезія
6. Поліетилен: ущільнює рідину

Рисунок 1.3 – Склад асептичного картону Тетрапак

Недотримання означених вимог може спричинити забруднення продукту, якщо не проводити відповідні заходи з технічного обслуговування обладнання лінії. Забруднення продукції може бути небезпечним для здоров'я населення.

### 1.3 Методи стерилізації, які використовуються в асептичних пакувальних системах

В асептичній упаковці сирий або необроблений продукт нагрівається, стерилізується шляхом витримки при високій температурі протягом заданого часу, потім охолоджується і доставляється в пакувальну одиницю для упаковки, в той час як пакувальний матеріал і поверхня обладнання можуть бути стерилізовані різними методами, такими як тепло, перекис водню, опромінення, інфрачервоне світло та комбінаціями методів. Асептична упаковка може використовуватися для упаковки широкого спектру продуктів, таких як молоко, соки, напої, концентрати, вино, чай, мінеральна вода, харчові напої, соуси, молочні та томатні продукти. Асептична упаковка дає переваги як споживачеві, так і каналам збуту (нижчі витрати на дистрибуцію та зберігання, подовжений термін придатності, економічність і відсутність добавок). Стерилізація пакувального матеріалу є критично важливим етапом у системі асептичної упаковки. Тому процес стерилізації повинен відповідати наступним вимогам до стерилізації пакувальних матеріалів [4]:

- бурхлива мікробна активність;
- сумісність з оброблюваними поверхнями, особливо з пакувальним матеріалом і обладнанням;
- легко видаляється з поверхні, мінімум залишку;
- не становлять небезпеки для здоров'я споживача;
- відсутність негативного впливу на якість продукції в разі неминучого залишку або помилково високої концентрації;

- не становлять небезпеки для здоров'я обслуговуючого персоналу навколо пакувального обладнання;
- сумісність з навколишнім середовищем;
- не піддається корозії оброблюваними поверхнями;
- надійний і економічний.

Стерилізатори не залишають жодних слідів на поверхні контакту з харчовими продуктами. Тому стерилізацію варто розглядати як процес, який регулюється тільки при використанні на продуктах з низьким вмістом кислоти. Для успішної роботи систем асептичної упаковки можуть бути ефективно розроблені параметри адекватності процесу. Основною проблемою при асептичній упаковці харчових продуктів з низьким вмістом кислоти ( $pH > 4,6$ ) є забезпечення мікробної безпеки в продуктах, які підтримують ріст деяких бактерій. Перекис водню в даний час є єдиним хімічним стерилізантом для стерилізації пакувальних матеріалів. У правильно розробленій асептичній системі упаковки забезпечується хороший мікробіцидний ефект.

В даний час в асептичних системах упаковки використовуються різні методи стерилізації пакувальних матеріалів. Використовуваний процес стерилізації повинен бути встановлений з точки зору числа скорочень логарифмічного циклу найбільш стійких організмів. Пакувальний матеріал зазвичай стерилізують або всередині пакувальної машини, або зовні і вводять асептично в асептичну зону пакувальної машини. У багатьох асептичних пакувальних системах використовується пластик.

Інактивація мікроорганізмів традиційно здійснюється нагріванням. Мікроорганізми, особливо спори, виявляють більшу термічну стійкість під впливом сухого тепла, ніж вологого. Сухе тепло викликає загибель мікроорганізмів в результаті зневоднення з подальшим окисленням білків. Загибель від вологого тепла обумовлена денатурацією і коагуляцією незамінних білків клітин. Швидкість реакції та їх руйнування залежить від того, наскільки швидко тепло від теплового носія може бути передано сировині. Коли використовується тепло то необхідно враховувати характер поверхні. Пластик або картонна упаковка, з їх низькою провідністю, більш складні для термічної стерилізації, ніж металеві контейнери. Крім того, пластикові матеріали, як правило, мають низьку термічну стабільність і можуть постійно деформуватися. Термічні процеси не залишають небезпечних або небажаних залишків на оброблюваній поверхні і не становлять небезпеки для навколишнього середовища.

1. Насичена пара є формою вологого тепла. Стерилізація металевих банок і кришок насиченою парою під тиском застосовувалася ще в 1920 р в США і застосовується сьогодні для стерилізації термостабільних пластикових стаканчиків. Щоб досягти адекватного руйнування за короткий час, доступний у високошвидкісних пакувальних установках, температура поверхні матеріалу повинна досягати  $135^{\circ}\text{C}$  [4-8]. Технологічна проблема полягає в отриманні надзвичайно високої температури поверхні для досягнення необхідної стерильності за час, що відповідає високим темпам виробництва і для уникнення розм'якшення та деформації матеріалу. Формовані полістирольні стаканчики і кришки з фольги піддаються впливу насиченої пари при

					<b>ДонНУЕТ.133.ГМБ-23м.2024.ПЗ</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16



температурі 165<sup>0</sup>С. У той же час зовнішня поверхня чашки охолоджується, щоб обмежити вплив короткочасного застосування тепла на матеріал.

Вологе тепло може спричинити утворення пухирів або розшарування пакувальних матеріалів на паперовій основі та погіршити характеристики термозварювання пластику. Атмосферну пару можна використовувати тільки на непаперових попередньо сформованих ємностях. Насичена пара є кращим методом обробки для стерилізації металевих поверхонь, що контактують з харчовими продуктами нижче за течією від трубки для тримання, включаючи стерильні утримувальні баки, гомогенізатори і зону асептичної упаковки. Стерилізація обладнання може бути досягнута шляхом впливу на поверхні відповідної послідовності часу та температури (наприклад, 30 хв при температурі поверхні не менше 121<sup>0</sup>С) перегрітою водою, насиченою парою, перегрітою парою або іншими відповідними обробками.

2. Перегріта пара і гаряче повітря. Сухе тепло, що подається перегрітою парою або гарячим повітрям, не таке ефективне, як вологе тепло при тій же температурі для стерилізації, тому потрібні більш високі температури. Коли використовуються пакувальні матеріали на паперовій основі, перевага віддається гарячому повітрю в якості стерилізатора перед перегрітою парою. Цей метод був визнаний придатним лише для продуктів, які мають рН <4,6. Стерилізація гарячим повітрям або перегрітою парою не впливає на якість пакувального матеріалу. Крім того, температура у всій асептичній камері може підтримуватися на рівні, смертельному для мікроорганізмів, що забезпечує асептичність [2, 4, 8]. Висока температура газу в момент герметизації також знижує рівень кисню в герметичній упаковці і може сприяти продовженню терміну зберігання продукції. Установки для стерилізації гарячим повітрям є у продажу соків і напоїв. Сухожарова стерилізація відбувається повільно і не підходить для чутливих до тепла матеріалів, таких як багато пластикових предметів.

3. Нагрівання шляхом екструзії. Асептична пакувальна система з використанням процесу термічної екструзії для стерилізації – це система упаковки, яка використовується для виробництва багатошарового пакувального матеріалу для створення стерильної контактної поверхні продукту. Температури 180–230<sup>0</sup>С можуть бути досягнуті під час екструзії гранульованих матеріалів, як попередня обробка для подальшої операції видувного формування. Висока температура, що утворюється при екструзії, створює стерильні поверхні. Під час виробництва багатошаровий пакувальний матеріал подається в машину, де в стерильних умовах розшаровується. При цьому видаляється шар сировини і оголюється поверхня контакту стерильного продукту. Стерильність зон формування, облицювання і герметизації підтримується стерильним повітрям під позитивним тиском. Асептичне нагрівання в екструдовану тару виявляється придатним тільки для кислих продуктів з рН менше 4,6. Для виробів з рН більше 4,6 екструдовані ємності слід попередньо стерилізувати перекисом водню. На рисунку 1.4 представлено процес асептичної упаковки рідких харчових продуктів.

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-23м.2024.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

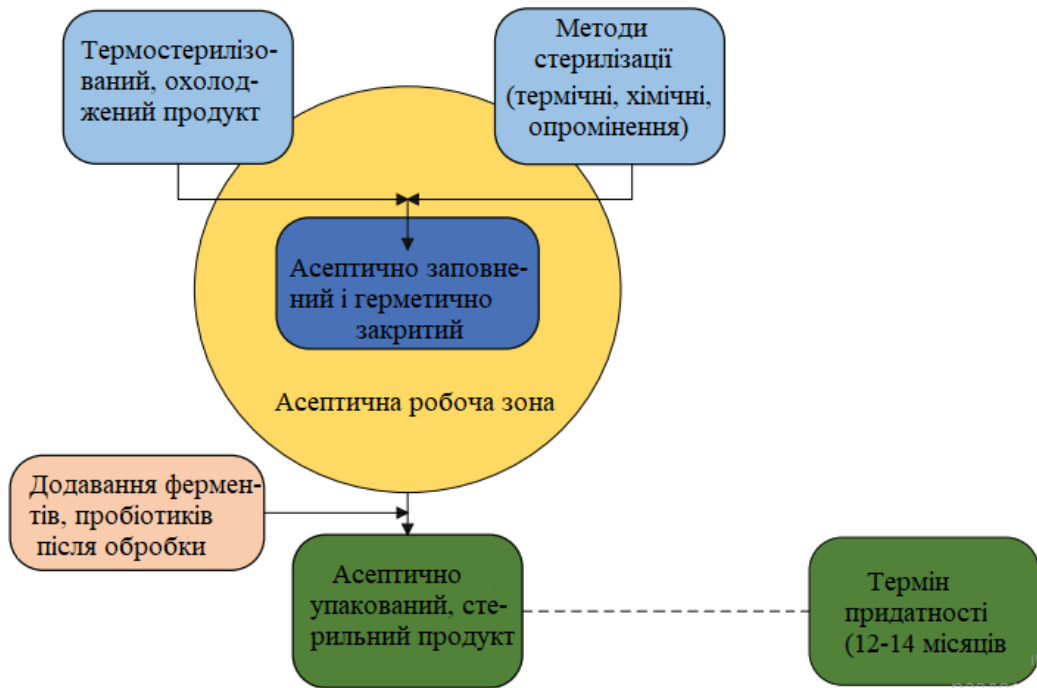


Рисунок 1.4 – Обробка в асептичних пакувальних системах

3. Випромінювання. Коли ні тепло, ні хімічні речовини не можуть бути використані для стерилізації сировини, радіація розглядається як варіант. Електромагнітними випромінюваннями, що характеризуються частотою, довжиною хвилі, проникаючою здатністю і енергетичним діапазоном є інфрачервоні, ультрафіолетові промені тощо. Дозування і вид променевої стерилізації є функцією виду і величини мікробного навантаження, яку необхідно видалити з даних матеріалів і обладнання. Оскільки опромінення не залишає слідів на оброблюваній поверхні і не впливає на найближче оточення, на перший погляд воно здається ідеальним рішенням для стерилізації пакувального матеріалу. Опромінення може опосередковано впливати на хімічні або біологічні властивості, приводячи до взаємодії з упакованим продуктом, зміни його ефективності або зручності використання.

4. Ультрафіолетове опромінення. Ультрафіолетове опромінення успішно застосовується для стерилізації повітря і води, вільної від зважених речовин. З розвитком більш потужних джерел ультрафіолетового випромінювання були зроблені спроби використовувати його для поверхневої стерилізації. Ультрафіолетове світло з довжиною хвилі 253,7 нм є ефективним бактерицидом проти дріжджів, цвілі, бактерій, вірусів і водоростей. Джерела ультрафіолетового випромінювання високої інтенсивності дуже ефективні в знищенні незахищених мікроорганізмів, зважених на повітрі або на поверхні матеріалів і виробів [4-9]. Дослідження вказують на чудовий потенціал процесу стерилізації асептичних пакувальних матеріалів і доцільність використовувати високоінтенсивне ультрафіолетове випромінювання для стерилізації асептичного пакувального матеріалу. І вегетативні клітини, і спори чутливі до ультрафіолетового випромінювання. Ультрафіолетове опромінення в практичних умовах завжди призводить до зменшення в 2-3 логарифмічного впливу, а спори цвілі можуть бути особливо стійкими. Таке низьке зменшення

кількості є необхідним для асептичної упаковки. Таким чином, цей процес підходить лише для процесу лісозаготівлі та пакування з відносно низьким рівнем забруднення.

Інфрачервоне опромінення найкраще наносити на гладку рівну поверхню з вертикальним нахилом випромінювання. Цей метод був використаний для обробки внутрішньої частини алюмінієвих кришок із пластиковим покриттям на зовнішній поверхні. Оскільки підвищення температури може спричинити розм'якшення пластику, максимальна температура та час впливу обмежені. Було виявлено зменшення кількості в тому ж порядку, що і для ультрафіолетового опромінення.

Іонізуюче випромінювання є відмінним стерилізуючим засобом і проникає глибоко в предмети. До іонізуючих випромінювань основного інтересу належать  $\alpha$ -промені, рентгенівські промені,  $\beta$ -промені, електронні пучки та  $\gamma$ -промені. Однак особливості збереження стерильності під час операції перенесення на носик асептичної машини викликає деякі сумніви щодо практичності стерилізованих пакувальних матеріалів гамма-опромінення для використання на харчових продуктах з низьким вмістом кислоти. Посилене екранування, яке необхідне для запобігання витоку радіації від джерела гамма-випромінювання, робить систему недоцільною для використання для вбудованої стерилізації. Гамма-випромінювання ще не знайшло широкого застосування через вартість і занепокоєння з приводу впливу  $\gamma$ -випромінювання на продукти харчування [1-4]. Необхідно дотримуватися обережності при використанні іонізуючих випромінювань для стерилізації асептичних пакувальних матеріалів. Хоча алюмінієва фольга не піддається опроміненню, папір і пластик можуть постраждати, що може призвести до зміни кольору, до втрати податливості та механічної міцності. Хоча радіація може бути досить ефективною, обладнання дороге, як і захист працівників і навколишнього середовища. Працівники, як правило, не бажають працювати в такому середовищі. Ймовірно він буде більш широко використовуватися в майбутньому.

Світловий імпульс – технологія використання коротких імпульсів світла є привабливою альтернативою для стерилізації пакувальних матеріалів та обладнання для переробки в асептичній упаковці. Спектр світла, що використовується для цілей стерилізації, включає довжини хвиль в ультрафіолетовому діапазоні до довжин хвиль в ближньому інфрачервоному діапазоні. Матеріал, що підлягає стерилізації, піддається впливу на поверхню не менше одного імпульсу світла. Світлові імпульси не впливають на утримання поживних речовин у продукті, хоча детальне дослідження недоступне. Витрати на обробку імпульсним світлом дуже вигідні. Пакувальні матеріали, які сумісні з цим процесом, будуть пропускати світло в широкому спектрі. Геометрія упаковки не повинна допускати затінення на виробі або вплив світла може бути недостатнім.

5. Поєднання перекису водню з ультрафіолетом. Здатність УФ і перекису водню інактивувати бактерії добре відомо давно. Процес одночасного нанесення розчину перекису водню та ультрафіолету забезпечить адекватну спороцидну активність до відносно низьких концентрацій розчину перекису

					ДонНУЕТ.133.ГМБ-23м.2024.ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

водню, зводячи до мінімуму проблему видалення залишків після стерилізації. Багато дослідників розглядали стерилізацію пакувальних матеріалів за допомогою перекису і ультрафіолетового опромінення [1-8]. Було встановлено, що летальна дія розчинів перекису із застосуванням тепла і без нього збільшується при одночасному ультрафіолетовому опроміненні, і що загальний летальний ефект більше, ніж сума ефектів тільки перекису і опромінення. Більш високе зменшення можна отримати шляхом попередньої обробки поверхні холодним перекисом водню і шляхом забезпечення відсутності пилу на поверхні. Ефект є оптимальним при відносно низькій концентрації перекису, від 0,5 до 5%, а при більш високій концентрації перекис має захисну дію і чим більша інтенсивність ультрафіолету, тим вища оптимальна концентрація перекису.

Стерилізація пакувальних матеріалів в процесі переробки створює певні специфічні особливості. Очевидно, що стерилізація перекисом водню з подальшим використанням гарячим повітрям має найбільший потенціал для використання в якості вбудованих стерилізаторів для пакувальних матеріалів. Ця комбінація перевірена часом і жоден негативний звіт, здається, не поставив жодних сумнівів щодо прийнятності методу. Стерилізація пакувальних матеріалів з використанням перекису водню з подальшим ультрафіолетовим опроміненням також прийнята для промислового застосування. Сухе тепло, насичена пара та перегріта пара можуть бути ефективними стерилізаторами, але ступінь нагрівання пошкоджує багато пакувальних матеріалів і тому їх застосування обмежене. Інфрачервоні промені не можна застосовувати, оскільки через інфрачервоне застосування відбувається підвищення температури пакувального матеріалу, що призводить до розм'якшення пластику. Іонізуючі промені не приймаються, так як вони шкідливо впливають на особовий склад. Світлові імпульси недостатньо вивчені в частині їх впливу на харчовий матеріал. Оксид етилену вимагає дуже тривалого часу, що виключає його використання для потокового застосування. Надоцтова кислота викликає неприємні наслідки в продукті, якщо залишкові відкладення укладені в контейнер. Бета-пропіолактон не має проникаючої здатності оксиду етилену, а етанол не ефективний проти спор.

На основі вище зазначеного можна вважати, що асептична упаковка дуже добре зарекомендувала себе в сфері громадського харчування по всьому світу, як безпечний і високоякісний варіант упаковки. Асептичну упаковку можна розглядати як наповнення комерційно стерильного продукту у стерильний контейнер в асептичних умовах і герметичне закупорювання тари з метою запобігання повторного інфікування. В результаті виходить продукт, який стійкий до зберігання в умовах навколишнього середовища. Термін «асептика» походить від грецького слова «septicos», що означає відсутність гнільних мікроорганізмів.

На практиці, як правило, виділяють дві специфічні сфери застосування технології асептичної упаковки: упаковка передстерилізованих і стерильних продуктів. Прикладами можуть служити молоко і молочні продукти, пудинги, десерти, фруктові та овочеві соки, супи, соуси, продукти з твердими частинками. Упаковка нестерильного продукту, щоб уникнути інфікування

					<b>ДонНУЕТ.133.ГМБ-23м.2024.ПЗ</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

мікроорганізмами. Прикладами такого застосування є ферментовані молочні продукти, такі як йогурт.

Асептична обробка стерилізує харчові продукти шляхом знищення шкідливих бактерій і патогенних мікроорганізмів за допомогою жорстко контрольованого термічного процесу і поєднує стерильний продукт зі стерильним пакувальним матеріалом в стерильному середовищі. Кінцевим результатом є продукт тривалого зберігання, який не потребує охолодження. Упаковка для асептики є особливо вимогливою до тривалого терміну зберігання, високої цілісності та привабливості для споживачів. Сьогодні це в основному використовується у внутрішніх контактних шарах упаковки, тим самим захищаючи якість продукту. Зовсім недавно асептична упаковка стала застосовуватися для вина, супів, дитячого харчування та водних продуктів.

Зазначено, що технологія асептичної упаковки принципово відрізняється від технології звичайної переробки харчових продуктів шляхом консервування. При консервуванні процес починається з обробки продукту перед наповненням. Початкові операції інактивують ферменти, щоб вони не руйнували продукт під час обробки. Пакет очищається і продукт вводиться в пакет, як правило, в гарячому вигляді. Як правило, повітря, яке може спричинити окислювальне пошкодження, видаляється з внутрішніх приміщень. Пакет герметично закривають, а потім піддають нагріванню. Упаковка повинна витримувати нагрівання приблизно до 100°C для продуктів з високою кислотністю і до 127°C для продуктів з низьким вмістом кислоти, які повинні отримувати додаткове тепло для знищення термостійких спор мікроорганізмів. Пакети, що містять продукт з низьким вмістом кислоти (вище рН 4,5) також повинні витримувати тиск. Хоча звичайне консервування робить харчові продукти комерційно стерильними, поживний вміст і органолептичні властивості продукту зазвичай страждають під час обробки.

Сконцентровано увагу на тому, що стерилізація пакувальних матеріалів у процесі переробки створює певні специфічні особливості. Очевидно, що стерилізація перекисом водню з подальшим використанням гарячого повітря має найбільший потенціал для використання в якості вбудованих стерилізаторів для пакувальних матеріалів. Ця комбінація перевірена часом і жоден негативний звіт, здається, не поставив жодних сумнівів щодо прийнятності методу. Стерилізація пакувальних матеріалів з використанням перекису водню з подальшим ультрафіолетовим опроміненням також прийнята для промислового застосування. Сухе тепло, насичена пара та перегріта пара можуть бути ефективними стерилізаторами, але ступінь нагрівання пошкоджує багато пакувальних матеріалів, тому їх застосування обмежене. Інфрачервоні промені не можна застосовувати, оскільки через інфрачервоне застосування відбувається підвищення температури пакувального матеріалу, що призводить до розм'якшення пластику. Іонізуючі промені не приймаються, так як вони шкідливо впливають на особовий склад. Світлові імпульси недостатньо вивчені в частині їх впливу на харчовий матеріал. Оксид етилену вимагає дуже тривалого часу, що виключає його використання для потокового застосування.

					<b>ДонНУЕТ.133.ГМБ-23м.2024.ПЗ</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

## РОЗДІЛ 2

### УДОСКОНАЛЕННЯ ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ АСЕПТИЧНОЇ ЛІНІЇ УПАКОВКИ РІДКИХ ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ

#### 2.1 Система та підсистема асептичної обробки рідких харчових продуктів

Асептична обробка – це безперервна операція. Поведінка однієї частини системи може вплинути на загальну продуктивність всієї системи. Тому для ефективного функціонування пропонується розглядати асептичну лінію упаковки рідких харчових продуктів як об’єкт де виокремлено систему та підсистему асептичної обробки рідких харчових продуктів (наведено на рис. 2.1). При асептичній обробці упаковка і харчовий продукт стерилізуються в окремих системах. Потім стерильний пакет наповнюють стерильним продуктом, закривають і герметизують в стерильній камері. Орган з переробки повинен забезпечувати комерційну стерильність не тільки продукту, але і системи стерилізації продукції, пакувального обладнання та пакувальних матеріалів. Перед початком обробки треба починати обробку обладнання, пакувального обладнання, а також і матеріали повинні бути попередньо простерилізовані. Обробне обладнання може бути попередньо простерилізоване за допомогою пари або гарячої води під тиском.

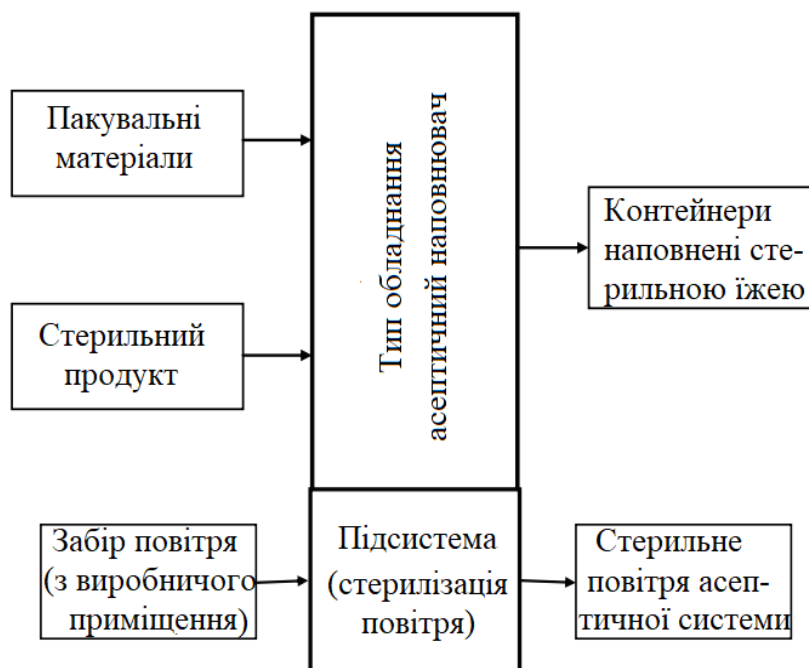


Рисунок 2.1 – Система та підсистема асептичної обробки рідких харчових продуктів

<b>ДонНУЕТ.133.ГМБ-23м.2024.ПЗ</b>				
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
Розроб.		Шляхов		
Перевір.		Омельченко		
Н. Контр.		Омельченко		
Затверд.		Хорольський		
<b>Удосконалення обладнання асептичної лінії упаковки рідких харчових продуктів та технічне обслуговування</b>				
		Літ.	Арк.	Аркушів
			22	10
<b>ДонНУЕТ Кафедра ЗІДО</b>				

Системою є обладнання для асептичного наповнення: вхідними даними є пакувальні матеріали, стерильний продукт, а вихідними – контейнери наповнені стерильним продуктом. Підсистемою є стерилізація: вхідні дані – забір повітря з виробничого приміщення, а вихідні дані – стерильне повітря для асептичної системи.

Пакувальне обладнання та матеріали можуть бути попередньо стерилізовані за допомогою насиченої пари, перегрітої пари, перекису водню та тепла або іншої обробки. Всі процеси повинні пройти валідацію. Запланований процес включатиме продукт, стерильні зони продукту, систему пакування та пакувальні матеріали. Елементи керування рецептурою, такі як крохмаль, розмір частинок і регідратація можуть змінювати швидкість потоку продукту через стерилізаційні трубки. Необхідно контролювати швидкість потоку. Швидкість потоку не повинна бути вищою, ніж швидкість потоку в графіку процесу. Системи прямого нагріву продукту включають впусківання пари і парову інфузію.

Системи непрямого нагріву продукту включають пластинчастий теплообмінник, трубчастий теплообмінник і теплообмінник зі скребковою поверхнею. Труби для утримання повинні бути нахилені вгору. Жодна частина трубки не нагрівається, але може бути ізольована. Рідкі частинки продукту можуть отримувати різний ступінь стерильності в залежності від тривалості обертання частинки в трубці для утримання. [1-6]. Час перебування найшвидшої рухомої частинки визначається органом з обробки. Утримуюча трубка повинна бути сконструйована таким чином, щоб кожна частинка продукту залишалася в трубці протягом зазначеного часу в графіку процесу.

Інше обладнання та органи управління включають пристрої індикації температури та реєстратори. Прилади для вимірювання температури повинні відповідати вимогам, бути перевірені на точність, мати протоколи калібрування і лампочку в безпосередній близькості від реєстратора. Реєстратор повинен бути точним, а лампочка повинна розташовуватися на вихідному кінці трубки для тримання. Процес може мати кілька місць розташування відвідних клапанів у разі падіння температури або падіння тиску в продукті до регенератора продукту. Генератори від продукту до продукту використовуються для одночасного охолодження стерилізованого продукту та нагрівання нестерилізованого продукту. Тиск стерилізованого продукту більше, ніж тиск на нестерилізований продукт. Протитискові пристрої, клапани або отвори можуть використовуватися для підтримки тиску, щоб запобігти спалаху продукту в цілому. Якщо тиск в системі падає, вода в виробі перетворюється на пару.

Автоматизовані системи запобігають упаковці нестерильного продукту. Операції повинні бути перевірені під час запуску, дотримуючись запланованого процесу, гарантуючи, що процес контролює температуру в найхолоднішій точці нижче труби та визначає, як установка запобігає відхиленням під час переходу з води на продукт. Експлуатаційні записи включають: пристрій для індикації температури на кінці трубки для тримання, пристрій для реєстрації температури на кінці всієї трубки, контролер температури на виході з кінцевого нагрівача, запис перепаду тиску генератора, швидкість потоку продукту, пошук

					<b>ДонНУЕТ.133.ГМБ-23м.2024.ПЗ</b>	Арк.
						23
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

стерильного повітря над тиском, виконання ущільнень для обробки паром та записи про передстерилізацію.

Можливі відхилення процесу включають: падіння температури та утримання трубки, втрату перепаду тиску в звичайному генераторі, втрату стерильного тиску повітря або іншого захисту в розширювальному баку, втрату стерильного повітря/газу в стерильній зоні, критичні фактори в графіку процесу, що виходять за межі специфікації. Асептична обробка повинна мати процедури очищення та повторної стерилізації системи. Якщо процедура повторної стерилізації відрізняється від запуску, перевірка процедури здійснюється органом процесу. Фактори, які слід враховувати при повторній переробці, включають раніше оброблений продукт може демонструвати різні характеристики потоку через крохмаль або сполучні речовини. Перевіряються чи підлягають пошкоджені партії переробці окремо, разом або змішуванню з новим продуктом. Упаковка також повинна бути простерилізована за допомогою систем стерилізації. Наприклад, банки і кришки можна стерилізувати за допомогою перегрітої пари.

Асептична система націлена на ті ж мікроорганізми, що і типовий комерційний стерильний консервований продукт з низьким вмістом кислоти. Асептичні системи складаються з засобу для підігріву продукту, насоса синхронізації, трубки для утримання та системи охолодження. Нижче за потоком від трюмної трубки необхідно довести до товарної стерильності перед наповненням. Термічний процес продукту виконується в трубці для зберігання шляхом контролю швидкості потоку, часу та температури. Асептичні зони машин створюють і підтримують стерильну зону для наповнення і запаювання. Стерилізуючі агенти, такі як тепло, хімікати, опромінення або комбінація обробок використовуються для обробки пакувальних матеріалів або поверхонь машин.

## **2.2 Моніторинг стану обладнання для підвищення ефективності асептичного процесу**

Моніторинг стану критичних елементів машини дозволяє виявити деградацію компонентів до того, як вона викличе збій. Функції та компоненти обладнання можна контролювати за допомогою різних типів датчиків, щоб виявити, коли починає виникати знос, пошкодження або критичний сигнал. Виявляючи погіршення критичних сигналів на ранній стадії можна уникнути незапланованих зупинок і подальших пошкоджень. Незважаючи на те, що дуже мало машинобудівників включають моніторинг стану в стандартну комплектацію, обладнання, що використовується для асептичної лінії упаковки рідких харчових продуктів або харчової промисловості в цілому, повинно автоматично включати системи моніторингу критичних параметрів, таких як ті, що пов'язані зі стерилізацією машин або цілісністю упаковки. Різні типи доступних датчиків роблять життєво важливий внесок у підвищення надійності продуктів і процесів. Автоматизовані виробничі лінії в харчовій промисловості та виробництві напоїв зазвичай виграють від використання різних видів

					<b>ДонНУЕТ.133.ГМБ-23м.2024.ПЗ</b>	Арк.
						24
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



датчиків для моніторингу критичних параметрів як онлайн так і за допомогою інших методів.

1. Системи онлайн-моніторингу. Система онлайн-моніторингу використовує пристрій, який постійно контролює певну величину або рух для перетворення одного типу енергії або фізичного атрибута в інший з метою вимірювання та контролю його функції. Основним фактором для системи онлайн-моніторингу є визначення того, яка деталь або функція машини вимагає спостереження в порівнянні з тим, що можна виконати за допомогою портативних систем моніторингу або систем моніторингу захисту.

Системи онлайн-спостереження найчастіше використовуються на обладнанні, яке є дорогим в обслуговуванні і тим, яке негативно впливає на ефективність виробництва при виході з ладу. Іншим ключовим фактором є очікуваний час від першої вказівки на проблему, що розвивається, до фактичного настання збою. Наприклад, якщо обладнання швидше за все вийде з ладу через кілька днів або тижнів, то система онлайн-спостереження є найбільш економічно ефективним підходом. Системи відеоспостереження знайшли широке застосування в небезпечних і важкодоступних місцях або для критично важливих функцій машин.

Безперервний моніторинг стану та дистанційна діагностика – це потужний керований апаратний інтерфейс для моніторингу стану системи в критичних середовищах. Система безпосередньо отримує доступ до стану електронних плат та систем і передає ці дані операторам обладнання або сервісним технікам у вигляді визначених користувачем текстових повідомлень (GSM SMS), електронних листів або візуальних сигналів на місці. Потенціал безперервного віддаленого моніторингу такий, що може замінити деяке профілактичне обслуговування на «ремонт на вимогу», значно скорочуючи витрати на усунення несправностей на місці [5-10]. Необхідне технічне обслуговування обладнання часто може бути діагностовано на ранніх стадіях і проведено під час запланованого відключення. Крім того, підвищується доступність системи, так як більшість відмов контролюємих компонентів можна виявити заздалегідь і тим самим запобігти збоям. Деякими прикладами вимірюваних параметрів стану є час, температура, концентрація рідин, моніторинг процесорів, а також напруги живлення та інші фізичні параметри.

Традиційно моніторинг стану був галуззю, яка вимагала експертних знань для інтерпретації складних сигналів, вироблених машинами, щоб визначити коли відбудеться механічна несправність. Сьогодні датчик відстежує стан машини, а датчик сам аналізує дані, позбавляючи від необхідності періодично проводити інтерпретацію з боку експерта-техніка. Датчик вібрації може розпізнати проблему з підшипником аж до того, який елемент кочення викликає проблему і здатний ігнорувати будь-який фоновий шум, що виникає. Розглянемо методи моніторингу стану, що застосовуються до різних компонентів і функцій обладнання.

1. Інфрачервона термографія (ІЧ). Інфрачервона термографія – це діагностичний метод при якому інфрачервона камера використовується для вимірювання коливань температури на поверхні, створюючи зображення, які виявляють місця аномального деформування. Інфрачервона термографія,

					<b>ДонНУЕТ.133.ГМБ-23м.2024.ПЗ</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

тепловізійна томографія, термографічна візуалізація або тепловізійне відео є різновидом науки про інфрачервону візуалізацію. Термографічні камери виявляють випромінювання в інфрачервоному діапазоні електромагнітного спектра (приблизно 900–14 000 нанометрів або 0,9–14 мкм) і створюють зображення цього випромінювання. Оскільки інфрачервоне випромінювання випромінюється всіма об'єктами залежно від їх температури то відповідно до закону випромінювання чорного тіла термографія дає можливість «бачити» навколишнє середовище з видимим освітленням або без нього [1-7]. Кількість випромінювання, що випромінюється об'єктом, збільшується з температурою. Тому термографія дозволяє побачити коливання температури. При огляді термографічною камерою теплі предмети добре виділяються на більш холодному тлі.

Електричні перевірки можуть виявити деякі потенційні проблеми, які зазвичай залишаються непоміченими, поки не станеться серйозна поломка. У той же час, витoki електроенергії або неправильно збалансовані навантаження збільшують пікові навантаження на електроенергію і, таким чином, можуть призвести до непотрібних нарахувань. ІЧ-інспекція електричних компонентів може виявити різні проблеми в електрошафах, як і погані з'єднання, короткі замикання, перевантаження, дисбаланс навантаження (рис. 2.2).

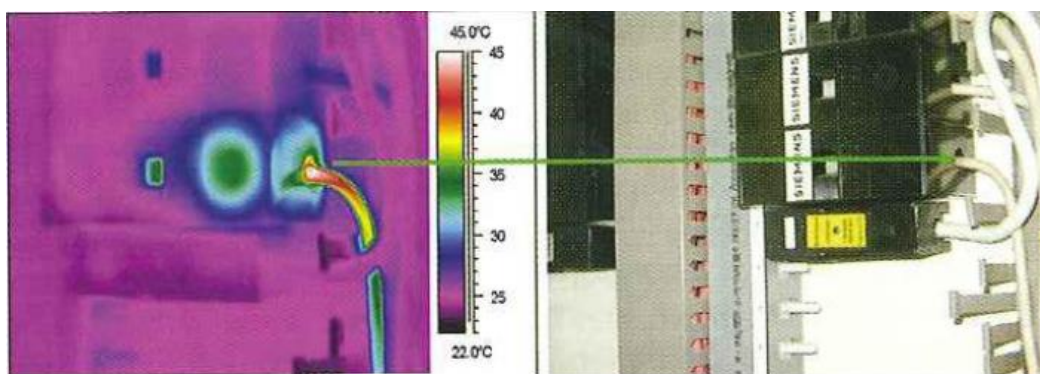


Рисунок 2.2 – ІЧ-інспекція показала високу температуру на електричному з'єднанні

На рисунку показана різниця високих температур на двох основних фазних запобіжниках (приблизно на 20°C вище лівого запобіжника). Це результат перевантаження, що викликало часті поломки. Однією з головних переваг електротехнічних оглядів є те, що вони виконуються при повному навантаженні і реальних умовах експлуатації. Перевірка навіть великих електроустановок може бути виконана за короткий проміжок часу без переривання сервісного обслуговування. Виявлення потенційного джерела проблеми може мінімізувати робоче навантаження та запобігти збоєм. Зосередження уваги на конкретних компонентах значно скоротить час.

Механічні огляди ІЧ можуть бути зосереджені на критично важливому обладнанні та компонентах, а також на обертовому обладнанні. Наприклад, оглянути труби та повітроводи, виявити витoki з розподільних мереж (тобто повітроводи, труби, витoki димових газів котлів), перевірити робочий стан входів та виходів подачі повітря, які розташовані у важкодоступних місцях, а

також перевірити належні умови експлуатації обертового обладнання. Обстеження труб може виявити внутрішні пошкодження ділянок в результаті ерозії, яка локально зменшує товщину стінки (особливо в колінах труб).

За допомогою ІЧ-термографії можна виявити підповерхневі дефекти при вимірюваннях в перехідних умовах. Наприклад, для обстеження мережі труб охолодженої або гарячої води вимірювання проводяться коли основна система починає свою роботу, тобто коли всередині труби утворюється тепловий перехідний процес при зміні температури води [5-9]. Локальна корозія поверхні труб під ізоляцією – ще одна прихована проблема, яку можна виявити за допомогою ІЧ-огляду. Корозія найбільш виражена в сталевих трубах при температурі близько 90°C (звичайні умови для більшості систем водяного опалення в промисловості асептичної упаковки). Проблема викликана попаданням води (тобто від витоку води, конденсації) в ізоляцію, яка затримує воду при контакті з металевією поверхнею. При цьому в першу чергу необхідно оглянути ділянки з пошкодженою або зіпсованою ізоляцією. Хоча інспектор не може бачити крізь ізоляційний матеріал, ІЧ-інспекція може виявити різницю температур між сухою та вологою ізоляцією і, таким чином, можливо, що під мокрою ізоляцією є корозія.

2. Вібраналіз. Під вібрацією розуміються механічні коливання навколо точки рівноваги. Коливання можуть бути періодичними, наприклад, рух маятника або випадковими, наприклад, рух шини по гравійній дорозі. Вібрація іноді буває «небажаною». Більш часто небажана вібрація витрачає енергію даремно і створює небажаний звук і шум. Наприклад, вібраційні рухи двигунів, електродвигунів або будь-якого механічного пристрою, наприклад, кулькового підшипника, під час роботи, як правило, небажані. Такі вібрації можуть бути викликані дисбалансом в обертових деталях, нерівномірним тертям, зачепленням зубів шестерень тощо.

Вібрація вважається найкращим робочим параметром для оцінки динамічних умов, таких як баланс (загальна вібрація), дефекти підшипників (обволікання) та навантаження, що прикладаються до компонентів. Багато неполадок техніки проявляються у вигляді надмірної вібрації. Дисбаланс ротора, зміщення, механічна ослабленість, структурний резонанс, м'яка основа та дефекти зубчастої сітки – це деякі з дефектів, які можна виміряти за допомогою вібрації [1-7]. Вимірювання «загальної» вібрації машини, ротора по відношенню до машини або конструкції машини і порівняння вимірювань з її нормальним значенням вказує на поточний стан машини. Різні типи датчиків використовуються для вимірювання вібрації машини під час її роботи.

Види дефектів, що виявляються за допомогою вібраналізу. Наявність дефекту викликає значне підвищення рівня вібрації. Дефекти підшипників можна віднести до категорії «розподілених» або «локальних». Розподілені дефекти включають шорсткість поверхні, хвилястість, неправильно вирівняні загони та негабаритні елементи кочення. Особливості поверхні розглядаються з точки зору їх довжини хвилі в порівнянні з шириною контакту герцівського елемента колісних доріжок. Поверхневі особливості довжини хвилі порядку ширини контакту або які також називаються «шорсткістю», тоді як довгохвильові особливості називаються «хвилястістю». Розподілені дефекти

					<b>ДонНУЕТ.133.ГМБ-23м.2024.ПЗ</b>	Арк.
						27
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

викликані виробничою помилкою, неправильним монтажем або абразивним зносом. Зміна сили контакту між елементами кочення і доріжками кочення через розподілені дефекти призводить до підвищення рівня вібрації. Тому, вивчення реакції на вібрацію через цю категорію дефектів є важливим для перевірки якості, а також моніторингу стану. До локалізованих дефектів відносяться тріщини, ямки, відколи на поверхнях кочення. Домінуючим способом виходу з ладу підшипників елементів кочення є відшарування обойм або елементів кочення, що виникають коли втомна тріщина починається під поверхнею металу і поширюється до поверхні до тих пір, поки шматок металу не відірветься, залишивши невелику яму або відкол.

Для вимірювання та аналізу віброреакції підшипників з локалізованими дефектами було застосовано кілька методів. Ці методи не є абсолютно незалежними, навпаки, в багатьох випадках вони доповнюють один одного. Так, наприклад, локальні дефекти можна виявити і в часовій області, вивівши вібросигнал на осцилограф або нанісши його на реєстратор графіків і спостерігаючи за наявністю періодичних піків внаслідок впливу елемента кочення з дефектами. Інший метод виявлення дефектів заснований на кількості піків, що перетинають заданий рівень напруги. Деякі методи смугової фільтрації також були запропоновані в часовій області.

Метод ударних імпульсів використовує п'єзоелектричний перетворювач, що має резонансну частоту на частоті 32 кГц (також використовувалися деякі прилади, які засновані на резонансній частоті близько 100 кГц). Ударний імпульс, який викликаний ударом в підшипнику, ініціює загасання коливань в перетворювачі на його резонансній частоті. Вимірювання максимального значення затухаючого перехідного процесу дає уявлення про стан підшипників кочення. Низькочастотні вібрації в машині, які створювані іншими джерелами, крім підшипників кочення, відфільтровуються електронним способом.

Спектральний аналіз вібраційного сигналу є найбільш широко використовуваним підходом виявлення дефектів підшипників. Поява сучасних аналізаторів швидкого перетворення Фур'є полегшила роботу з отримання вузькосмугових спектрів. Як низькочастотні, так і високочастотні діапазони спектра коливань представляють інтерес для оцінки стану підшипника [2, 5, 8]. Взаємодія дефектів у підшипниках елементів кочення призводить до отримання імпульсів дуже короткої тривалості щоразу, коли дефект вражає або зазнає удару внаслідок обертального руху системи. Ці імпульси збуджують власні частоти несучих елементів і конструкцій корпусу, в результаті чого збільшується енергія коливань на цих високих частотах. Резонансні частоти окремих несучих елементів можна розрахувати теоретично. Важко оцінити, як ці резонанси впливають при складанні в повноцінний підшипник і кріпленні в корпус.

Використання безконтактних перетворювачів – датчики, які встановлені на корпусі. Застосовуються безконтактні датчики зміщення або безконтактного типу для контролю стану підшипників елементів кочення. Датчик відчуває зміщення зовнішньої обойми безпосередньо, коли елементи кочення проходять під нею. Таким чином, зменшуються або усуваються сторонні вібрації конструкції корпусу і поліпшується співвідношення сигнал/шум. Однак,

					<b>ДонНУЕТ.133.ГМБ-23м.2024.ПЗ</b>	Арк.
						28
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

установка цих зондів складна, так як передбачає не тільки свердління і простукування корпусу підшипника, але і тонке регулювання зазору між зондом і зовнішньою обоймою, який може змінюватися в зв'язку з такими умовами, як вібрація, бруд і теплове розширення.

3. Аналіз взаємодіючих поверхонь у відносному русі. Метод включає вивчення і застосування принципів тертя, змащення і зносу. Шар мастила, який виключає контакт з поверхнею, практично виключає знос інструменту і знижує необхідну потужність на третину. Процес, що призводить до втрати матеріалу, відомий як «знос». До основних видів зносу відносяться: стирання, тертя, ерозія, а також корозія. Знос може бути зведений до мінімуму шляхом модифікації поверхневих властивостей твердих речовин за допомогою одного або декількох процесів «поверхневої інженерії» (також званих поверхневою обробкою) або використанням мастильних матеріалів (для тертя або адгезійного зносу).

4. Датчики для безперервного моніторингу, що застосовуються в галузі асептичної упаковки рідких харчових продуктів є важливим інструментом для підвищення безпеки продукції та надійності обладнання. Наприклад, датчик провідності для очищення на місці є обов'язковою передумовою перед стерилізацією обладнання. Необхідно контролювати концентрацію рідин, які використовуються для очищення труб продукту, а датчик провідності є компонентом для того, щоб переконатися, що якість рідини відповідає заданим вимогам. Датчик забезпечує економію часу та коштів завдяки визначенню фази на всіх середовищах, що передаються, включаючи агресивні миючі засоби (лужні та кислотні розчини). Це також гарантує прозорість процесу в будь-який час, а також захист від дорогих помилок при поводженні з рідиною.

Безперервний моніторинг використовуються з різною метою [1-7]:

- перекис водню, як стерилізаційне середовище для стерилізації пакувального матеріалу та поверхонь трубопроводів, що контактують з харчовим продуктом;
- охолоджуюча вода для охолодження стерильного повітря через систему опалення, обмінника та системи ущільнення;
- очисна вода для очищення та промивання контуру продукту після етапу виробництва.

Безперервний моніторинг цих рідин дозволяє підприємству уникнути ручних перевірок, підвищити надійність обладнання та безпеку продукції за рахунок автоматичного контролю критичних параметрів.

Безперервний моніторинг концентрації рідини дозволяє здійснювати безперервний моніторинг концентрації рідини, що дозволяє контролювати перекис водню, який є однією з найважливіших змінних процесу стерилізації та в основному використовується для стерилізації пакувального матеріалу в промисловості асептичного пакування. Вбудована спектроскопія також пропонує безперервний моніторинг концентрації рідин, який складається з кількох компонентів для забезпечення ефективного керування процесом. Спектрометр середнього інфрачервоного діапазону може бути безпосередньо підключений до процесу для отримання надійних своєчасних заходів концентрації рідини, які дозволяють обладнанню активувати коригувальні дії в

					<b>ДонНУЕТ.133.ГМБ-23м.2024.ПЗ</b>	Арк.
						29
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

разі найнижчої концентрації. Ці пристрої можна ефективно використовувати для швидкого та точного визначення концентрацій і навіть можна використовувати в небезпечних зонах.

Контроль рН води. Рівень рН води, який використовується в обладнанні асептичного пакування є важливим параметром, який слід контролювати, щоб уникнути проблем з фільтрами або механічними частинами. Корозія деталей або неефективність охолодження через залишки води можуть залежати від якості води та вимірювання рН (кислотності). Датчик для контролю рН дозволяє системі проводити профілактичне виявлення потенційних аномалій, які можуть призвести до простою обладнання. Електроди датчиків можуть бути визначені користувачем для забезпечення надійності вимірювань і максимального терміну служби датчика.

Безперервний моніторинг якості повітря за допомогою електронного носа дозволяє здійснювати вимірювання та оцінку органів чуття, пов'язаних з людиною, стала усталеною технікою в дослідженнях датчиків, а також у практичному проектуванні систем вимірювання та управління. Комерціалізація електронного носа почалася в 1993 році, коли концепція стала широко визнаною, як ефективний інструмент для виявлення та оцінки нюху. Так як сторонні елементи в повітрі у приміщенні виробництва асептичної упаковки можуть виробляти сенсорні варіації упакованого або зберігаючого продукту, ці пристрої можуть бути встановлені в різних обладнаннях або виробничих зонах для моніторингу сенсорної якості повітря [5-10]. Загальна структура електронного носа складається з масиву хімічних датчиків: системи повітряного потоку, яка перемикає еталонне повітря і повітря, що тестується; техніки аналізу сигналів та презентаційного блоку. Щоб підвищити складність системи запахів для цього часто розробляється масив змішаних принципів зондування, що складаються з різних типів датчиків, щоб створити різницю в робочих температурах, умовах потоку і часі реакції датчика. Це означає, що штучні сенсорні системи, які пов'язані з людиною, можуть стати повсякденними інструментами для оцінки нашого особистого стану, а також стану навколишнього середовища.

Отже, моніторинг стану критичних змінних машини важливий для того, щоб уникнути деградації компонентів, а потім виходу з ладу обладнання. Критично важливі функції обладнання можна контролювати за допомогою різних типів датчиків, щоб виявити знос і уникнути незапланованих зупинок і подальших пошкоджень. Деяке обладнання, що використовується в промисловості асептичного пакування за допомогою спеціальних датчиків автоматично контролює критичні параметри, такі як ті, що пов'язані зі стерилізацією машини або цілісністю упаковки.

Автоматизовані виробничі лінії в харчовій промисловості та виробництві напоїв зазвичай використовують ці датчики для моніторингу критичних параметрів як в Інтернеті, так і за запитом. Були представлені системи безперервного моніторингу стану та дистанційної діагностики для безпосереднього доступу до стану критично важливих функцій та передачі даних операторам обладнання та сервісним технікам. Моніторинг стану є надійним інструментом для моніторингу стану машин, який зазвичай

					<b>ДонНУЕТ.133.ГМБ-23м.2024.ПЗ</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		30

проводиться на регулярній основі експертами-техніками. Використовувані датчики контролюють стан машини, аналізуючи дані і позбавляючи від необхідності періодичного огляду людиною. Моніторинг стану змінює виробничі операції, оскільки технічне обслуговування потрібне лише після того, як датчик моніторингу стану виявляє зміну, пов'язану з потенційною несправністю, тоді як у минулому планове технічне обслуговування проводилося незалежно від того, чи були машини в несправному стані чи ні.

Інфрачервона термографія була розглянута як діагностичний інструмент для вимірювання коливань температури на поверхні тіла, отримання зображень, які виявляють електричні та механічні аномалії. Датчик вібрації є ще одним важливим інструментом для розпізнавання аномалій з механічними компонентами, такими як підшипники, в яких елемент кочення може викликати проблеми. Аналіз цих компонентів у минулому був повністю ручним і проводився віброекспертом для вивчення деталей обладнання щодо механічної геометрії та якості. Вивчення та застосування принципів тертя, змащення та зносу зазвичай застосовується в конструкції підшипників, але це поширюється на будь-який інший продукт, де один матеріал ковзає або третється об інший і на нього впливають їх взаємодія. Щоб досягти найвищої ефективності технічного обслуговування у деяких критичних обставинах термографія та вібрація можуть бути об'єднані та інтегровані, щоб зробити технічне обслуговування ще більш надійним.

На основі вище зазначеного можна вважати, що асептична обробка – це безперервна операція. Поведінка однієї частини системи може вплинути на загальну продуктивність всієї системи. Тому, для ефективного функціонування пропонується розглядати асептичну лінію упаковки рідких харчових продуктів як об'єкт де виокремлено систему та підсистему асептичної обробки рідких харчових продуктів. Системою є обладнання для асептичного наповнення: входними даними є пакувальні матеріали, стерильний продукт, а вихідними – контейнери наповнені стерильним продуктом. Підсистемою є стерилізація: входні дані – забір повітря з виробничого приміщення, а вихідні дані – стерильне повітря для асептичної системи. Поведінка однієї частини системи може вплинути на загальну продуктивність всієї системи. При асептичній обробці упаковки і харчовий продукт стерилізуються в окремих системах.

Вважається, що моніторинг стану критичних змінних асептичного обладнання є важливим для того, щоб уникнути деградації компонентів, а потім виходу з ладу обладнання. Критично важливі функції обладнання можна контролювати за допомогою різних типів датчиків, щоб виявити знос і уникнути незапланованих зупинок і подальших пошкоджень. Щоб досягти найвищої ефективності технічного обслуговування у деяких критичних обставинах термографія та вібрація можуть бути об'єднані та інтегровані, щоб зробити технічне обслуговування ще більш надійним.

					<b>ДонНУЕТ.133.ГМБ-23м.2024.ПЗ</b>	Арк.
						31
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## РОЗДІЛ 3 АНАЛІЗ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕНЬ

### 3.1 Надійність обладнання для асептичної упаковки рідких харчових продуктів

Доступність обладнання є одним з найважливіших факторів, які використовуються для вимірювання ефективності виробництва та обслуговування. Лінійне обладнання повинно бути доступним, щоб виробляти потрібну кількість продукції в потрібний час і з потрібною якістю. Доступність обладнання залежить від надійності та ремонтпридатності обладнання, а також сфери застосування. Доступність визначають як «здатність» (сукупності аспектів його надійності, ремонтпридатності та підтримки обслуговування) виконувати свою необхідну функцію в заданий момент часу або протягом встановленого періоду часу. Доступність – це міра того, наскільки велика частина загального часу виробництва машина доступна для виробництва.

Надійність визначають як здатність виконувати необхідну функцію (без відмови) в заданих умовах протягом певного періоду часу. Тут під предметом мається на увазі компонент, прилад або система. Наприклад, надійність однієї машини може бути вказана як 0,99 за 1000 годин роботи при чітко визначених умовах експлуатації [13, 14]. Це означає, що ймовірність задовільної роботи, без будь-яких збоїв, становить 99% протягом періоду 1000 годин. Відмова – це припинення здатності системи виконувати необхідну функцію.

Не кожна відмова (зупинка) обладнання може бути пов'язана з потенційним виходом з ладу обладнання асептичного пакування. Контрольні діаграми є одним з інструментів, який дозволяє відстежувати та контролювати варіації процесу. В процесі експлуатації обладнання можна зіткнутися як з потенційними так і з функціональними збоями в обладнанні.

Кожен варіант процесу повинен бути зважений за допомогою моніторингу стану обладнання, щоб отримати розподіл варіацій для різних категорій відмов. Зразки інформації, які отримані за допомогою автоматичного моніторингу та оперативного зворотного зв'язку про потенційні та функціональні несправності показують термін служби сукупності механічних компонентів, таких як підшипники, ущільнення, шестерні та варіативність одиниць виміру, пов'язаних з цими відмовами. Нормальний розподіл відмов показує тенденцію змінних приймати центральне середнє значення часу з позитивними і негативними відхиленнями, рівномірно розподіленими по всьому середньому значенню. Інші розподіли ймовірності відмов, які використовуються для демонстрації міцності матеріалу або часу до відмови електронних і механічних компонентів, зазвичай представлені різними

					<b>ДонНУЕТ.133.ГМБ-23м.2024.ПЗ</b>			
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Шляхов</i>			<b>Удосконалення обладнання асептичної лінії упаковки рідких харчових продуктів та технічне обслуговування</b>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Омельченко</i>					32	11
<i>Н. Контр.</i>		<i>Омельченко</i>				<b>ДонНУЕТ Кафедра ЗІДО</b>		
<i>Затверд.</i>		<i>Хорольський</i>						



формами розподілу. На рисунку 3.1 представлено шість моделей умовної ймовірності відмови обладнання.

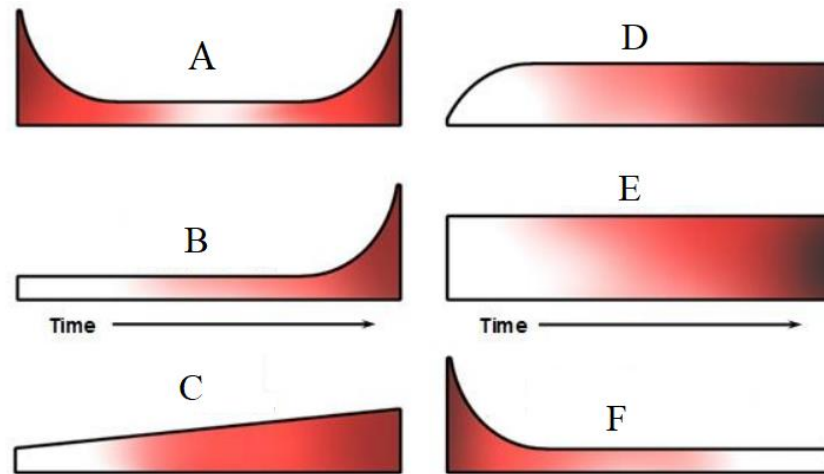


Рисунок 3.1 – Форми відмов обладнання [5]

A – модель високої частоти відмов за якою слідує постійна або поступово зростаюча умовна ймовірність відмови, потім зона зносу. Ця закономірність проявляється в простих системах, які мають лише кілька домінуючих режимів відмови.

B – модель показує постійну або повільно зростаючу умовну ймовірність виходу з ладу, що закінчується зоною зносу.

C – модель з поступовим старінням, яка показує повільно зростаючу умовну ймовірність виходу з ладу, але немає визначеного віку зносу. Це відбувається там де є ерозія та корозія.

D – модель показує низьку умовну ймовірність невдачі, коли система нова, потім стрімке зростання до постійного рівня. Це відбувається в системах, зазвичай складних, які обслуговуються і вводяться в експлуатацію висококваліфікованими техніками, перш ніж бути переданими менш кваліфікованим операторам. Прикладами є гідравлічні, рідинні силові та пневматичні системи.

E – модель абсолютно випадкова, яка показує постійну умовну ймовірність невдачі на будь-якому етапі. Ця закономірність проявляється в багатьох системах або компонентах, які самі по собі зазвичай не підлягають технічному обслуговуванню. Підшипники елементів кочення і лампи розжарювання є прикладами такого типу поломок.

F – модель починається з високої кількості збоїв знижуючись до постійної або повільно знижуваної умовної ймовірності невдачі. Це характерно для складних систем, які схильні до циклів запуску та вимкнення, частих робіт з технічного обслуговування типу капітального ремонту та коливань циклу продукції.

FD – модель і аналіз несправностей, яка використовуються в промисловості для визначення потенційних несправностей обладнання. Для того, щоб виключити або зменшити можливість відмови, проектувальники повинні знати про всі потенційні значні режими збоїв у системах, що проектуються. Важливою частиною цих методів є необхідна база знань про

					<b>ДонНУЕТ.133.ГМБ-23м.2024.ПЗ</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

відмову функцій попередніх машин. Аналіз відмов системи – це аналіз з метою визначення основних причин невідповідності системним вимогам. Аналіз відмов системи проводиться для виявлення корінних причин невідповідності та надання рекомендацій щодо відповідних коригувальних дій. Аналіз відмов систем починається з чіткого розуміння збою (тобто визначення проблеми). Шість основних причин відмов у виробництві:

Втрата часу: вихід обладнання з ладу через несправності.

Зниження швидкості роботи обладнання: простої через зупинки машини через неправильні налаштування та аномалії пристроїв; зниження швидкості руху обладнання за рахунок існуючого розриву між початковою і реальною швидкістю; вихід з ладу обладнання; несправності машини, пов'язані з процесом, який пов'язаний з відходами продукту або ремонтними заходами для відновлення якості продукції.

Успішність технічного обслуговування вимірюється за допомогою показника загальної ефективності обладнання, який вимірює:

– наявність часу простою, що використовується для профілактичного та коригувального обслуговування;

– швидкість роботи обладнання, фактична швидкість виробництва в порівнянні з теоретичною виробничою потужністю;

– частка якості бракованої продукції (відходи упаковки).

Припустимо, що випробуванню піддається  $n_0$  однакових одиниць. Під час інтервалу  $(t, t + \Delta t)$  спостерігаємо  $n_f(t)$  несправних компонентів. Нехай  $n_s(t)$  – вцілілі компоненти в момент часу  $t$ , тоді визначимо [12]

Функція щільності відмов:

$$f(t) = \frac{n_f(t)}{n_0 \Delta t}$$

Функція частоти відмов:

$$h(t) = \frac{n_f(t)}{n_s(t) \Delta t}$$

Функція надійності:

$$R(t) = P_r(T > t) = \frac{n_s(t)}{n_0}$$

Ремонтопридатність визначається як ймовірність того, що система, яка вийшла з ладу, буде відновлена до повного робочого стану протягом заданого періоду часу. Ремонтопридатність або середній час на ремонт/відновлення виражає середній час, необхідний для усунення несправності. У промисловості рідких харчових продуктів у зв'язку з використанням швидкопсувних продуктів особлива увага повинна бути спрямована на максимальний час ремонтпридатності. Наприклад, несправність ущільнювальної секції обладнання для асептичного наповнення може бути швидко вирішена без скидання машини в нульове положення, якщо час, необхідний для ремонту,

						ДонНУЕТ.133.ГМБ-23м.2024.ПЗ	Арк.
							34
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			

коротший, ніж час, відведений для перебування машини в положенні очікування.

У галузі асептичної упаковки рідких харчових продуктів зупинка обладнання часто повинна супроводжуватися очищенням та стерилізацією обладнання перед новим початком виробництва. Відходи продукції та упаковки разом з іншими відходами сировини створюють сильний вплив на загальні витрати виробництва. Крім того, час простою, необхідний для очищення, стерилізації обладнання та різні критичні моменти, які необхідно вирішити перед початком нового виробництва, визначають вищі витрати та ризики безпеки продукції. Перш ніж почати виробничий цикл, необхідно виконати наступні дві умови [15-18]:

1. Очищення обладнання, поверхні в резервуарах, трубах та іншому технологічному обладнанні, які контактують з рідким продуктом, повинні бути належним чином очищені, щоб уникнути утворення бруду та розмноження бактерій. Процедура очищення, зазвичай, включає попереднє ополіскування водою, очищення миючими та хімічними засобами та подальше ополіскування чистою водою.

2. Стерилізація обладнання. Для ультрапастеризованих продуктів необхідна стерилізація за допомогою нагрівання або за допомогою хімічних речовин для стерилізації обладнання, щоб зробити поверхні повністю вільними від бактерій. Характер використовуваної технології означає, що середній час, необхідний для виконання програми очищення, а потім і стерилізації обладнання, може варіюватися від двох до чотирьох годин. Обидві ці операції необхідно проводити кожен раз, коли обладнання зупиняється з будь-якої причини.

Іноді зупинка розливної машини передбачає зупинку обробного обладнання і навпаки. У таких випадках несправність машини створює велике порушення всього процесу, оскільки все обладнання має бути зупинено для виконання програми очищення та стерилізації. Таким чином, хоча час, необхідний для проведення профілактичних робіт, може бути належним чином зарезервованим, надзвичайний збій призведе до порушення запланованого виробництва та великих збитків через несподіваний час простою. Відсутність процедур технічного обслуговування або підходу до технічного обслуговування, заснованого на реактивному обслуговуванні до відмови обладнання, може спричинити біологічні, хімічні та фізичні ризики для упакованого продукту [5]. Процес розробки та впровадження процедур технічного обслуговування повинен гарантувати, що всі можливі критичні точки, які можуть призвести до забруднення продукції, були виявлені та поставлені під контроль за допомогою впровадження надійних процедур технічного обслуговування.

Погана герметизація упаковки та недостатня цілісність упаковки. Притискні ролики, які використовуються для реалізації поздовжнього ущільнення упаковки, не були належним чином очищені: залишки продукту, що залишилися на компоненті, представляли серйозний ризик нестерильності, а залишки пластику, виявлені на його поверхні – ризик нерівномірного тиску, а потім і відсутності герметичного ущільнення (рис. 3.2).

					<b>ДонНУЕТ.133.ГМБ-23м.2024.ПЗ</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		35

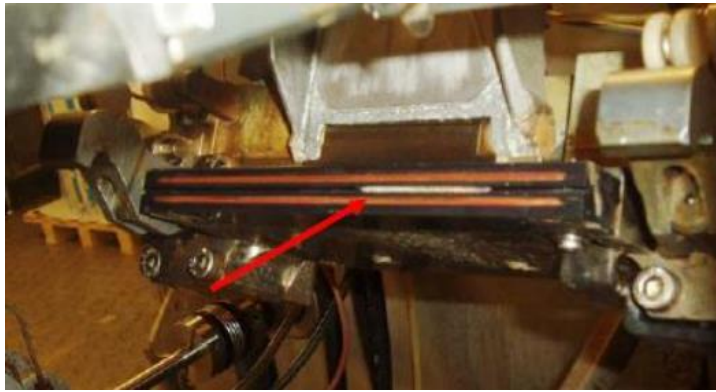


Рисунок 3.2 – Поперечне ущільнення котушки індуктивності

Стан поперечних ущільнювальних котушок індуктивності та напірних гум оператори ретельно не перевіряли. Залишки пакувального матеріалу були виявлені в поперечних ущільнювальних індукторах і це призвело до їх розриву. В результаті були виявлені деякі пакети нестерильності з негерметичним повздовжнім і поперечним пломбуванням.

Очищення труби для наповнення продукту є критично важливою операцією, яка може призвести до забруднення продукту, якщо залишки продукту розбризкані на її поверхню не видаляються належним чином за допомогою ручного очищення. Помічено різний спосіб очищення цієї деталі або за допомогою різних миючих засобів, або різних матеріалів. Виявлено велику кількість пилу пакувального матеріалу, розкиданого по всьому внутрішньому стерильному середовищу розливної машини (рис. 3.3).



Рисунок 3.3 – Залишки продукту на заливній трубі

Асептичні трубопроводи: герметичність з'єднань і цілісність прокладок. Під час огляду деякі залишки молока були виявлені поблизу деяких з'єднань трубопроводів поруч з асептичними клапанами та заливною трубою. Ці витoki в основному пов'язані із неналежною герметичністю з'єднань і повним зносом прокладки. Це явище може бути причиною деяких нестерильних упаковок, виявлених без проблем з цілісністю, але зі згорнутим молоком всередині (рис. 3.4).

					<b>ДонНУЕТ.133.ГМБ-23м.2024.ПЗ</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36

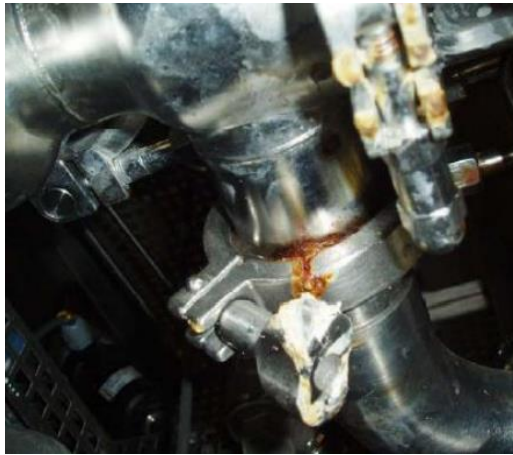


Рисунок 3.4 – Витік молока на з'єднанні труб

Технічне обслуговування в галузі асептичних рідких продуктів харчування є важливим завданням і вимагає:

- розробки процедур технічного обслуговування, який повинен бути в змозі визначити всі можливі критичні контрольні точки обладнання, що можуть вплинути на безпеку продукції та надійність обладнання;
- всі критичні функції обладнання мають бути перевірені задля ефективності процесу, безпеки продукції та надійності обладнання;
- оператор обладнання відіграє ключову роль в управлінні критичними ситуаціями обладнання за допомогою заходів з експлуатації та технічного обслуговування, здатних запобігти простою обладнання та забрудненню продукції.
- ефективний процес проектування технічного обслуговування, що дозволить виявити слабкі місця надійності обладнання, де можна досягти поліпшення за допомогою систем моніторингу стану, конструктивних модифікацій або за допомогою надійних процедур технічного обслуговування.

### **3.2 Організація технічного обслуговування обладнання для асептичного пакування**

Організація технічного обслуговування в галузі асептичних рідких продуктів харчування є важливим завданням, що сприяє більш високій виробничій ефективності та збільшенню частки ринку. Оскільки безпека та надійність обладнання, що використовується для асептичного пакування, може значною мірою впливати на здоров'я населення, розробка та впровадження процедур технічного обслуговування є фундаментальним інструментом для досягнення безпеки продукції та надійності обладнання.

Контроль є обов'язковою умовою для забезпечення надійності обладнання для уникнення негативних взаємодій між обладнанням і безпекою продукції. Оскільки вихід з ладу машини може мати такий величезний вплив на здоров'я населення, необхідно виявляти і контролювати всі можливі причини виходу обладнання з ладу, щоб виключити можливі ризики для здоров'я споживачів. Відсутність процедур технічного обслуговування, розроблених і впроваджених для того, щоб тримати процес «під контролем», також може

					<b>ДонНУЕТ.133.ГМБ-23м.2024.ПЗ</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		37

призвести до великих збитків і низької частки ринку через низьку безпеку та якість продукції.

Моніторинг стану критичних елементів машини дозволяє виявити деградацію компонентів до того, як вона викличе збій. Функції та компоненти обладнання можна контролювати за допомогою різних типів датчиків, щоб виявити, коли починає виникати знос, пошкодження або критичний сигнал. Виявляючи погіршення критичних сигналів на ранній стадії, можна уникнути незапланованих зупинок і подальших пошкоджень. Різні типи доступних датчиків роблять життєво важливий внесок у підвищення надійності продуктів і процесів. Автоматизовані виробничі лінії в харчовій промисловості та виробництві напоїв зазвичай виграють від використання різних видів датчиків для моніторингу критичних параметрів.

Тому пропонується здійснювати організація технічного обслуговування обладнання для асептичного пакування з урахуванням наступних етапів:

1. Виявлення та оцінка конкретної небезпеки, оцінка ризиків та встановлення заходів контролю, які ґрунтуються на безпеці продукції, запобігаючи та контролюючи стан обладнання. Деталі або компоненти машини, несправність яких може спричинити біологічну, хімічну або фізичну небезпеку, досліджуються для розробки критичних меж контролю та протидії профілактичному обслуговуванню. На цьому етапі мають бути виявлені всі можливі загрози для безпеки продукції, що виникають внаслідок експлуатації обладнання та поведінки людини, щоб гарантувати відсутність таких факторів:

– біологічна небезпека – включає в себе всі потенційні джерела забруднення продукції (прямі і непрямі) в залежності від функцій обладнання і експлуатаційних завдань. Це можуть бути помилки в очищенні в залежності від обладнання або людського фактора, недостатня цілісність упаковки, неправильні налаштування обладнання, відсутність процедур профілактичного обслуговування і помилки оператора;

– хімічна небезпека – включає, серед іншого, миючі суміші та засоби для стерилізації. Перекис водню, який зазвичай використовується для стерилізації пакувального матеріалу, може контактувати з харчовим продуктом, якщо критичний стан деяких компонентів не контролюється та не перевіряється за допомогою заходів з технічного обслуговування. Лужні та кислотні розчини, що використовуються для очищення наповнювальної секції фасувальної машини, можуть контактувати з харчовим продуктом, який постачає інші фасувальні машини, якщо ущільнення клапана працює неправильно;

– фізична небезпека – включає предмети, такі як металеві фрагменти, скло, які можуть бути знайдені в упакованому продукті і які можуть порізати ротову порожнину, зламати зуби або перфорувати упаковку. Оскільки, наповнювальна частина наповнювача зазвичай використовує змінну кількість рухомих частин, аналіз повинен враховувати всі критичні компоненти та операції, щоб уникнути контакту твердого фрагмента (металів та пластику) з упакованим продуктом.

На цьому етапі доцільно застосовувати процедуру моніторингу, яка в змозі вирішити проблеми в обладнанні. Пристрої автоматичного моніторингу повинні використовуватися там, де фізичний параметр, що контролюється,

					<b>ДонНУЕТ.133.ГМБ-23м.2024.ПЗ</b>	Арк.
						38
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

може бути автоматично виміряний. Щоб мінімізувати небезпеку, оптичні системи також можуть використовуватися для моніторингу критичних робочих практик або фізичного стану критично важливих деталей обладнання.

2. Застосування інженерних методів технічного обслуговування для управління критичними показниками надійності обладнання. По суті, результатом, що випливає з першого кроку, є визначення критичних питань, пов'язаних з безпекою та якістю продукції. Після виявлення небезпечних факторів (біологічні, хімічні та фізичні ризики), пов'язаних з деталями обладнання та експлуатаційними практиками, технічне обслуговування орієнтоване на надійність і має використовуватися з наступних причин [5-10]:

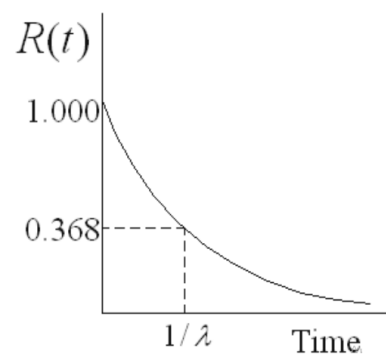
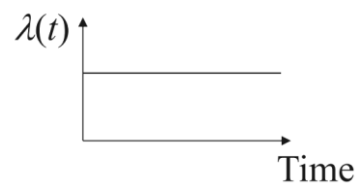
- для проведення аналізу різних режимів відмови та їх впливу на роботу обладнання: застосування ефекту режиму відмови та критичного аналізу дозволяє виявити різні пріоритети, які пов'язані з різними ефектами відмов;

- надає правильну методологію для визначення різних підходів до технічного обслуговування для ефективного управління питаннями безпеки харчових продуктів та надійності обладнання [12]

$$h(t) = \lambda \quad \lambda > 0, t \geq 0$$

$$f(t) = \lambda \exp(-\lambda t)$$

$$R(t) = \exp(-\lambda t) = 1 - F(t)$$



На цьому етапі важливим є виявлення існуючих збоїв в системі обладнання. Не кожна відмова (зупинка) обладнання може бути пов'язана з потенційним виходом з ладу обладнання асептичного пакування. Контрольні діаграми є одним з інструментів, який дозволяє відстежувати та контролювати варіації процесу (рис. 3.5).

Використання контрольної діаграми забезпечить дві основні функції:

- інформація про продуктивність процесу, відстеження подій, що впливають на виробничу лінію;
- інформація про особливі причини варіації.

Оскільки, під час роботи обладнання можуть бути як потенційні так і функціональні відмови. Потенційні відмови можна розглядати як змінні, що контролюються за допомогою моніторингу стану, а функціональні відмови як ознаки, що призводять до недостатньої доступності обладнання. За допомогою контрольної діаграми змінні вимірюються, а атрибути підраховуються. Контрольні діаграми ґрунтуються на отриманих даних, в залежності від джерел варіацій.

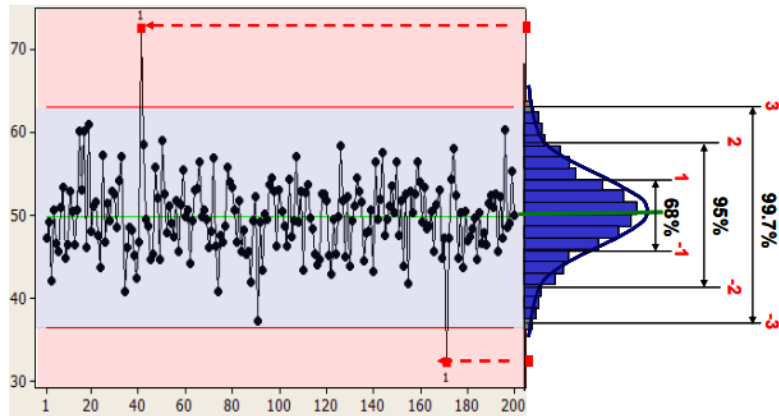


Рисунок 3.5 – Можливі збої (відмови) в обладнанні на контрольній діаграмі [5]

Використання попереджувальних ліній, з нижньою і верхньою межами, а також ліній дії дозволить отримати більш глибокі знання про причини, що визначають зупинку обладнання і які викликають потенційні і функціональні збої. Аналіз наявної інформації зазвичай показує змінні (потенційні відмови) та атрибути (функціональні відмови) для визначення змісту як «внутрішньої» мінливості процесу, так і особливих причин, які призводять до недостатньої доступності обладнання.

3. Аналіз безпеки та надійності асептичного процесу. Метою цього аналізу є виявлення всього ризику, викликаного впливом збоїв на безпеку продукції, на надійність обладнання, а потім і на виробничу діяльність. Різні числа пріоритетів ризику дадуть нам можливість зважити ризики щодо загальних наслідків, спричинених конкретним режимом відмови на:

- кінцевий продукт (проблеми безпеки продукції);
- функції обладнання;
- виробничу діяльність (взаємодія між обладнанням і пакетами).

Етап є необхідним для обладнання або виробничих ліній, що працюють в харчовій промисловості, де аналіз ризику не може обмежуватися тільки надійністю обладнання, але повинен враховувати всі можливі критичні фактори, які пов'язані з безпекою продукції. Він забезпечує чіткий шлях і можливість виявити всі можливі проблеми в залежності від обладнання та експлуатаційної надійності, а також ті, що залежать від загрози безпеці продукту (рис. 3.6).

Отримані ризики показують виникнення та виявлення можливих відмов, які вимагають коригувальних дій для підвищення надійності обладнання та безпеки продукції. На рисунку 3.6 зображено для кожного режиму відмови різні пороги, які вимагають необхідних коригувальних дій.

Рекомендовані дії, як правило, означають профілактичне технічне обслуговування або модифікацію обладнання чи процедури, яка здатна знизити загальний порог відмов до рівня, який показує, що конкретний режим відмови знаходиться під контролем.



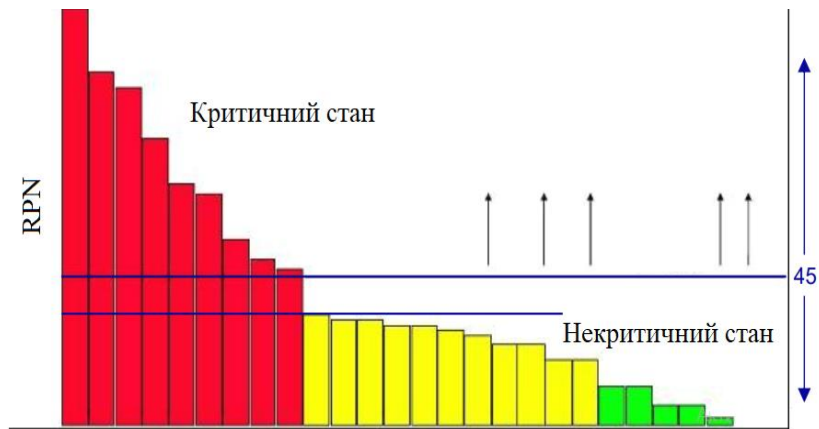


Рисунок 3.6 – Приклад порогу відмов [5]

Запропоновано здійснювати організацію технічного обслуговування обладнання для асептичного пакування з урахуванням наступних етапів:

Перший етап: ґрунтується на необхідності виявлення та вирішення всіх можливих критичних контрольних точок, які можуть відігравати фундаментальну роль у визначенні безпеки кінцевого продукту. Основним результатом цього етапу є виявлення критичних проблем (деталі обладнання, людські помилки та виробнича практика), які можуть вплинути на безпеку кінцевого продукту з біологічної, хімічної та фізичної точки зору. Цей крок є важливим у процесі технічного обслуговування, оскільки він стосується критичних точок і деталей обладнання, які можуть становити загрозу безпеці продукту.

Другий етап: застосування інженерних методів технічного обслуговування для управління критичними показниками надійності обладнання. На цьому етапі важливим є виявлення існуючих збоїв в системі обладнання. Не кожна відмова (зупинка) обладнання може бути пов'язана з потенційним виходом з ладу обладнання асептичного пакування. Контрольні діаграми є одним з інструментів, який дозволяє відстежувати та контролювати варіації процесу. Потенційні та функціональні збої можна визначити на основі аналізу контрольних діаграм. Наслідки, які викликані кожним режимом відмови, мають бути оцінені разом з коригувальними та запобіжними заходами.

Третій етап: аналіз безпеки та надійності для управління критичними факторами безпеки продукції та надійності обладнання. На цьому етапі визначаються критичні показники надійності обладнання для комплексної оцінки, яка визначає номер пріоритету ризику, що включає як питання безпеки продукції, так і питання надійності обладнання.

На основі вище зазначеного можна вважати, що організація технічного обслуговування в галузі асептичних рідких продуктів харчування є важливим завданням, що сприяє більш високій виробничій ефективності та збільшенню частки ринку. Оскільки безпека та надійність обладнання, що використовується для асептичного пакування, може значною мірою впливати на здоров'я населення, розробка та впровадження процедур технічного обслуговування є фундаментальним інструментом для досягнення безпеки продукції та надійності обладнання.

Контроль є обов'язковою умовою для забезпечення надійності обладнання для уникнення негативних взаємодій між обладнанням і безпекою продукції. Оскільки, вихід з ладу машини може мати величезний вплив на здоров'я населення, необхідно виявляти і контролювати всі можливі причини виходу обладнання з ладу, щоб виключити можливі ризики для здоров'я споживачів. Відсутність процедур технічного обслуговування, розроблених і впроваджених для того, щоб тримати процес «під контролем», також може призвести до великих збитків і низької частки ринку через низьку безпеку та якість продукції.

Моніторинг стану критичних елементів машини дозволяє виявити деградацію компонентів до того, як вона викличе збій. Функції та компоненти обладнання можна контролювати за допомогою різних типів датчиків, щоб виявити коли починає виникати знос, пошкодження або критичний сигнал. Виявляючи погіршення критичних сигналів на ранній стадії, можна уникнути незапланованих зупинок і подальших пошкоджень. Різні типи доступних датчиків роблять життєво важливий внесок у підвищення надійності продуктів і процесів. Автоматизовані виробничі лінії в харчовій промисловості та виробництві напоїв зазвичай виграють від використання різних видів датчиків для моніторингу критичних параметрів.

Було виявлено низку проблем, які можуть виникнути у процес експлуатації асептичного обладнання, а саме: погана герметизація упаковки та недостатня цілісність упаковки; неналежне очищення труби для наповнення продукту, що є критично важливою операцією, яка може призвести до забруднення продукту, якщо залишки продукту розбризкані на її поверхню не видаляються належним чином за допомогою ручного очищення; герметичність з'єднань і цілісність прокладок. Подолання проблем вимагає належного технічного обслуговування в галузі асептичних рідких продуктів харчування є важливим завданням, що потребує розробки процедур технічного обслуговування, який повинен бути в змозі визначити всі можливі критичні контрольні точки обладнання, що можуть вплинути на безпеку продукції та надійність обладнання.

Запропоновано здійснювати організацію технічного обслуговування обладнання для асептичного пакування з урахуванням наступних етапів:

Перший етап ґрунтується на необхідності виявлення та вирішення всіх можливих критичних контрольних точок, які можуть відігравати фундаментальну роль у визначенні безпеки кінцевого продукту.

Другий етап вимагає застосування інженерних методів технічного обслуговування для управління критичними показниками надійності обладнання.

Третій етап базується на аналізі безпеки та надійності для управління критичними факторами безпеки продукції та надійності обладнання.

Дотримання зазначених етапів сприятиме не лише вчасному виявленню збоїв (відмов) обладнання для асептичного пакування рідких продуктів харчування, а й отриманню якісного кінцевого продукту, що є необхідним для здоров'я споживачів. Проте організація технічного обслуговування вимагає постійного удосконалення та внесення коригувальних дій.

					<b>ДонНУЕТ.133.ГМБ-23м.2024.ПЗ</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		42

## ВИСНОВКИ

Магістерська робота присвячена удосконаленню обладнання асептичної лінії упаковки рідких харчових продуктів та технічне обслуговування. У роботі зазначено, що асептична упаковка дуже добре зарекомендувала себе в сфері громадського харчування по всьому світу, як безпечний і високоякісний варіант упаковки. Асептичну упаковку можна розглядати як наповнення комерційно стерильного продукту в стерильний контейнер в асептичних умовах і герметичне закупорювання тари з метою запобігання повторного інфікування. В результаті виходить продукт, який стійкий до зберігання в умовах навколишнього середовища.

У першому розділі здійснено аналіз технологічного процесу асептичної обробки та упаковки рідких харчових продуктів. Зазначено, що асептична обробка стерилізує харчові продукти шляхом знищення шкідливих бактерій і патогенних мікроорганізмів за допомогою жорстко контрольованого термічного процесу і поєднує стерильний продукт зі стерильним пакувальним матеріалом в стерильному середовищі. Кінцевим результатом є продукт тривалого зберігання, який не потребує охолодження. Процес асептичної обробки та упаковки рідких харчових продуктів має три основні блоки: стерилізація, асептична упаковка, розподіл та зберігання. Також має задовольняти чотирьом основним вимогам: стерилізація сирих рідких продуктів, асептична упаковка, виробництво герметичних упаковок, збереження цілісності упаковки при розподілі та зберіганні.

Сконцентровано увагу на тому, що стерилізація пакувальних матеріалів у процесі переробки створює певні специфічні особливості. Очевидно, що стерилізація перекисом водню з подальшим використанням гарячого повітря має найбільший потенціал для використання в якості вбудованих стерилізаторів для пакувальних матеріалів. Стерилізація пакувальних матеріалів з використанням перекису водню з подальшим ультрафіолетовим опроміненням також прийнята для промислового застосування. Сухе тепло, насичена пара та перегріта пара можуть бути ефективними стерилізаторами, але ступінь нагрівання пошкоджує багато пакувальних матеріалів, тому їх застосування обмежене. Інфрачервоні промені не можна застосовувати, оскільки через інфрачервоне застосування відбувається підвищення температури пакувального матеріалу, що призводить до розм'якшення пластику. Іонізуючі промені не приймаються, так як вони шкідливо впливають на особовий склад.

Другий розділ присвячено удосконаленню обладнання для асептичної лінії упаковки рідких харчових продуктів. Асептична обробка – це безперервна операція. Поведінка однієї частини системи може вплинути на загальну продуктивність всієї системи. Тому для ефективного функціонування пропонується розглядати асептичну лінію упаковки рідких харчових продуктів

					<b>ДонНУЕТ.133.ГМБ-23м.2024.ПЗ</b>			
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб.</i>		<i>Шляхов</i>			<b>Удосконалення обладнання асептичної лінії упаковки рідких харчових продуктів та технічне обслуговування</b>	<i>Літ.</i>	<i>Арк.</i>	<i>Аркушів</i>
<i>Перевір.</i>		<i>Омельченко</i>					43	2
<i>Н. Контр.</i>		<i>Омельченко</i>				<b>ДонНУЕТ Кафедра ЗІДО</b>		
<i>Затверд.</i>		<i>Хорольський</i>						

як об'єкт, де виокремлено систему та підсистему асептичної обробки рідких харчових продуктів. Системою є обладнання для асептичного наповнення: вхідними даними є пакувальні матеріали, стерильний продукт, а вихідними – контейнери наповнені стерильним продуктом. Підсистемою є стерилізація: вхідні дані – забір повітря з виробничого приміщення, а вихідні дані – стерильне повітря для асептичної системи. При асептичній обробці упаковки і харчовий продукт стерилізуються в окремих системах.

Вважається, що моніторинг стану критичних змінних машини важливий для того, щоб уникнути виходу з ладу обладнання. Критично важливі функції обладнання можна контролювати за допомогою різних типів датчиків, щоб виявити знос і уникнути незапланованих зупинок і подальших пошкоджень. За допомогою спеціальних датчиків можливо здійснювати автоматично контроль критичних параметрів, таких як ті, що пов'язані зі стерилізацією або цілісністю упаковки. Наприклад, інфрачервона термографія застосовується як діагностичний інструмент для вимірювання коливань температури на поверхні тіла, отримання зображень, які виявляють електричні та механічні аномалії. Датчик вібрації є важливим інструментом для розпізнавання аномалій з механічними компонентами, такими як підшипники, в яких елемент кочення може викликати проблеми. Щоб досягти найвищої ефективності технічного обслуговування, у деяких критичних обставинах термографія та вібрація можуть бути об'єднані та інтегровані, щоб зробити технічне обслуговування ще більш надійним.

У третьому розділі розглянуто особливості технічного обслуговування в галузі асептичних рідких продуктів харчування. Оскільки безпека та надійність обладнання може значною мірою впливати на здоров'я населення. З цією метою було виявлено низку проблем, які можуть виникнути у процесі експлуатації асептичного обладнання, а саме: погана герметизація упаковки та недостатня цілісність упаковки; неналежне очищення труби для наповнення продукту, що є критично важливою операцією, яка може призвести до забруднення продукту; герметичність з'єднань і цілісність прокладок.

Запропоновано здійснювати організацію технічного обслуговування обладнання для асептичного пакування з урахуванням наступних етапів:

Перший етап ґрунтується на необхідності виявлення та вирішення всіх можливих критичних контрольних точок, які можуть відігравати фундаментальну роль у визначенні безпеки кінцевого продукту.

Другий етап вимагає застосування інженерних методів технічного обслуговування для управління критичними показниками надійності обладнання.

Третій етап базується на аналізі безпеки та надійності для управління критичними факторами безпеки продукції та надійності обладнання.

Дотримання зазначених етапів сприятиме не лише вчасному виявленню збоїв (відмов) обладнання для асептичного пакування рідких продуктів харчування, а й отриманню якісного кінцевого продукту, що є необхідним для здоров'я споживачів. Проте організація технічного обслуговування вимагає постійного удосконалення та внесення коригувальних дій.

					<b>ДонНУЕТ.133.ГМБ-23м.2024.ПЗ</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		44

## СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Aseptic packaging – a novel technology to the food industry. URL: <https://www.researchgate.net/publication/333695159>.
2. Handbook of aseptic processing and packaging. URL: <https://www.researchgate.net/publication/362209649>.
3. Aseptic processing and packaging for the food industry. URL: <https://www.fda.gov/media/73529/>.
4. An overview of sterilization methods for packaging materials used in aseptic packaging systems. URL: <https://elautoclave.wordpress.com/wp-content/uploads.pdf>.
5. Design of equipment safety & reliability for an aseptic liquid food packaging line through maintenance engineering. URL: <https://bura.brunel.ac.uk/bitstream.pdf>.
6. Критичні фактори для процесів асептичного наповнення та укупорювання. Режим доступу: <https://promoboz.com/wp-content/uploads/2023/05/Aseptika.pdf>.
7. Пристрої і машини для асептичного пакування продукції. Режим доступу: <https://msd.com.ua/pakuvalne-obladnannya/pristroji-i-mashini-dlya-aseptichnogo-pakuvannya-produkciji/>.
8. Асептична машина заповнення. Режим доступу: <https://ua.trustarpack.com/info/aseptic-filling-machine-the-ultimate-guide-fo-37110336.html>.
9. Посібник із технології асептичного розливу напоїв у ПЕТ-пляшки. Режим доступу: <https://ibottling.com/>.
10. Сучасні пакувальні матеріали для зберігання харчових продуктів. Режим доступу: [https://elartu.tntu.edu.ua/bitstream/lib/29184/2/ProcSPHNP\\_2019](https://elartu.tntu.edu.ua/bitstream/lib/29184/2/ProcSPHNP_2019).
11. Aseptic packaging system. URL: <https://www.icpe.in/icpefoodnpacka.pdf>
12. Fundamentals of reliability engineering and applications. URL: <https://www.bing.com/search>.
13. ДСТУ 2389-94 Технічне діагностування та контроль технічного стану. Режим доступу: <https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html>.
14. ДСТУ 2860-94. Надійність техніки. Терміни та визначення. Режим доступу: [https://dbn.co.ua/load/normativy/dstu/dstu\\_2860\\_94](https://dbn.co.ua/load/normativy/dstu/dstu_2860_94).
15. Сухенко В.Ю., Таран В.М., Сухенко Ю.Г. Прогнозування надійності і довговічності обладнання харчових виробництв за інтенсивністю корозії // Цукор України: Наук.-практ. галузев. журнал. 2006, № 1-2 (45). С. 44-46.
16. Сухенко Ю.Г., Литвененко О.А., Сухенко В.Ю. Надійність і довговічність устаткування харчових і переробних виробництв. К.: НУХТ, 2010. 547 с.
17. Сухенко Ю.Г., Некоз О.І., Стечишин М.С. Технологічні методи забезпечення довговічності обладнання харчової промисловості. К.: Елерон, 1993. 107 с.
18. Надійність обладнання харчової галузі. Режим доступу: <http://elar.tsatu.edu.ua/bitstream>.

					<b>ДонНУЕТ.133.ГМБ-23м.2024.ПЗ</b>	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		45