

Міністерство освіти і науки України
Одеський національний технологічний університет
Кафедра ПО та ЕМ



**ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ**

на тему

**Аналіз способів виготовлення полімерних матеріалів та обладнання для
фасування рідких та густих харчових продуктів**

(назва кваліфікаційної роботи згідно наказу ОНТУ)

Здобувача Ульянов Д. В.

(прізвище, ініціали)

курсу _____ групи

Керівник доц. Кепін М. І.

(посада, прізвище та ініціали)

Консультанти: по БЖД

доц. Всеволодов О.М.

(посада, прізвище та ініціали)

Кваліфікаційна робота допускається до захисту

Рішення кафедри від _____ 2025 р., протокол № _____.

Завідувач кафедри ПО та ЕМ
(назва кафедри)

_____ (підпис)

Олег БУРДО
(Ім'я ПРІЗВИЩЕ)

Одеса – 2025 рік

ОДЕСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Навчально-науковий інститут	холоду, кріотехнологій та екоенергетики ім. В.С. Мартиновського
Кафедра	ПО та ЕМ
Ступінь вищої освіти	бакалавр
Спеціальність	131 «Прикладна механіка»
Освітня програма	«Інженерна механіка»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. кафедри ПО та ЕМ

Олег БУРДО

« ____ » _____ р.

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Ульянов Дмитро Володимирович

1. Тема роботи Аналіз способів виготовлення полімерних матеріалів та обладнання для фасування рідких та густих харчових продуктів

Затверджена наказом академії від 25.11.2024 р наказ № 738-03

2. Термін здачі здобувачем закінченої роботи _____

3. Вихідні дані роботи: Матеріал тари: основний поліестерол (PS), пакувальна ємність 0,01 – 0,02 кг, швидкість полотна пакування 1 м/хв, продуктивність, 300 кг/год, ширина тари 35 мм.

4. Перелік питань, які потрібно розробити: технологічний процес, вимоги до сировини, тари, готової продукції у відповідності до ДСТУ; критичний огляд існуючого технологічного обладнання; обґрунтування розробки обраної конструкції; технічний проект; техніка безпеки і правила експлуатації машини

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) Термоформувальна машина для дозування та пакування в'язких продуктів (Лист 1), . Вузол стерилізації (Лист 2), Вал нагрівальний (Лист 3), Дозатор (Лист 4), Пристрій ріжучий (Лист 5), Деталювання (Лист 6)

6. Консультанти по роботі, із зазначенням розділів роботи, що стосуються їх

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
Техніка безпеки і правила експлуатації машини	доц. Всеволодов О.М.		

7. Дата видачі завдання _____

Керівник _____ Кенін М. І.

Завдання прийняв до виконання _____ Ульянов Д. В.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1.	технологічний процес, вимоги до сировини, тари, готової продукції у відповідності до ДСТУ		
2.	критичний огляд існуючого технологічного обладнання		
3.	обґрунтування розробки обраної конструкції		
4.	технічний проект		
5.	техніка безпеки і правила експлуатації машини		

Здобувач – дипломник _____ Ульянов Д. В.

Керівник роботи _____ Кенін М. І.

Зміст

Реферат	5
Вступ.....	6
1. Технологічний процес, вимоги до сировини, тари, готової продукції у відповідності до ДСТУ	9
2. Критичний огляд існуючого технологічного обладнання	21
3. Обґрунтування розробки обраної конструкції	29
4. Технічне завдання на проектування.....	32
5. Технічний проект	37
5.1. Опис запропонованої машини, принцип дії, устрій	37
5.2 Технологічний розрахунок.....	45
5.3 Силовий розрахунок, вибір електродвигуна приводу стрічки	46
5.4 Кінематичний розрахунок.....	51
5.5 Розрахунок привідного валу на міцність.....	59
6. Техніка безпеки і правила експлуатації машини	63
Використані літературні джерела.....	66
Специфікації	67

					КРБ.ПОтаЕМ.1. 738-03.2.1			
<i>Змін</i>	<i>Ар-</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>				
<i>Розроб</i>		<i>Ульянов Д. В.</i>			Аналіз способів виготовлення полімерних матеріалів та обладнання для фасування рідких та густих харчових продуктів	<i>Літ.</i>	<i>Арк</i>	<i>Аркушіє</i>
<i>Перевірів</i>		<i>Кепін М. І.</i>				4	67	
<i>Н. Контр.</i>					ОНТУ			
<i>Затв.</i>		<i>Бурдо О. Г.</i>						

Реферат

У даній дипломній роботі наведено критичний огляд існуючого обладнання. Розроблено технічне завдання. Виконані необхідні розрахунки підтверджують працездатність машини.

Розрахунково-пояснювальна записка включає 67 стор.

Графічна частина включає - 6 листів А1

Вступ

Упаковка харчових продуктів відіграє надзвичайно важливу роль у сучасній харчовій промисловості. Вона забезпечує збереження якості продукції, її безпечність, привабливий вигляд і зручність у використанні, транспортуванні та зберіганні. Зокрема, рідкі та густі харчові продукти вимагають спеціалізованих типів упаковки та високотехнологічного обладнання для фасування. До таких продуктів відносять: молоко, соки, соуси, йогурти, мед, креми, концентрати, кетчупи, рослинні олії та інші. Їх фізико-хімічні властивості обумовлюють необхідність застосування певних типів пакувальних матеріалів і фасувального обладнання.

Значне поширення в сучасній харчовій промисловості отримали полімерні матеріали, що прийшли на зміну традиційним — склу, металу та паперу. Полімери мають низку переваг: легкість, гнучкість, механічна міцність, бар'єрність, можливість термоформування, зварювання, високий ступінь гігієнічності та низька собівартість. Завдяки цим властивостям вони стали основою для створення різноманітних упаковок — пляшок, туб, пакетів, плівок, контейнерів, стаканів тощо.

Розвиток виробництва полімерної упаковки тісно пов'язаний з удосконаленням обладнання для фасування харчових продуктів. Сучасні лінії дозволяють проводити автоматичне дозування, наповнення та герметизацію упаковки в умовах високої продуктивності, стерильності та точності. Для різних груп харчових продуктів розроблені індивідуальні системи подачі, в залежності від в'язкості, температури, чутливості до окислення або контакту з матеріалом тари.

Упаковка відіграє не лише технічну, а й маркетингову функцію — вона формує перше враження про продукт, сприяє пізнаваності бренду, захищає від фальсифікацій. У зв'язку з глобалізацією харчового ринку, посиленням

конкуренції та зростанням обсягів споживання, виникає потреба у науково обґрунтованому підході до вибору пакувальних матеріалів та конструювання фасувальних систем. Водночас, підвищується увага до екологічних аспектів — використання перероблених і біорозкладаних полімерів.

Україна в останнє десятиріччя демонструє стабільне зростання у виробництві полімерної упаковки, однак значно відстає від країн ЄС як за обсягами, так і за рівнем інновацій.

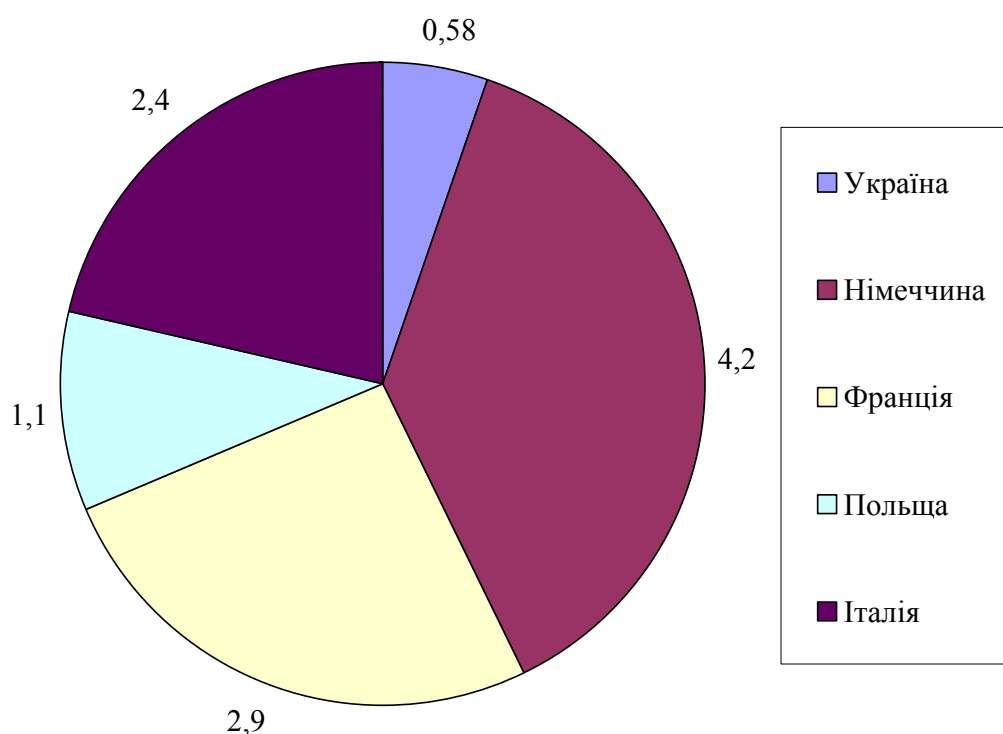


Рис. 1. Обсяги виробництва полімерної упаковки в Україні та ЄС

Основні проблеми в галузі:

1. Залежність від імпортової сировини — понад 70 % полімерів в Україну імпортується з Китаю, Саудівської Аравії та країн ЄС.

2. Низький рівень вторинної переробки — лише близько 6 % полімерної упаковки в Україні утилізується, решта потрапляє на полігони.

3. Високі енергозатрати виробництва — переробка полімерів вимагає значних витрат електроенергії та тепла.

4. Відсутність чіткої політики щодо біопакування — законодавство не стимулює перехід на екологічні альтернативи

Актуальність теми також визначається швидкими темпами технологічного розвитку в галузі машинобудування для харчової промисловості. Фасувальне обладнання постійно модернізується: впроваджуються сенсорні елементи, системи візуального контролю, лазерне маркування, автоматичне калібрування дозаторів, інтелектуальні алгоритми контролю якості та оптимізації витрат.

Метою роботи є аналіз сучасних способів виготовлення полімерних матеріалів, які використовуються для пакування рідких і густих харчових продуктів, а також дослідження конструктивних рішень і технічних характеристик фасувального обладнання.

Для досягнення мети поставлені наступні завдання:

- * дослідити види полімерів, що застосовуються в харчовій промисловості;
- * охарактеризувати основні методи виготовлення полімерної упаковки;
- * класифікувати фасувальне обладнання за принципом дії та сферою застосування;
- * проаналізувати переваги та недоліки існуючих технологічних рішень;
- * розглянути тенденції розвитку упаковки та фасування з урахуванням екологічних викликів.

Таким чином, дана тема є актуальною з точки зору технічної, економічної та екологічної доцільності, а також в контексті сучасних вимог до якості та безпечності харчової продукції.

1. Технологічний процес, вимоги до сировини, тари, готової продукції у відповідності до ДСТУ

Сучасне виробництво полімерних матеріалів є високотехнологічним процесом, що базується на синтезі мономерів і формуванні виробів із заданими властивостями. Різні методи переробки полімерів дозволяють отримувати упаковку з унікальними характеристиками: міцністю, прозорістю, гнучкістю, термостійкістю й бар'єрністю.

1. Методи переробки полімерів

1.1 Полімеризація і поліконденсація

Процес синтезу полімерів починається з утворення макромолекул. Основними реакціями є полімеризація та поліконденсація. Полімеризація — це приєднання однакових мономерів без утворення побічних продуктів. Наприклад, поліетилен утворюється з етилену. Поліконденсація — це реакція різних мономерів з утворенням побічних речовин (наприклад, води), як у випадку синтезу поліефірів чи поліамідів.

На властивості полімеру впливають швидкість реакції, температура, наявність каталізаторів і спосіб ініціювання (тепловий, радикальний, йонний).

1.2. Екструзія

Екструзія — один із найпоширеніших методів отримання плівок, трубок і листів. Полімер у вигляді гранул подається в шнековий екструдер, де розплавляється й проштовхується через формувальну матрицю. Отриманий напівфабрикат охолоджується, калібрується та намотується.

Найчастіше методом екструзії виробляють упаковку з:

поліетилену (LDPE, HDPE),

поліпропілену (PP),

поліетилентерефталату (PET).

Широко впроваджується коекструзія, коли кілька шарів полімеру по-

даються одночасно, утворюючи багат шарову плівку з комбінованими властивостями — бар'єрністю (EVOH) і герметичністю (PE).

1.3. Лиття під тиском

Лиття під тиском використовується для виготовлення жорсткої тари: банок, кришок, контейнерів. Полімер розплавляється й впорскується у прес-форму, де твердне. Метод забезпечує високу точність та швидкість.

Найчастіше застосовуються:

поліпропілен (стійкий до високих температур),

полістирол (економічний, прозорий),

ПЕТ (міцний, стійкий до тиску).

1.4. Термоформування

Метод термоформування застосовують для виготовлення лотків, стаканів, кришок. Попередньо нагрітий пластиковий лист формують вакуумом або тиском на матриці. Цей спосіб підходить для пакування йогуртів, десертів, готових страв.

Комбінування термоформування з герметизацією (FS – Forming/Sealing) дозволяє створити повноцінну лінію фасування.

1.5. Каландрування

Каландрування — це пропускання розплавленого полімеру між валками для отримання плівки чи листа з точною товщиною.

Застосовується при виробництві ПВХ-плівок і жорсткої прозорої обгортки.

2. Фасування рідких і в'язких харчових продуктів

Це складний технологічний процес, який потребує високої точності дозування, санітарної безпеки та відповідності упаковки фізико-хімічним властивостям продукту. Вибір обладнання залежить від типу продукту, обсягу виробництва, рівня автоматизації й форми пакування.

2.1. Основні принципи фасувального обладнання

Фасувальні машини виконують три основні функції:

дозування продукту,
подача та відкривання упаковки або її формування,
запаювання чи герметизація.

За ступенем автоматизації фасувальне обладнання буває:

ручне — для малих цехів,

напівавтоматичне — дозування автоматизоване, подача тари вручну,

автоматичне — безперервний цикл, включає всі етапи.

2.2. Машини для розливу рідких продуктів

Рідкі продукти (молоко, соки, вода, масло) фасуються з використанням:

гравітаційних дозаторів — розлив під дією сили тяжіння;

об'ємних дозаторів — точне дозування;

поршневих насосів — для продуктів різної в'язкості;

перистальтичних систем — для стерильного або делікатного продукту.

Широко використовуються лінії типу «розлив–закупорювання», які можуть забезпечити до 20–30 тис. упаковок за годину.

2.3. Обладнання для фасування в'язких продуктів

В'язкі продукти (кетчуп, мед, майонез, йогурт) вимагають спеціального обладнання з підвищеною потужністю та герметичністю.

Поширені варіанти:

поршневі фасувальники з підігрівом — для густих термочутливих продуктів;

роторні автомати — обертальний стіл подає тару під дозатор;

шнекові дозатори — для мас з включеннями;

асептичні установки — для стерильного фасування.

Особливості:

обов'язкова система СІР-мийки;

контроль температури продукту;

похибка дозування не більше 1–2 %.

2.4. Автоматизація і сучасні технології фасування

Сучасне фасувальне обладнання інтегрується в автоматизовані лінії з цифровим керуванням. Актуальні напрямки:

контроль процесу через PLC і сенсорні дисплеї;

роботизоване завантаження тари;

візуальний контроль якості (шов, рівень, дефекти);

безконтактне дозування (ультразвук, електромагнітні клапани).

Для фасування в модифікованому газовому середовищі або вакуумі використовуються спеціальні камери. Також активно розвиваються роторні машини зі змінними головками, які дозволяють працювати з різними видами тари — пляшками, дойпаками, стаканами тощо.

3. Властивості полімерної тари та плівок для харчових продуктів

Полімерна тара та плівки широко застосовуються в харчовій промисловості завдяки поєднанню технологічної зручності, економічності, гігієнічності та можливості забезпечення тривалого терміну зберігання продукції. Їх властивості визначають не лише зручність упаковки, а й безпечність продукту, його збереження та органолептичну стабільність. Вибір полімерного матеріалу базується на низці параметрів, серед яких ключовими є фізико-механічні характеристики, бар'єрність до газів і вологи, термостійкість, інертність до харчових середовищ, а також можливість вторинної переробки.

3.1. Загальні властивості полімерної упаковки

Полімерні плівки й контейнери, призначені для харчової галузі, мають низку основних переваг:

Легкість – щільність більшості полімерів становить від 0,9 до 1,4 г/см³, що зменшує вагу кінцевої продукції.

Гнучкість та формостійкість – забезпечує зручне фасування та герметичне запаювання.

Прозорість або матовість – дозволяє адаптувати вигляд під потреби бренду та маркетингу.

Можливість нанесення друку – плівки легко декоруються за допомогою

флексграфії або офсетного друку.

Сумісність з автоматизованими фасувальними лініями – полімерні пакування можуть термоформуватися, легко зварюються та запаюються.

Разом з тим, ефективність упаковки безпосередньо залежить від фізико-механічних і бар'єрних властивостей.

3.2. Фізико-механічні характеристики

3.2.1. Міцність на розрив

Міцність визначає здатність плівки витримувати механічне навантаження під час транспортування, фасування й зберігання. Для поліетиленової плівки цей показник зазвичай становить 10–25 МПа, для поліпропіленової – до 35 МПа. Багатошарові плівки (PET/PE, PET/AL/PE) демонструють ще вищі значення міцності завдяки армуванню алюмінієвою фольгою чи нейлоном.

3.2.2. Подовження при розриві

Цей параметр визначає гнучкість і стійкість до деформацій. Для LDPE подовження досягає 400–600 %, що робить його ідеальним для пакування си-пких або нестабільних за формою продуктів.

3.2.3. Ударна в'язкість

Стійкість до ударів важлива для тари, що транспортується або піддається механічному навантаженню. Наприклад, ПЕТ-банки мають високу стійкість до падіння з висоти до 1 м, що робить їх придатними для фасування рідин у роздрібній торгівлі.

3.2.4. Стійкість до проколу

Для упаковки з вакуумуванням або MAP важлива стійкість до проколів, оскільки порушення герметичності знижує термін зберігання. Комбіновані плівки з нейлоном або поліамідами забезпечують необхідну міцність при товщині лише 50–70 мкм.

3.3. Бар'єрні властивості

Найважливішою функцією харчової упаковки є захист продукту від

впливу зовнішнього середовища: вологи, кисню, вуглекислого газу, світла та сторонніх запахів.

3.3.1. Бар'єрність до кисню (O₂)

Кисень є головним фактором окиснення жирів і втрати якості в продуктах. PET, PVDC, EVON демонструють добру бар'єрність. Для максимального захисту використовують багат шарові плівки з EVON або алюмінієвою фольгою. Наприклад, структура PET/EVON/PE забезпечує проникність менше 2 см³/м²/24 год при 23 °С.

3.3.2. Бар'єрність до водяної пари

Захист від вологи особливо важливий для сухих продуктів (круп, чаю, снєків). Поліетилен і поліпропілен мають добру вологобар'єрність. Для ще вищої ефективності застосовуються ламіновані структури: наприклад, BOPP/PE, PET/PE, або BOPP/AL/PE.

3.3.3. Захист від світла

Світлочутливі продукти (масло, соуси, напої) потребують захисту від ультрафіолету. Це досягається за допомогою непрозорих шарів або металізованих покриттів. Полімери з додаванням УФ-абсорберів (наприклад, TiO₂) зменшують деградацію продукту.

3.3.4. Ароматобар'єрність

Запобігання виходу летких компонентів (ароматів) або проникненню сторонніх запахів — критична вимога для вакуумованих продуктів, кави, спецій. Тут використовуються плівки з PVDC або металізовані багат шарові структури.

3.4. Термостійкість і герметичність

Важливі для продуктів, які піддаються термічній обробці безпосередньо в упаковці (стерилізація, пастеризація, СВЧ-розігрів).

Поліпропілен (PP) витримує температуру до 120–140 °С, тому застосовується для гарячого розливу.

PET має високу термостійкість і використовується для фасування на-

поїв, які проходять гарячу дезінфекцію.

Плівки для СВЧ мають спеціальні терморозширювальні клапани або перфоровану структуру.

3.5. Сумісність із харчовими продуктами

Полімери для харчової упаковки мають відповідати суворим санітарним нормам. Сумісність з продуктом означає:

відсутність міграції небезпечних речовин;

4. Стерильність полімерних пакувальних матеріалів: аналіз властивостей, методів стерилізації та їхнього впливу на безпеку харчових продуктів

Упаковка харчових продуктів має не лише зберігати товарний вигляд і структуру продукту, а й забезпечувати санітарну безпеку. Важливим параметром є стерильність пакувального матеріалу, особливо у випадку герметичного пакування термочутливих або готових до споживання харчів. Основу сучасної харчової упаковки складають полімерні матеріали, проте вони самі не є стерильними, тому вимагають обробки перед використанням. Методи стерилізації мають бути ефективними проти широкого спектра мікроорганізмів, не руйнувати матеріал і не залишати шкідливих залишків.

4.1. Види полімерних плівок і їх стійкість до стерилізації

Стерилізація упаковки залежить від складу плівки. Різні полімери мають різну термічну, хімічну й механічну стійкість, що обмежує або навпаки — розширює можливості стерилізації.

Порівняння полімерних плівок за властивостями для стерильного пакування

Матеріал	Стійкість до температури (°C)	Бар'єрність (O ₂ /CO ₂ /H ₂ O)	Придатність до стерилізації	Застосування
ПЕТ (PET)	до 150	висока/середня/висока	Парова, хімічна	Молочна продукція, соуси
ПЕ (LDPE, HDPE)	до 100	низька/низька/середня	ЕО, УФ	Йогурти, упаковка масла
ПП (PP)	до 135	середня/низька/середня	Парова, ЕО, УФ	Супи, напої
ПА (нейлон)	до 160	середня/середня/низька	Всі способи	Вакуумна упаковка
ЕVОН	до 90	дуже висока/висока/низька	Обмежено	М'ясні напівфабрикати
ПВХ	до 60–80	висока/середня/середня	Обмежено (УФ)	Сир, ковбаса

Примітка: високотемпературна стерилізація не застосовується до ПВХ та ЕVОН через ризик розкладання.

4.2 Основні методи стерилізації полімерної упаковки

Методи стерилізації поділяються на термічні, хімічні та фізичні. Кожен має власні переваги й обмеження щодо безпеки, вартості, впливу на полімер і продукт.

Основні методи стерилізації плівок

Метод	Температура/умови	Переваги	Недоліки	Приклади застосування
Парова стерилізація	121–135 °С, 15 хв	Висока ефективність, екологічність	Може деформувати плівку	Упаковка супів, дитячого харчування
Оксид етилену (ЕО)	37–60 °С, 6–24 год	Універсальний для всіх полімерів	Залишкові токсини, довге провітрювання	Медичне та харчове пакування
Ультрафіолетова (УФ) обробка	254 нм, 2–10 хв	Безконтактна, без залишків	Низька глибина проникнення	Кришки, плівка в рулонах
Плазмова стерилізація	40–80 °С	Безпечна, без хімії	Висока вартість обладнання	Біоупаковка, стерильна тара
Інфрачервоне нагрівання (ІЧ)	180–250°С, 1–5 сек	Швидкість, ефективність	Вплив на фізико-механічні властивості	Пляшки ПЕТ, тверді лотки
Перекис водню (H ₂ O ₂)	Туман або розчин при 50–60 °С	Висока ефективність проти спор, відсутність залишків	Вимагає повного висусування перед фасуванням	Упаковка молока, дитячих пюре

4.3. Вплив методів стерилізації на властивості упаковки

Результати досліджень показують, що парова стерилізація може призвести до усадки або втрати прозорості у ПЕ-плівках. Оксид етилену забезпечує високу ефективність, але потребує тривалого провітрювання (до 48 годин), щоб знизити рівень залишкових речовин до безпечного рівня.

Ультрафіолетове випромінювання є безпечним та швидким, однак воно ефективно лише на поверхні, не проникає вглиб складної упаковки (наприклад, багат шарової). Плазмова обробка — один із найбільш перспективних, хоча й дорогих методів. Вона не змінює структуру плівки, не залишає токсинів, але вимагає герметичного устаткування.

Метод стерилізації з використанням перекису водню у вигляді аерозолю або пари активно застосовується на підприємствах з асептичного фасування. H_2O_2 ефективно знищує не лише бактерії, але й спорові форми, не залишаючи шкідливих залишків після висушування.

Особливо добре підходить для:

- поліетиленової та поліпропіленової упаковки;
- комбінованих матеріалів типу картон/плівка (TetraPak);
- асептичного розливу дитячого харчування.

Примітка: Надлишок перекису може призвести до окислення тонких плівок або до набуття ними стороннього запаху, тому важливо забезпечити повну дегазацію після обробки.

4.4. Безпека та залишкові ефекти

У таблиці наведено порівняння впливу різних методів стерилізації на полімер та безпеку кінцевого продукту.

Порівняльна безпечність методів стерилізації

Метод	Токсичність залишків	Зміна властивостей плівки	Енерговитрати	Рівень стерильності
Пар	Немає	Висока усадка в ПЕ	Середній	Високий
ЕО	Висока (до провітрювання)	Незначна	Низький	Дуже високий
УФ	Відсутня	Локальне старіння	Низький	Середній
Плазма	Відсутня	Незначна	Середній–високий	Високий
ІЧ	Відсутня	Може призвести до термодформації	Високий	Високий
Перекис водню (H ₂ O ₂)	Низька (після висушування)	Залежить від концентрації	Середній	Дуже високий

4.5. Проблеми і перспективи**Проблеми:**

- Відсутність універсального способу стерилізації для всіх типів полімерів.
- Недостатній рівень контролю за залишковими токсинами при використанні ЕО.
- Висока вартість сучасних методів (плазма, ІЧ).
- Відсутність обов'язкової стерилізації упаковки в Україні (окрім молочних виробів).

Перспективи:

- Впровадження **безконтактних методів** стерилізації (плазма, УФ + озон).
- Розробка **біоактивних плівок** з антимікробними властивостями.
- Інтеграція стерилізаційних модулів у фасувальні лінії.
- Використання **нанопокриттів** для зниження мікробного обсіменіння.

Стерильність полімерної упаковки має ключове значення для збереження якості та безпечності харчових продуктів. Вибір методу стерилізації повинен базуватися на типі плівки, її властивостях і призначенні продукту. Найперспективнішими на сьогодні вважаються плазмова обробка та комбіновані методи (наприклад, УФ + газова фаза). Умовою успішного впровадження є комплексний підхід, що враховує економіку, безпеку й технологічну сумісність.

Метод стерилізації H_2O_2 став популярним завдяки своїй ефективності, доступності й відсутності токсичних залишків після висушування. Це робить його ідеальним для асептичного фасування харчових продуктів — особливо там, де не можна застосовувати високі температури або токсичні гази.

2. Критичний огляд існуючого технологічного обладнання

Дозувально-фасувальна машина АРД для сметани

Фасувальна машина АРД, рис. 2, призначена для фасування сметани (жирність 20, 25 і 30%) у тару з полімерних матеріалів порціями по 100, 150 та 250 г.

За класифікацією машина відноситься до класу ІІ з дискретним рухом ротора.

Основними вузлами машини є станина, операційний ротор, механізм подачі тари, укладач тари, дозатор, механізм закривання тари, транспортер відведення тари з продуктом для виконання наступної операції, регулюючих опор, пульта керування та приводу, який включає варіатор для регулювання продуктивності машини в залежності від ємності тар

Ротор з вісьмома парами гнізд виконує обертовий рух з зупинками. Машина оснащена механізмами регулювання опор за висотою та регулюванням в горизонтальній площині за рівнем.

Ротор має гнізда, рівномірно розташовані по двох концентричних колах. Кожна технологічна операція виконується одночасно у двох гніздах ротора.

Машина забезпечена механізмами блокування: «нема тари», «нема кришки», «відсутній рівень розрідження в системі вакуумування». В усіх випадках виконання операцій не відбувається.

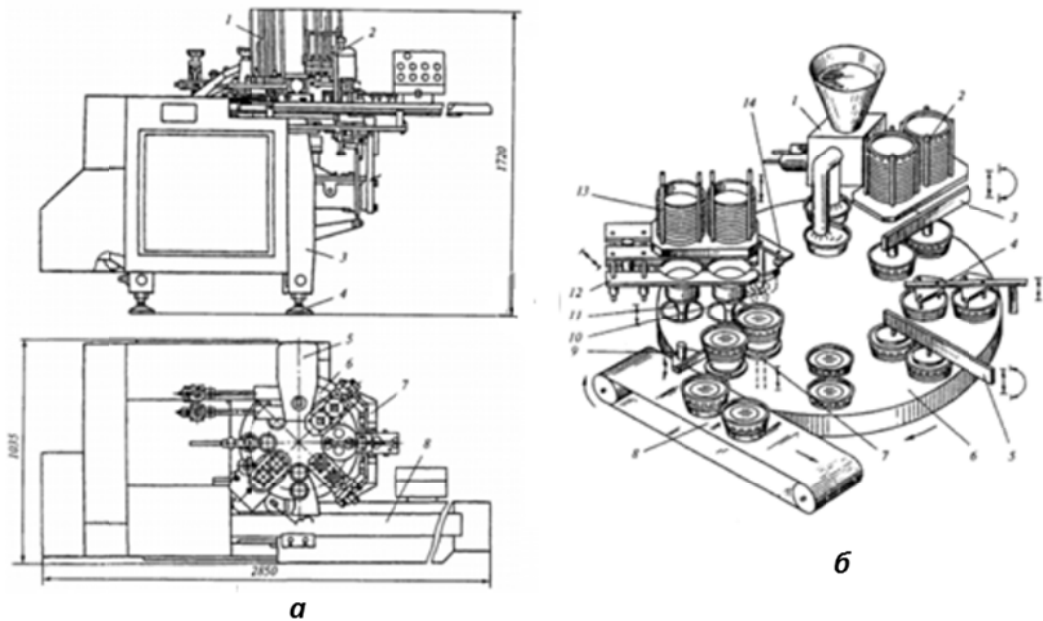


Рис. 2. Машина АРД для фасування сметани: *а* – загальний вигляд: 1 – механізм подачі тари; 2 – механізм закривання; 3 – станина; 4 – опора; 5 – дозатор; 6 – ротор; 7 – укладач тари; 8 – транспортер; *б* – технологічна схема: 2 – касета з кришками; 3 – механізм подачі кришок; 4 – механізм подачі клею; 5 – механізм подачі етикеток; 7 – виштовхувач тари з продуктом; 9 – механізм подачі тари з продуктом на транспортер; 10 – маркер; 11 – переносник тари; 12 – відокремлювач тари; 13 – касета з тарою; 14 – упор

Принцип дії. Механізм вилучення 12 із касети 13 вилучає одиничну тару і за допомогою вакуумного механізму 11 встановлює в гніздо операційного ротора 6. Для нанесення дати фасування продукту маркером 10 на нижню поверхню донця тари упор 14 опускається вниз на дно тари для її фіксації. Після нанесення дати упор 14 займає вихідне положення і поршнем продукт подається в тару. Після наповнення перекривається продуктопровід подачі продукту в тару, відкривається продуктопровід подачі продукту в об'єм циліндра при зворотному русі поршня.

Вакуумний механізм вилучення кришок 3 із касети кришок 2 подає кришку до тари з продуктом, утворюючи при цьому спеціальний замок. Завдяки механізму подачі клею 4 на кришку тари в трьох місцях наноситься клей. Вакуумний механізм подачі етикеток 5 з магазину етикеток відокрем-

лює одну етикетку і наносить її на кришку.

Тара з продуктом механізмом 7 піднімається догори для вилучення з гнізда операційного столу, після чого механізмом 9 подається на транспортер 8 для виконання операції укладання в транспортну тару.

Дозувально-фасувальна машина АРТ для сиру

Дозувально-фасувальна машина АРТ призначена для фасування сиру в пергамент із утворенням брикетів масою 125 або 250 г.

За класифікацією машина відноситься до класу II з дискретним рухом ротора.

Основними вузлами машини, рис. 3, є станина, механізм утворення пачки, операційний ротор, дозатор, механізм вкладання пачки, конвеєр, бункер, привід з варіатором швидкостей для безступінчастого регулювання продуктивності в залежності від маси продукту, пульт управління. Ротор має вісім гнізд, над якими монтуються відповідні механізми.

Принцип дії. Стрічка пакувального матеріалу з рулону 1 подається на напрямний валик 3, потім під механізм притискання 2 і після нього під маркер 4, який наносить дату.

За допомогою регульованих валків 5 пакувальний матеріал проходить між ножами 6, які відрізають обгортку певної довжини (поз. I). Важелями 7 і валками розгортка подається на формуючу матрицю 9 під пуансон 8.

Щуп 10 контролює наявність обгортки на матриці. Якщо обгортки немає, машина зупиняється. Пуансон 8 опускається і прошовує обгортку через матрицю 9, надаючи їй форму пачки (поз. II). За допомогою пуансона 8 пачка вставляється у гніздо операційного ротора 12.

Об'ємний поршневий дозатор 11 заповнює пачку (поз. III) певною порцією продукту, а механізм загортання 13 заганяє пачку (поз. IV). Механізм підпресування 15 надає пачці остаточної форми (поз. V). Виштовхувач вилучає пачку (поз. VI) з гнізда операційного ротора 12, після чого механізмом 17 пачка подається до механізму 16 для її повороту на 180 градусів з метою ук-

ладання боковими буртиками донизу, щоб при транспортуванні вони не розгорталися.

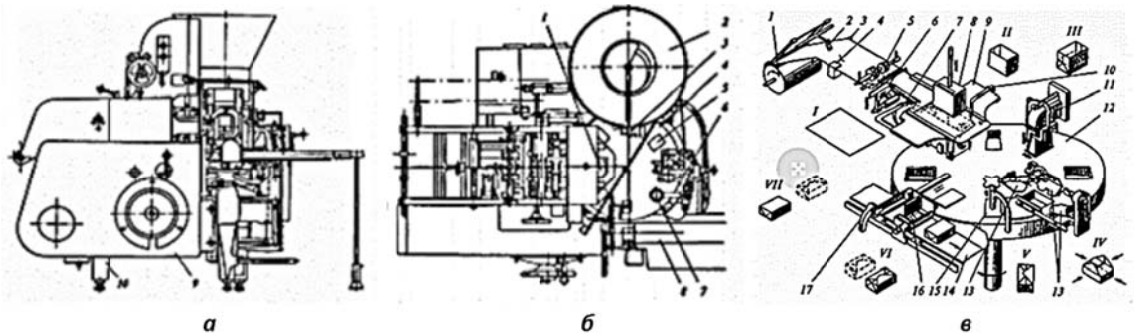


Рис. 3. Машина АРТ для фасування сиру: *а* – вид фронтальний; *б* – вид зверху: 1 – механізм формування тари (пачки); 2 – бункер; 3 – дозатор; 4 – ротор; 5 – гнізда; 6 – механізм укладання пачки; 7 – механізм підпресування; 8 – транспортер; 9 – станина; 10 – опора; *в* - технологічна схема: 1 – рулон пергаменту; 2 – механізм притиску; 3 – валик напрямний; 4 – маркер; 5 – валики регульовальні; 6 – ножі; 7 – важелі; 8 – пуансон; 9 – матриця формування пачки; 10 – щуп; 11 – дозатор об'ємний; 12 – ротор; 13 – механізм загортання пачки; 14 – транспортер; 15 – механізм підпресування; 16 – механізм повороту; 17 – знімач

Транспортером 14 пачки подаються на стіл, з якого вони вручну укладаються в транспортну тару.

Аналогічну конструкцію мають фасувальні машини марок АРС та АРІС, призначені для отримання брикетів із солодкої сирної маси відповідно по 50 та 100 г. Ці машини відрізняються від машини АРТ тільки конструкцією дозатора.

Дозувально-фасувальна машина ОРД для фасування майонезу та сметани

Фасувальна машина ОРД відноситься до машин класу II з операційним конвеєром, що здійснює дискретний рух. Вона призначена для виготовлення тари у вигляді прямокутних коробок з полімерного матеріалу (полівінілхлорид П-74 або ударостійкий полістирол) і фасування майонезу або сметани

порціями по 200 г з наступним запечатування коробок зверху алюмінієвою фольгою або папером, що ламінується термозварюванням.

Основними вузлами машини, рис. 4, є станина, механізм формування коробок, механізм запечатування фольги, механізм протягування плівки для виготовлення коробок, штамп вирубки готових коробок, дозатор.

Плівка для формування коробок закріплена на рулонотримачі 8, рис. 4 а запечатування коробок - на рулонотримачі 3, а відходи пакувального матеріалу намотуються на барабан 1.

Для дозування необхідної кількості продукту у машині застосовано дозатор поршневого типу. Продукт в дозатор подається зовнішнім продуктопроводом або прямо з бункера.

Принцип дії. Процес роботи машини виконується за два етапи. На першому етапі прес формування коробок 12, штамп 15 для герметизації коробок з продуктом способом зварювання, штамп 18 для вирізання готових коробок з продуктом способом вирубання від плівки і механізм гальмування плівки 22 знаходяться в нерухомому стані (затиснуті гальмом).

В цей час пакувальна плівка 8 знаходиться в нерухомому положенні для її нагрівання в нагрівачах 11 за температури (150...170) °С (поз. I).

Коробки формуються у формувальному пресі 12 (поз. II та III), заповнюються продуктом за допомогою дозатора 13 (поз. IV), закриваються матеріалом 2, який подається з рулонотримача 1, і з'єднується з матеріалом коробок способом термозварювання в штампі 15 (поз. V).

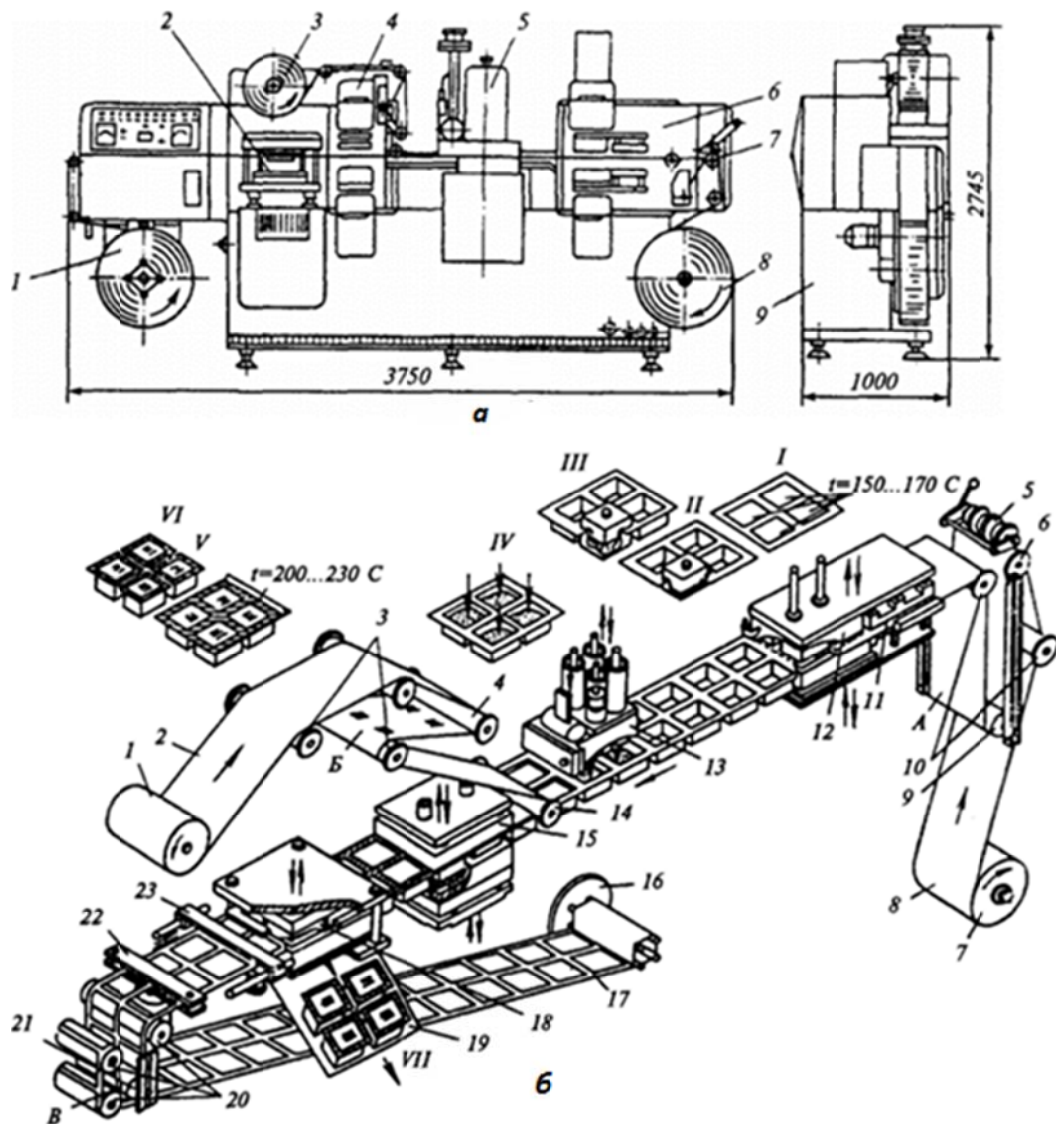


Рис. 4. Фасувальна машина ОРД для фасування майонезу та сметани: *а* – загальний вигляд: 1 – рулонотримач з відходами; 2 – штамп формування готових коробок; 3 – рулонотримач плівки для накладання на коробки з продуктом для герметизації способом зварювання; 4 – механізм для герметизації коробок з продуктом способом зварювання; 5 – дозатор продукту; 6 – механізм формування коробок; 7 – механізм протягування плівки для виготовлення коробок; 8 – рулонотримач плівки для формування коробок; 9 – станина; *б* – технологічна схема: 1 – рулонотримач плівки для накладання на коробки з продуктом; 2 – плівка для накладання на коробки з продуктом; 3, 10, 14, 20 – ролики напрямні; 5 – ролики притискні; 6 – механізм протягування плівки для формування коробок; 7 – рулонотримач плівки для формування коробок; 8 – плівка для формування коробок; 4, 9, 21 – ролики натяжні; 11 – нагрівачі;

12 – прес формування коробок; 13 – дозатор; 15 – штамп для герметизації коробок з продуктом; 16 – барабан для відходів; 17 – відходи плівки; 18 – штамп для вирізання готових коробок з продуктом; 19 – механізм відведення готових упаковок; 22 – гальмо; 23 – затискачі

Готові упаковки вирубуються у вирубному штампі 18 (VI). Відходи 17, що утворилися при цьому, намотуються на барабан 16. Відведення готових упаковок від автомата здійснюється за допомогою механізму 19.

На другому етапі гальмо відпускається, прес формування коробок 12, штамп запечатування 15, вирубний штамп 18 і гальмо плівки 22 знаходяться в початковому положенні (пуансони вказаних штампів знаходяться в верхній позиції). В цей час відбувається протягування (рух) пакувальної плівки 8, плівки 2 для закривання коробок з продуктом і залишки плівки (відходів) 17, а також переміщення готових коробок з продуктом в позицію 19 для їх відведення під час зупинки конвеєра.

За допомогою механізму 6 і притискних роликів 5 пакувальна плівка 8 по напрямних роликах 10 розмотується з рулону 7. Плівка, пройшовши через протягувальний ролик 9 утворює відрізок А для компенсації витрат пакувальної плівки при протягуванні її на один крок (236 мм).

Плівка 2 за допомогою подавального ролика рулонотримача по напрямних роликах 3 і 14 розмотується з рулону 1 і за допомогою натяжного ролика 4 утворює відрізок Б, що компенсує витрату плівки 2 при протягуванні її синхронно з пакувальною плівкою 8 на один крок.

Відходами 17 є залишки пакувальної плівки у вигляді безперервної стрічки та термозвареного з нею запечатувального матеріалу з отворами, які виходять після вирубки штампом 18 готових упаковок і дорівнюють розмірам упаковки в плані.

Відходи затискачами 23 протягуються на один крок і через опущене гальмо 22 по напрямних роликах 20 подаються на барабан відходів 16. Натяжний ролик 21 утворює при цьому відрізок для компенсації витрат відходів

при протягуванні їх на один крок.

Окрім машини ОРД на підприємствах використовують інші машини для фасування продуктів. Машина ОРВ призначена для фасування сиру в коробки з полімерних матеріалів, машина ФУГ - для фасування в пакети з полімерної плівки порційних та дрібнокускових м'ясних напівфабрикатів, машина УФАС-1200 призначена для фасування молока, кефіру, сметани, кислого молока, йогуртів та ін. в ламіновані, у тому числі фольговані, картонні пакети «*pure-pak*» або «*tetra-rex*» ємністю 0,5 або 1,0 кг, табл. 10.9.

Таблиця 4

Характеристика машин для наповнення в тару харчових продуктів

Показник	ОРД	ОРВ	ФУГ	УФАС-1200
Продуктивність, уп/хв	42	36 або 72	до 40	до 20
Маса порції, г	200	500 або 250	200...250	(0,5...1,0) кг
Габаритні розміри тари, мм	110x90x36	170x110x43 110x90x43	162x95x38	70x70x100 70x70x195
Потужність електродвигуна, кВт	6,5	6,5	7,53	4,8
Габаритні розміри: довжини/ширина/висота, мм	3750x1000x1965	3750x1800x2745	3090x1125x1425	2700x1300x1900
Маса, кг	2330	2637	1430	600

3. Обґрунтування розробки обраної конструкції

Упаковка харчових продуктів у сучасних умовах вимагає не лише герметичності, естетичності та зручності, а й мікробіологічної безпеки. Особливо це актуально для продукції, яка не піддається подальшій термічній обробці після фасування або зберігається без консервантів. У таких випадках критичним фактором стає чистота внутрішньої поверхні упаковки, яка контактує з харчовим продуктом. У зв'язку з цим усе більше підприємств харчової промисловості звертаються до концепції асептичної упаковки, в рамках якої стерилізація пакувальних матеріалів набуває першочергового значення.

Рулонна термоформувальна стрічка, що використовується для виготовлення нижньої частини тари у термоформувальних машинах, є безпосереднім носієм середовища, в яке надходить продукт. Якщо ця стрічка не пройшла належну дезінфекцію, існує ризик мікробіологічного забруднення вже фасованої продукції. Саме тому необхідність у розробці окремого стерилізуючого модуля для обробки пакувальної плівки є не просто технологічно виправданою, а й критично важливою з точки зору безпеки споживача.

Традиційні способи знезараження плівкових матеріалів, які використовуються в термоформувальних машинах, мають обмеження. Ультрафіолетове опромінення, хоча й зручне у реалізації, забезпечує лише поверхнєве знезараження. При цьому його ефективність значно знижується за наявності навіть найменших нерівностей, пилу чи залишків мастил. Крім того, зменшення інтенсивності випромінювання у процесі експлуатації ламп створює додаткові ризики. Обробка перегрітою парою або гарячим повітрям вимагає використання складних термоізольованих каналів і не завжди дозволяє досягти потрібного ступеня стерильності без ушкодження полімерної плівки.

Одним з найбільш ефективних підходів до стерилізації стрічки є використання сумішей перекису водню. Цей метод забезпечує високу бактерицидну активність, знищуючи як вегетативні форми мікроорганізмів, так і їх

спори. Перевагою є можливість обробки великої площі плівки за короткий час без її механічного або термічного пошкодження. Завдяки випаровуванню речовини при невисокій температурі та її подальшому розкладанню на воду й кисень метод залишається безпечним як для продукту, так і для оператора.

Оскільки сучасні термоформувальні машини працюють у високопродуктивному циклі, стерилізація має відбуватись синхронно з процесом подачі та формування стрічки. Отже, новий стерилізатор повинен бути компактним, швидкодіючим і автоматизованим. При цьому важливо забезпечити герметичність зони обробки, щоби уникнути контактів залишкової пари перекису водню з оточуючим середовищем або іншими частинами машини. Інтеграція з блоками керування термоформувальної машини дозволяє повністю автоматизувати увесь процес знезараження, мінімізуючи участь персоналу та виключаючи людський фактор.

Ще однією вимогою є збереження фізико-механічних властивостей упаковки. Полімерні матеріали, з яких виготовляється стрічка, повинні залишатися гнучкими, прозорими, механічно міцними після стерилізації. Використання агресивних методів може призвести до втрати бар'єрних властивостей, розтріскування або помутніння плівки, що неприпустимо в умовах сучасної упаковки. Перекис водню у відповідних концентраціях не викликає деградації полімерів, що підтверджено численними дослідженнями у харчовій промисловості.

Розробка власного модулю стерилізації пакувальної стрічки дозволяє адаптувати його до конкретного типу плівки, врахувати швидкість подачі, ширину рулону, а також тип продукту, що фасується. Таким чином, технологічний процес набуває гнучкості. Це особливо важливо для підприємств, які фасують як рідкі, так і густі продукти, що мають різну ступінь чутливості до мікробного забруднення. Крім того, у випадку роботи з біорозкладними полімерними плівками (наприклад, PLA), стандартні методи стерилізації можуть бути непридатними, тому потреба у спеціалізованому, щадному режимі

обробки зростає.

Економічні аргументи також свідчать на користь впровадження стерилізатора. Зниження ризику псування продукту дозволяє скоротити відсоток повернень, зменшити частку втрат у ланцюзі постачання та збільшити термін зберігання без додаткових витрат на консерванти чи охолодження. Окрім цього, реалізація високих стандартів безпеки відкриває доступ до ринків, які мають суворі санітарні вимоги, зокрема до країн ЄС, США, Канади та Японії.

Таким чином, створення стерилізатора для упаковочної стрічки — це не лише відповідь на сучасні виклики харчової безпеки, а й важливий етап технологічного розвитку підприємства. Такий пристрій дає змогу забезпечити асептичну чистоту упаковки без зниження продуктивності, дозволяє обробляти широкий спектр пакувальних матеріалів, інтегрується в наявну лінію без істотних конструктивних змін і відповідає принципам сталого розвитку.

Розробка подібного пристрою має стати інвестицією у довготривалу надійність, гнучкість виробництва та відповідність сучасним міжнародним стандартам. Його впровадження дає змогу підприємству не лише зберегти конкурентоспроможність, а й зміцнити позиції на ринку як постачальника якісної, безпечної та сучасно упакованої продукції.

4. Технічне завдання на проектування

1. Найменування і область застосування:

- 1) Машина призначена для формування, заповнення та запаювання упаковки із пластикової плівки;
- 2) Область застосування в лініях пакування;
- 3) Поставка машини на експорт не передбачена.

2. Підстава для розробки:

- 1) Підставою для розробки є завдання на дипломний проект по кафедрі ПО та ЕМ ОНТУ.

3. Мета і призначення розробки:

1) розробка проводиться з метою:

- створення ефективної машини для пакування;

4. Джерела розробки.

1) При розробці машини повинні бути використані наступні джерела:

- патенти, каталоги, науково-технічна література;
- авторські свідоцтва.

5. Технічні вимоги:

1) Машина складається з наступних основних складальних одиниць:

Вал формувачний, вал нагрівальний, витратний резервуар, пристрій ріжучий, пристрій перфоруючий, дозатор, вузол стерилізації

2) Габаритні розміри, не більше:

- довжина – 5900 мм;
- ширина - 1300 мм;
- висота - 2490 мм.

3) Маса – 2000 кг

4) Машина повинна встановлюватися в лініях пакування;

5) Вимоги до засобів захисту і стійкості до миючих засобів:

- все зовнішні металеві поверхні машини повинні бути пофарбовані

світло-коричневої емаллю ПФ-115 по ДСТУ 6465-63, 5-го класу до впливу спеціальних засобів - 4/1 по ДСТУ 9.032-7;

7) Вимоги до мийних засобів, мастил:

- машина повинна митися засобами, що застосовуються в консервній промисловості для миття технологічного обладнання без пошкоджень і псування;

8) Запасні частини повинні забезпечувати роботу машини до першого капітального ремонту.

6. Показники призначення:

1) Продуктивність – 300 кг / год;

2) Встановлена потужність приводу, кВт - до 5.

7. Вимоги до надійності:

1) Гарантійний термін, міс - 12;

2) Коефіцієнт готовності - 0,95;

3) Коефіцієнт технічного використання - 0,9;

4) Напрацювання на відмову, годину не менше - 100;

5) Вимоги до машини в плані стійкості від зовнішніх впливів вібрації та електричних магнітних полів не пред'являються.

8. Вимоги до технологічності:

1) Спеціальні вимоги до технологічності не пред'являються.

9. Вимоги до рівня уніфікації та стандартизації:

1) коефіцієнт застосовності,% не менше - 35;

2) коефіцієнт повторюваності, не менше - 2,5.

10. Вимоги до безпеки:

1) При розробці машина забезпечує виконання вимог до безпеки обслуговуючого персоналу згідно:

- ГСТ 27-00-216-75 «Система стандартів безпеки праці, машини і обладнання продовольчі. Загальні вимоги безпеки »;

- «Інструкція з техніки безпеки до виробничої санітарії для консервної,

харчоконцентратної і овочесушильної промисловості»;

2) Звукова потужність, яку випромінює машина в режимі номінальної продуктивності в виробничому приміщенні не повинна створювати на робочому місці рівня звуку і рівня звукового тиску в октавних смугах частот спектра перевищують допустимі Гігієнічних норм звукового тиску і рівня на робочих місцях № 1004-73.

Чисельна величина підлягає визначенню при приймальних випробуваннях відповідно до ДСТУ 8.055-73;

3) Рівні віброшвидкості в октавних смугах частот на робочому місці у жорстко закріпленої машини, що працює в режимі номінальної продуктивності, не повинні перевищувати допустимих «Санітарними нормами СН-245-71».

Чисельна величина підлягає визначенню при приймальних випробуваннях відповідно до ДСТУ 13731-68.

11. Естетичні і ергономічні вимоги.

1) Вимоги технічної естетики:

- композиційної рішення машини повинні відповідати функціональному призначенню і бути технічно і економічно обґрунтованим;
- забезпечити єдність стильового рішення елементів форми машини;
- форма машини в композиційному відношенні повинна відповідати умовам експлуатації;
- для обробки поверхні застосувати лакофарбовий матеріал з гладкою напівматовою структурою;
- кількість кольорів для забарвлення машини не більше 3;

2) Ергономічні вимоги:

- допустимі зусилля, прикладені до робочих органів машини, а також допускається вага об'ємних елементів машини по ДСТУ 27-00-216-75;
- конструкція форми машини повинна забезпечити обслуговуючому персоналу легкість доступу до функціональних зон і безпеку роботи з її об-

слуговування;

- передбачити надійний захист обертових частин машини.

При розробці забезпечити патентну чистоту по Україні та іншим країнам, так як виробництво машини для поставки на експорт не намічається, згідно ЗП-1-70.

13. Вимоги до складових частин продукції:

3) Основним матеріалом для виготовлення машини є вуглецева сталь звичайної якості ДСТУ 380-74 і нержавіюча сталь ДСТУ5632-72;

4) Застосовувані в машині матеріали і комплектуючі вироби повинні відповідати вимогам державних і галузевих стандартів, технічних умов.

12. Умови експлуатації:

1) Сировина, що підлягає переробці, має відповідати вимогам ДСТУів і технічних умов;

2) Машина повинна надійно працювати на режимах при температурах навколишнього середовища від +10 °С до +45 °С;

3) Режим роботи - дві зміни на добу протягом сезону переробки;

4) Обслуговування машини періодичне;

5) Обслуговуючий персонал - три робочих 2-го розряду;

6) Після транспортування і зберігання машина підлягає монтажу.

13. Вимоги до маркування та упаковки:

1) Маркування та упаковка машини повинні відповідати вимогам ГСТ 27-00-37-71 «Машини та обладнання продовольчі. Загальні технічні умови »;

2) Консервація машини повинна проводитися відповідно до вимог ДСТУ 13168-69;

3) Машина призначена для встановлення на бетонну підлогу.

14. Вимоги до транспортування, зберігання:

1) Транспортування машини може здійснюватися будь-яким видом транспорту у відповідності з їх правилами перевезень;

2) Спеціальні правила захисту від ударів при навантаженні і розванта-

женні не передбачаються;

3) Упаковка і консервація повинні забезпечувати збереження машини протягом 24 місяців з дня її відвантаження споживачеві.

15. Стадії та етапи розробки (відповідно до ДСТУ 2.103-68):

1) Розробка технічного завдання, його погодження та затвердження;

2) Розробка документації на дослідний зразок:

- розробка конструкторських документів, призначених для виготовлення та випробування дослідного зразка;

- виготовлення і заводські випробування дослідного зразка;

- коригування конструкторських документів за результатами виготовлення і випробувань дослідного зразка;

- міжвідомчі випробування дослідного зразка;

- перший етап заводських випробувань проводиться на підприємстві-виробнику, другий - на підприємстві-споживачі.

16. Порядок контролю і приймання:

1) Розробка проекту ведеться одностадійно;

2) Конструкторська документація підлягає узгодженню і затвердженню відповідно до ГСТ 27.00-5-74 і ГСТ 27-00-4-75.

5. Технічний проект

5.1. Опис запропонованої машини, принцип дії, устрій

Термоформувальна машина представлена на рис. 5, вона являє собою рамну конструкцію 1, всередині якої встановлені механічні вузли. Рулон поліестеролової (PS) плівки встановлюється на механізмі розмотування 2, через ролик 3, що підхиляє і нагріває вали 4, пакувальне полотно плівки подається до формувального вала 5, де з пакувального полотна формуються стаканчики. Поліестеролове пакувальне полотно з сформованими стаканчиками захоплюються ланцюгом 5 і подаються до термостата 7 з дозуючим пристроєм 8. Далі поліестеролове полотно з наповненою тарою (стаканчиками), подається до пайкового вала 9. Другий рулон термоформувальної плівки встановлюється на механізм засмоктування 10. Через відкидний ролик 11, пакувальне полотно плівки подається до спайного вала 9, де відбувається спайка верхнього пакувального полотна покриваючи нижнє пакувальне полотно зі стаканчиком. Вже запаяне пакувальне полотно подається до механізму перфорації 12, де відбувається відрізання пакувального полотна поперек руху. Далі пакувальне полотно подається до верхнього 13 і нижнього 14, ножових валів з дисковими ножами. Відбувається відрізання пакувального полотна уздовж руху і тим самим відділення стаканчиків, що по спуску 15, випадають з машини.

Для виготовлення асептичних упаковок стрічка пакувального матеріалу розмотується з барабана 2 і проходить через вузол стерилізації. Перед вузлом знаходяться направляючі ролики 19, 20. Всередині вузла знаходиться ванна з пероксидом водню в якій вмонтовано привідний ролик 18. Далі стрічка проходить віджимні ролики 17 за допомогою яких прибирають краплі антисептика.

Термоформувальна машина має пульт керування, до якого подаються сигнали. Сигнали датчиків температури, яка підтримує потрібну температуру нагрівальних валів. Також з пульта керування здійснюється включення та виключення всієї машини, також можна регулювати дозувальний пристрій [2].

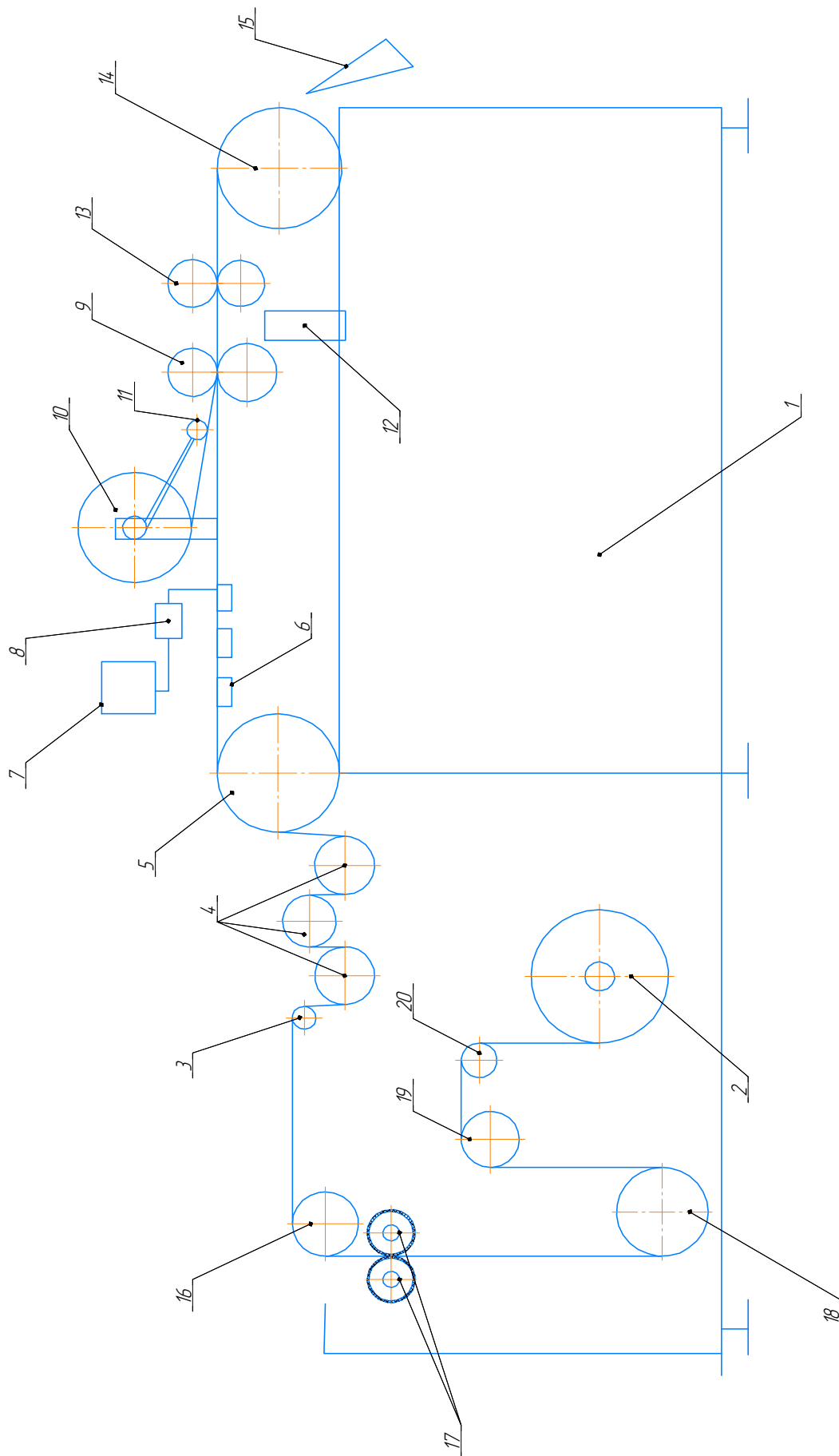


Рис. 5. Конструкція термоформувальної машини

Технічна характеристика представлена в табл. 5.

Таблиця 5

Технічна характеристика термоформувальної машини

Параметри		Значення
Габарити, мм	довжина	7300
	ширина	1700
	висота	2500
Матеріал тари	основний	поліестерол (PS)
	покривний	всі термозварювальні матеріали
Вид пакувальної тари		стаканчик
Ширина матеріалу тари, мм		320
Товщина матеріалу тари, мм		0,5
Встановлювана потужність, кВт		28
Пакувальна ємність, кг		0,01 – 0,02
Швидкість полотна пакування, м/хв		1
Продуктивність, кг/год		300
Ширина тари, мм		35

Опис вузла стерилізації

Для виготовлення асептичних упаковок стрічка пакувального матеріалу розмотується з барабана і проходить через вузол стерилізації, в якому вона стерилізується, шляхом занурення у ванну з рідким стерилізуючим засобом, таким як розчин концентрованого пероксиду водню у воді.

Більш конкретно, вузол стерилізації містить ванну, на практиці заповнену стерилізуючим засобом, у який безперервно падають стрічку. Для зручності ванна складається з двох паралельних відгалужень, з'єднаних знизу з утворенням U-подібного маршруту, достатньо довгого для того, щоб гарантувати обробку пакувального матеріалу протягом достатньо тривалого відрі-

зку часу. Для ефективної обробки у відносно короткий часовий період, а отже, з метою зменшення розмірів стерилізаційної камери, стерилізуючий засіб повинен підтримуватися при підвищеній температурі, наприклад, порядку 70°C.

Вузол стерилізації містить також камеру обробки, яка розміщена над ванною і в якій стрічка пакувального матеріалу висушується.

Більш конкретно, в камері обробки стрічку обробляють з метою видалення будь-яких залишків стерилізуючого засобу, прийнятна кількість якого в запакованому продукті регулюється жорсткими стандартами (максимально допустима кількість знаходиться в області кількох часток на мільйон).

Така обробка, зазвичай, складається з механічного видалення будь-яких крапель, що знаходяться на матеріалі, з наступним висушуванням повітрям.

Краплі можуть бути видалені пропусканням матеріалу через пару віджимних валків, які для зручності розміщені поблизу входу в камеру обробки, і після проходження яких матеріал все ще покритий плівкою стерилізуючого засобу, але на ньому немає макроскопічних крапель.

Висушування може виконуватися з допомогою повітряних шаберів, які спрямовані на протилежні поверхні матеріалу і повітря до яких подається із стерильного середовища, наприклад, з допомогою рециркуляційного трубопроводу, та які забезпечують видалення залишкових слідів стерилізуючого засобу за рахунок випаровування.

Пакувальні машини згаданого вище типу широко і задовільно використовуються в багатьох галузях харчової промисловості для виготовлення асептичних упаковок з поданого з рулону пакувального матеріалу. Зокрема, експлуатаційні характеристики вузла стерилізації забезпечують цілком достатнє узгодження із стандартами, якими регулюється стерильність упаковок.

Однак, власне в цій промисловості відчувається потреба проведення подальших удосконалень.

Щоб гарантувати стерильність середовища, до якого входять камера

обробки і асептична камера, обидві камери повинні підтримуватися при тискові, вищому за атмосферний, внаслідок чого будь-яка теча може відбуватися тільки назовні, тобто стерильне повітря може витікати з машини, але не стерильне повітря не може текти із зовнішнього середовища всередину машини. Більш того, щоб гарантувати односторонній потік від асептичної камери до камери обробки, між обома камерами повинна підтримуватися різниця тисків щонайменше приблизно 10мм Н₂О.

У відомих машинах, значення тиску в асептичній камері і камері обробки визначаються конструктивними особливостями, гарантуються відповідною каліброваною течєю між цими обома камерами та між камерою обробки і зовнішнім середовищем, і просто їх лише контролюють, а тому, якщо вони надто малі, наприклад, через експлуатаційні дефекти ущільнення, машина, а отже, і виробничий процес, мають бути зупинені для вжиття необхідних заходів.

Пропонується вузол для стерилізації пакувального матеріалу, конструкція якого дозволяє усунути згаданий вище недолік, тобто такий вузол, що забезпечує регулювання тиску в асептичній камері і камері обробки без зупинки виробництва.

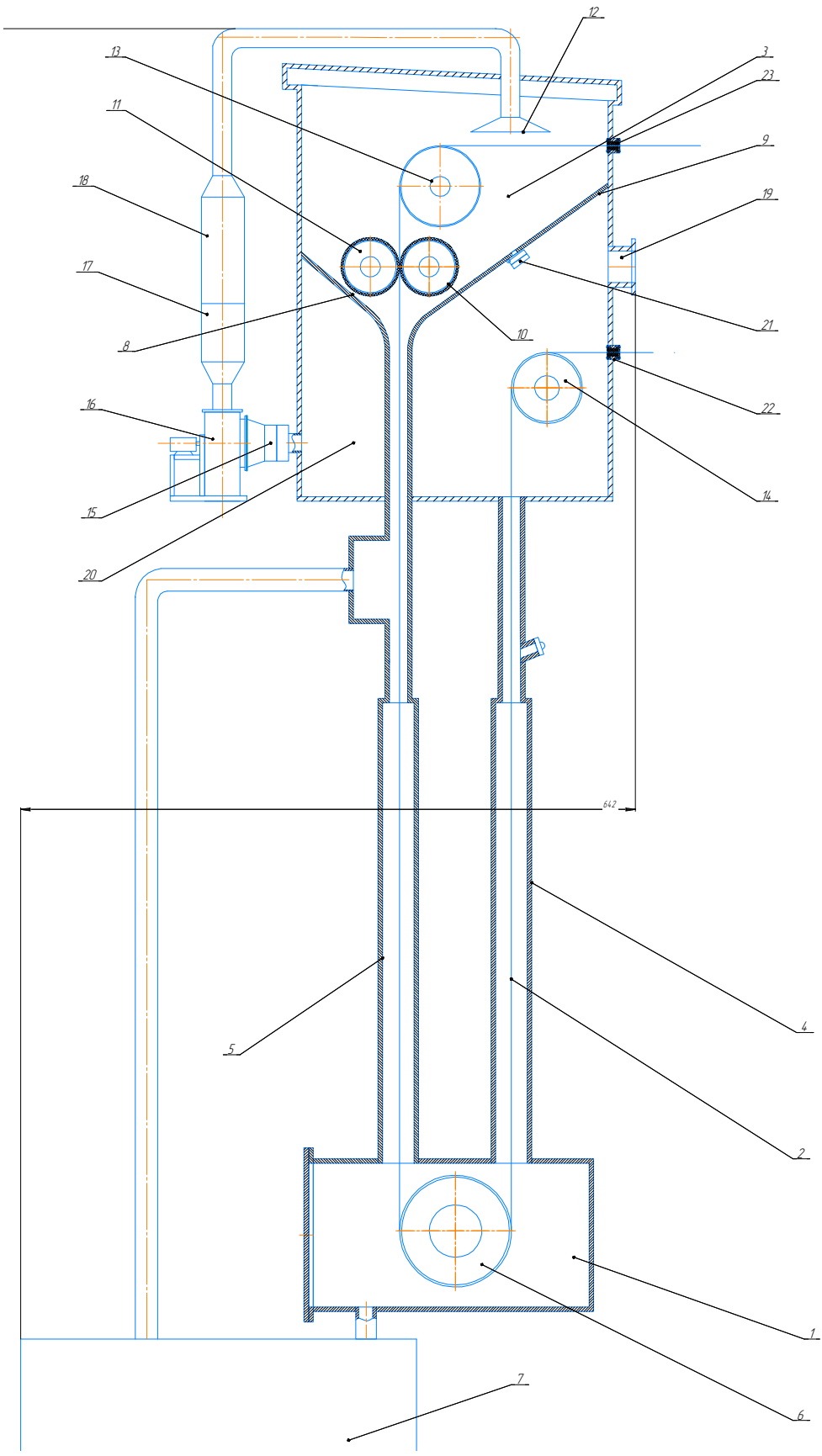


Рис. 6. Вузол стерилізації

Вузол стерилізації містить стерилізаційну ванну 1, котра містить рідкий стерилізуючий засіб, 30%-й розчин пероксиду водню (H_2O_2) у воді, через який подають стрічку 2; і камеру обробки 3, у якій стрічка 2 висушується,

Ванна 1 являє собою по суті U-подібну пласку трубу, яка під час роботи заповнена до заданого рівня стерилізуючим засобом і яка в свою чергу утворена двома вертикальними, відповідно, вхідним і вихідним патрубками 4, 5, що мають згори відповідні отвори, котрими для стрічки 2, відповідно, визначаються вхід у ванну і вихід з неї. Знизу обидва патрубка з'єднані нижньою частиною з ванною, де знаходиться горизонтальний привідний ролик 6.

Отже, всередині ванни 1 стрічка 2 рухається вздовж U-подібної траєкторії, довжину якої вибирають так, щоб забезпечити, що пакувальний матеріал протягом достатньо тривалого часу утримується у стерилізуючому засобі.

Ванна 1 приєднана до контуру 7 контролю за пероксидом (в деталях не показаний), і під час роботи в ній підтримується регульована температура, наприклад, порядку $70^{\circ}C$.

Камера обробки знаходиться над ванною і відділена від неї перегородками 8, 9 та містить засоби висушування, призначені для видалення залишків стерилізуючого засобу із стрічки 2.

Засоби висушування містять два паралельні, горизонтальні, натяжні віджимні ролики 10, 11 покриті м'яким матеріалом котрі розміщені поблизу входу в камеру обробки, з обох боків стрічки 2, і котрі взаємодіють з відповідними протилежними поверхнями стрічки 2 і чинять на них тиск, аби віджати всі краплі стерилізуючого засобу і повернути назад у ванну 1.

Засоби висушування містять також "повітряний шабер" 12, для спрямування струменя повітря на ту поверхню стрічки 2, котрою на практиці зрештою визначається внутрішня частина кожної упаковки.

Містить низку напрямних роликів 13, 14 для спрямування стрічки 2 до горизонтальної траєкторії.

Контур обробки повітря містить усмоктувальну трубу 15, компресор 16; фільтр 17 для видалення залишків стерилізуючого засобу; електропідігрівник 18. Температуру повітря на виході встановлюють рівною приблизно 180°C.

Камера з'єднана із зовнішнім середовищем через прохід 19, котрий має кришку, яка нормально закрита за рахунок гравітації, але яка під час роботи машини відкрита під дією низького тиску, і котрим визначається початкова нульова точка відліку тиск.

Камера обробки 3 може з'єднуватися з перехідною камерою 20 через отвір, регульований з допомогою заслінки 21.

Заслінка 21 може рухатися між відкритим положенням, в якому камера обробки 3 безпосередньо зв'язана з перехідною камерою 20, і закритим положенням, в якому обидві камери ізольовані. Відкрите положення можна регулювати, наприклад, шляхом настройки вручну механічного стопора заслінки, навіть під час роботи машини.

Тиск в асептичній камері вимірюється датчиком з виведенням показань на екран.

Витоки повітря з пристрою запобігають за допомогою вузлів ущільнення 22, 23.

Програмований блок керування машини на кожному її робочому етапі регулює параметри процесу вузла стерилізації, на основі заданих еталонних значень, і, зокрема, керує засобами нагрівання, що знаходяться у вузлі обробки повітря, керує контуром контролю за пероксидом.

5.2 Технологічний розрахунок

Розрахунок основних параметрів термоформуванняльної машини

Використовуючи вихідні дані (табл. 6), можемо розрахувати продуктивність термоформуванняльної машини.

Таблиця 6

Параметри	Значення
Швидкість руху полотна $U, \frac{м}{хв}$	1
Крок стаканчиків на полотні $t, мм$	0,06
Ємність стаканчиків $q, кг$	0,02
Кількість стаканчиків в ряді	2

Розрахуємо загальну кількість кроків на одному метрі пакувального полотна:

$$n_{\text{крок}} = \frac{1}{t} = \frac{1}{0,06} = 16$$

Розрахуємо кількість стаканчиків в одному метрі пакувального полотна:

$$n_y = n_{\text{крок}} \cdot 2 = 16 \cdot 2 = 32$$

Розрахуємо кількість упакованого продукту:

$$Q_{\text{пр}} = n_y \cdot q = 32 \cdot 0,02 = 0,64 \text{ кг}$$

Розрахуємо кількість упакованого продукту за годину:

$$Q = Q_{\text{пр}} \cdot U \cdot 60 = 0,64 \cdot 1 \cdot 60 = 38 \frac{\text{кг}}{\text{год}}$$

Розрахуємо кількість продуктивності, що перероблюється при безперервній роботі машини при 8-ми годинній зміні, де $t_{\text{зм}}=8$ год.:

$$\varphi = Q \cdot t_{\text{зм}} = 38 \cdot 8 = 304 \text{ кг}$$

5.3 Силовий розрахунок, вибір електродвигуна приводу стрічки

Потужність витрачається на переміщення пакувального полотна

Переміщення пакувального полотна кінематично зв'язує привідний вал (10), вал формувальний (11), вал нагрівний (12).

Знаходимо крутний момент на нагрівному валу (12):

$$M_{кр12} = P_{12} \cdot \frac{D_{12}}{2}, \text{ де}$$

D_{12} – діаметр нагрівального барабана, $D_{12} = 120$ мм

P_{12} – сила на нагрівальному валу (12), $P_{12} = 50$ Н (технічне рішення)

$$M_{кр12} = 50 \cdot \frac{0,12}{2} = 3 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Знаходимо крутний момент на нагрівному валу (11):

$$M_{кр11} = \frac{M_{кр12} \cdot i_{12,11}}{\eta_{12заг}}, \text{ де}$$

$$i_{12,11} = 1$$

$$\eta_{12заг} = \eta_{підш}^2 \cdot \eta_{зуб} = 0,99^2 \cdot 0,96 = 0,94$$

$$M_{кр11} = \frac{3 \cdot 1}{0,94} = 3,19 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Знаходимо крутний момент на нагрівному валу (10):

$$M_{кр10} = \frac{M_{кр11} \cdot i_{10,11}}{\eta_{заг}}, \text{ де}$$

$$i_{10,11} = 1$$

$$\eta_{12заг} = \eta_{підш}^2 \cdot \eta_{зуб} = 0,99^2 \cdot 0,96 = 0,94$$

$$M_{кр10} = \frac{3,19 \cdot 1}{0,94} = 3,39 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Знаходимо крутний момент на формувальному валу (9):

$$M_{кр9} = M'_{кр9} + M''_{кр9}, \text{ де}$$

$M'_{кр9}$

– крутний момент, що зв'язаний з моментом нагрівальних валів, що обертають 12,11,10 вали.

$$M'_{кр9} = \frac{M_{кр10} \cdot i_{9,10}}{\eta_{заг}}$$

$$i_{9,10} = 2,37$$

$$\eta_{12заг} = \eta_{підш}^2 \cdot \eta_{зуб} = 0,99^2 \cdot 0,96 = 0,94$$

$$M'_{кр9} = \frac{3,39 \cdot 2,37}{0,94} = 8,55 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

$M''_{кр9}$

– крутний момент котрий відбувається, при терті вакуумного колеса об торці формувального барабану. Крутний момент розраховуємо за тих умов, що тиск колектора розділений поверхні тертя рівномірно.

$$M''_{кр9} = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot \mu \cdot g \cdot (R_{max}^3 - R_{min}^3) \cdot n, \text{ де}$$

μ – коефіцієнт тертя, $\mu = 0,02$

$R_{max}^3 - R_{min}^3$ – максимальні та мінімальні радіуси, $R_{max} = 0,15 \text{ м}$, $R_{min} = 0,1 \text{ м}$

g – питомий тиск, $g = 0,4 \text{ мПа}$

$$M''_{кр9} = \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot 0,02 \cdot 0,4 \cdot (0,15^3 - 0,1^3) \cdot 2 \cdot 10^6 = 29,83 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

$$M_{кр9} = 8,55 + 29,83 = 38,38$$

Знаходимо крутний момент на привідному валу (4):

$$M_{кр4} = M'_{кр4} + M''_{кр4}, \text{ де}$$

$M'_{кр4}$ – крутний момент котрий зв'язаний з моментом вала, що крутить формувальний вал (9).

$$M'_{кр4} = M'_{кр9} = 38,38 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

$M''_{кр4}$

– крутний момент від тягового зусилля зв'язаного з опором від ваги і переміщення $S_{ц}$ ланцюга, та від ваги упакованого продукту, S_y , та від зусилля розмотування пакувального полотна з двох $S_{рул}$ рулонів, які представляють собою загальний опір руху:

$$S_{заг} = S_{ц} + S_y + S_{рул}$$

Опір в ланцюзі від сили тяжіння погонного метра ланцюга. Приймаємо тяговий ланцюг типу ПР 19,05-2500. На кожній ланці обраного ланцюга встановлено механічний пристрій, котрий захоплює пакувальне полотно. Сила тяжіння одного метра ланцюга $g_l = 40$ НВ, в машині встановлені два замкнуті ланцюги довжиною $h = 5000$ мм.

$$S_{ц} = K_{ц} \cdot h \cdot g_l \cdot f_{ц}, \text{ де}$$

$K_{ц}$ – кількість ланцюгів, $K_{ц} = 2$;

$f_{ц}$ – коефіцієнт тертя – ковзання ланцюга, $f_{ц} = 0,25$;

$$S_{ц} = 2 \cdot 5 \cdot 40 \cdot 0,25 = 100 \text{ Н}$$

Знаходимо опір від сили тяжіння продукту, котрий транспортується:

$$S_{ц} = K_y \cdot g_l, \text{ де}$$

K_y – кількість упакувань:

$$K_y = \frac{n_y \cdot h_{гор}}{t_y}, \text{ де}$$

$h_{гор}$ – довжина горизонтальної частини машини, $h_{гор} = 2$ м

t_y – крок упакування, $t_y = 0,06$ м

n_y – кількість рядів упакування на пакувальному полотні.

$$K_y = \frac{2 \cdot 2}{0,06} = 66 \text{ шт.}$$

$$S_y = 2 \cdot 60 = 120 \text{ Н}$$

Знаходимо опір від двох рулонів пакувального матеріалу, котрий розкручується, враховуючи їхній максимальний діаметр:

$$S_{рул} = n_p \cdot \varphi \cdot f_{рул}, \text{ де}$$

n_p – кількість рулонів, $n_p = 2$;

φ – сила тяжіння одного рулону, $\varphi = 80 \text{ Н}$;

$f_{рул}$ – коефіцієнт тертя, $f_{рул} = 0,75$.

$$S_{рул} = 2 \cdot 80 \cdot 0,75 = 344 \text{ Н}$$

Тоді загальний опір:

$$S_{заг} = 100 + 120 + 344 = 564 \text{ Н}$$

Знаходимо крутний момент від опорів сил тяжіння:

$$M''_{кр4} = \frac{S_{заг} \cdot d_{д.кол}}{2}, \text{ де}$$

$d_{д.кол}$ – діаметр ділильного кола тягової зірочки, $d_{д.кол} = 0,267 \text{ м}$

$$M''_{кр4} = \frac{564 \cdot 0,267}{2} = 75,3 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

$$M_{кр4} = 38,38 + 42,2 = 80,58 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Знаходимо потужність на привідному валу:

$$N_n = \frac{M_{кр4} \cdot n_4}{9,55}, \text{ де}$$

n_4 – частота обертання на привідному валу, $n_4 = 1,02 \frac{\text{об}}{\text{хв}}$

$$N_n = \frac{80,58 \cdot 1,02}{9,55} = 8,60 \text{ Вт.}$$

Знаходимо потужність на валу електродвигуна:

$$N_{елт} = \frac{N_n}{\eta_{заг}}, \text{ де}$$

$$\eta_{заг} = \mu_{підш}^4 \cdot \mu_{лан}^3 \cdot \mu_{ред} \cdot \mu_{рем} = 0,99^4 \cdot 0,93^3 \cdot 0,75 \cdot 0,95 = 0,55$$

$$N_{елт} = \frac{N_n}{\eta_{заг}} = \frac{8,60}{0,55} = 0,0156 \text{ кВт}$$

Знаходимо загальну потужність двигуна:

$$N_{\text{заг}} = (N_{\text{ел.спайкі}} + N_{\text{ел.різе}} + N_{\text{ел.перф}} + N_{\text{ел.двиг}}) \cdot f, \text{ де}$$

f – коефіцієнт виведення машини з стану спокою, $f = 1,5$.

$$N_{\text{заг}} = (0,0296 + 0,132 + 0,0142 + 0,0156) \cdot 1,5 = 0,2871 \text{ кВт.}$$

Обираємо електродвигун постійного струму типу ПЗ2М з частотою обертання $n = 750 \frac{\text{об}}{\text{хв}}$ і потужністю $N = 0,8 \text{ кВт}$ [5].

5.4 Кінематичний розрахунок

Кінематичні розрахунки параметрів

Ширина тари $B = 35$ мм. Довжина кола формувального барабана розраховується за формулою:

$$L = B \cdot 14 = 35 \cdot 14 = 490 \text{ мм}$$

Діаметра барабана:

$$D = \frac{L}{\pi} = \frac{490}{3,14} = 156,050 \text{ мм}$$

Приймаємо $D = 156$ мм.

Параметри зірочок барабана:

$$D_{дб} = D - 2 \cdot l$$

де l – відстань від кронштейна ланцюга до осі ланцюга, $l = 17$ мм.

$$D_{дб} = 156 - 2 \cdot 17 = 122 \text{ мм}$$

Число зубців і уточнений діаметр зірочки:

$$D_{дб} = t \cdot \cos \frac{180^\circ}{z}$$

де $t = 19,05$ мм – крок ланцюга.

При:

$$z = 44 \cdot \cos \frac{180^\circ}{44} = 6,32$$

$$122 \gg 19,05 \cdot 6,32$$

$$122 \gg 120,39$$

Приймаємо число зубців зірочки $z = 44$. Уточнимо діаметр циліндрич-

НОГО КОЛА:

$$D_{дб} = 120,39 \text{ мм}$$

Частота обертання привідного вала при $v = 1 \frac{\text{м}}{\text{хв}}$

$$n_1 = \frac{v}{\pi \cdot D} = \frac{1}{3,14 \cdot 0,156} = 2,04 \frac{\text{об}}{\text{хв}}$$

Загальне передаточне число при $n_1 = 2000 \frac{\text{об}}{\text{хв}}$

$$i_{\text{заг}} = \frac{n_{\text{двиг}}}{n_1} = \frac{2000}{2,04} = 980,4$$

Передаточне число привідного вала:

$$i_{\text{заг}} = i_{\text{рем}} \cdot i_{\text{ред}} \cdot i_{\text{цеп}}$$

Де: $i_{\text{рем}} = 3$ – передаточне число ланцюгової передаті,
 $i_{\text{ред}} = 40$ – передаточне число черв'ячного редуктора,

$$i_{\text{цеп}} = \frac{i_{\text{заг}}}{i_{\text{ред}} \cdot i_{\text{рем}}} = \frac{980,4}{3 \cdot 40} = 8,17$$

Число зубців зірочки редуктора 1-го вала:

$z = 16$ – число зубців;

$t = 12,7$ – крок ланцюга.

Число зубців проміжної зірочки:

$$z_{\text{пр}} = z \cdot i_{\text{пром}}$$

де

$$i_{\text{цеп}} = i_{\text{пром}} \cdot i_{\text{привод}} = 8,17, \text{ звідси}$$

$$i_{\text{пром}} = \sqrt{8,17} = 2,9$$

$$z_{\text{пр}} = 16 \cdot 2,9 = 46$$

$$t = 12,7$$

Число зубців вала перфорації:

Передаточне число:

$$i_{\text{к}} = \frac{L}{B} = \frac{490}{35} = 14$$

Число зубців зірочки:

$$z_{\text{перф}} = \frac{z \cdot i_{\text{цеп}}}{i_{\text{к}}} = \frac{16 \cdot 8,17}{14} = 9$$

$$t = 12,7$$

Передаточне число ножового вала:

$$i_{\text{н}} = \frac{D}{d} = \frac{156}{90} = 1,73$$

Число зубців зірочки ножового вала:

$$z_{\text{н}} = \frac{z_{\text{пр}}}{i_{\text{н}}} = \frac{46}{1,73} = 26$$

Параметри суміжної зірочки привідного вала:

$$z_{B1} = z_H \cdot i_H = 26 \cdot 1,73 = 45$$

Швидкість валів тягового пристрою

На рисунку 7 представлена структурна схема термоформувальної машини для дозування та пакування в'язких продуктів в пластикову міні упаковку.

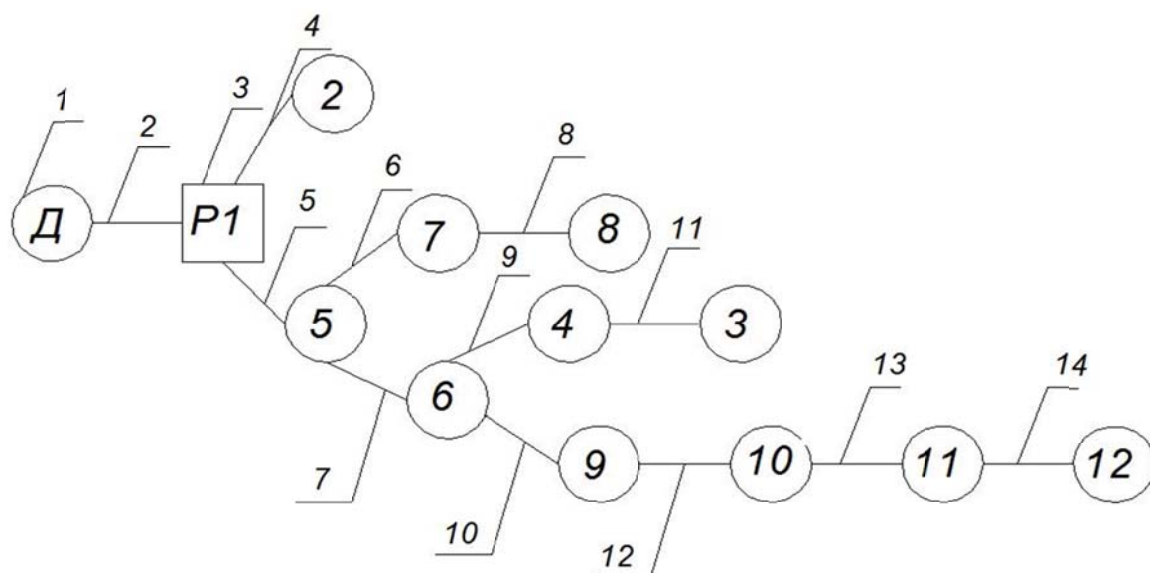


Рис. 7. Структурна схема термоформувальної машини

1 - електродвигун; 2- пасова передача; 3- редуктор; 4, 5, 6,7, 9, 10- Ланцюгова передача; 8, 11, 12, 13, 14- зубчаста передача.

1- вихідний вал редуктора; 2 - вал механізму перфорації; 3 - верхній ножовий вал; 4 - нижній ножовий вал; 5 - проміжний вал; 6 - привідний вал; 7 - опорний вал; 8 - паяльний вал; 9 - формувальний вал; 10 - вал залишкового

нагрівання; **11, 12** - вал попереднього нагрівання.

Частота обертання привідного тягнучого вала 6:

$$n_6 = 1,02 \frac{\text{об}}{\text{хв}}$$

Частота обертання проміжного вала 5:

$$n_5 = n_6 \cdot i_{5,4}, \text{ де}$$

$$i_{5,4} = \frac{46}{26} = 1,77$$

$$n_5 = 1,02 \cdot 1,77 = 1,80 \frac{\text{об}}{\text{хв}}$$

Частота обертання вихідного вала редуктора 1:

$$n_1 = n_5 \cdot i_{5,1}, \text{ де}$$

$$i_{5,1} = \frac{46}{26} = 1,77$$

$$n_1 = 1,80 \cdot 1,77 = 3,19 \frac{\text{об}}{\text{хв}}$$

Частота обертання вхідного вала редуктора:

$$n' = n_1 \cdot i_p, \text{ де}$$

$$i_p = 40$$

$$n' = 3,19 \cdot 40 = 127,6 \frac{\text{об}}{\text{ХВ}}$$

Частота обертання на валу електродвигуна:

$$n_{\text{дв}} = n' \cdot i_{p_n}, \text{ де}$$

$$i_{p_n} = \frac{216}{72} = 3$$

$$n_{\text{дв}} = 127,6 \cdot 3 = 382,8 \frac{\text{об}}{\text{ХВ}}$$

Частота обертання формувального вала:

$$n_9 = n_6 \cdot i_{6,9}, \text{ де}$$

$$i_{6,9} = 1$$

$$n_9 = 1,02 \cdot 1 = 1,02 \frac{\text{об}}{\text{ХВ}}$$

Частота обертання нагрівального вала:

$$n_{10,11,12} = n_9 \cdot i_{9,10}, \text{ де}$$

$$i_{9,10} = \frac{z_9}{z_{10}} = \frac{104}{44} = 2,36$$

$$n_{10,11,12} = 1,02 \cdot 2,36 = 2,41 \frac{\text{об}}{\text{ХВ}}$$

Частота обертання ножового нижнього вала:

$$n_4 = n_6 \cdot i_{6,3}, \text{ де}$$

$$i_{6,3} = \frac{46}{26} = 1,77$$

$$n_4 = 1,02 \cdot 1,77 = 1,80 \frac{\text{об}}{\text{хв}}$$

Частота обертання верхнього ножового вала:

$$n_3 = n_4 \cdot i_{4,3}, \text{ де}$$

$$i_{6,3} = \frac{z_4}{z_3} = \frac{30}{33} = 0,9$$

$$n_3 = 1,80 \cdot 0,9 = 1,62 \frac{\text{об}}{\text{хв}}$$

Швидкість валів

Пристрою паяння.

Частота обертання опорного вала дорівнює частоті обертання привідного вала, тому що діаметр опорного вала дорівнює діаметру привідного вала.

$$N_7 = n_6 = 1,02 \frac{\text{об}}{\text{хв}}$$

Частота обертання проміжного вала:

$$n_5 = n_7 \cdot i_{7,5}, \text{ де}$$

$$i_{7,5} = \frac{46}{26} = 1,77$$

$$n_5 = 1,02 \cdot 1,77 = 1,80 \frac{\text{об}}{\text{хв}}$$

Частота обертання вихідного вала редуктора:

$$n_1 = n_5 \cdot i_{5,1}, \text{ де}$$

$$i_{5,1} = \frac{46}{26} = 1,77$$

$$n_1 = 1,80 \cdot 1,77 = 3,19 \frac{\text{об}}{\text{хв}}$$

Частота обертання електродвигуна:

$$n_{\text{дв}} = n_1 \cdot i_{\text{ред}} \cdot i_{\text{лан}} = 3,19 \cdot 40 \cdot 3 = 382,8 \frac{\text{об}}{58\text{в.}}$$

Обираємо електродвигун постійного струму типу ПЗ2М з частотою обертання $n = 750 \frac{\text{об}}{\text{хв}}$ і потужністю $N = 0,8$ кВт [3].

Частота обертання паяльного вала:

$$n_8 = n_7 \cdot i_{7,8}, \text{ де}$$

$$i_{7,8} = \frac{z_9}{z_{10}} = \frac{104}{44} = 2,36$$

$$n_8 = 1,02 \cdot 2,36 = 2,41 \frac{\text{об}}{\text{хв}}$$

Перфориуючого пристрою.

Швидкість привідного тягнутого вала:

$$\vartheta_n = 1 \frac{\text{м}}{\text{хв}}$$

Крок стаканчиків на полотні:

$$t = 60 \text{ мм}$$

Кількість разів перфорації в одному метрі полотна:

$$K = \frac{1}{t} = \frac{1}{0,06} = 16,66$$

Частота обертання вала привідного тягнутого:

$$n_5 = 1,80 \frac{\text{об}}{58\text{в.}}$$

Частота обертання вала перфорації:

$$n_2 = n_5 \cdot K = 1,80 \cdot 16,66 = 29,98 \frac{\text{об}}{\text{хв}} [4].$$

5.5 Розрахунок привідного валу на міцність

Розраховуємо крутний момент на валу двигуна:

$$M_{\text{дв}} = 9,55 \cdot \frac{N}{n} = 9,55 \cdot \frac{800}{750} = 10,18 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

Розраховуємо передаточне число $i_{\text{заг}}$ від електродвигуна до привідного вала.

$$i_{\text{заг}} = \frac{n}{n_{\text{нв}}} = \frac{750}{1,02} = 625$$

Розраховуємо крутний момент на привідному валу:

$$M_{\text{пр}} = M_{\text{дв}} \cdot i \cdot \eta_{\text{заг}}, \text{ де}$$

$$\eta_{\text{заг}} = \eta_{\text{заг}} \cdot \eta_{\text{заг}} \cdot \eta_{\text{ціп}}^2 \cdot \eta_{\text{під}}^4 = 0,95 \cdot 0,75 \cdot 0,93^2 \cdot 0,99^4 = 0,59$$

$$M_{\text{пр}} = 10,18 \cdot 625 \cdot 0,59 = 3754 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

Знаходимо орієнтовний діаметр вала, котрий здійснюється перевіркою на кручення:

$$\tau_n = \frac{M_k}{W_p} \leq [\tau_k], \text{ де}$$

$$W_p = \frac{\pi \cdot d^3}{16} - \text{момент опору.}$$

$$[\tau_k] = 25 \frac{\text{Н}}{\text{мм}^2}, \text{ тоді}$$

$$d = \sqrt[3]{\frac{16 \cdot M}{[\tau_k] \cdot \pi}} = \sqrt[3]{\frac{16 \cdot 3754 \cdot 10^{-3}}{25 \cdot 3,14}} = 91 \text{ мм} = 0,091 \text{ м}$$

Попередньо приймаємо діаметр $d = 0,09 \text{ м}$

Уточнюємо розрахунок діаметру привідного вала: розраховуємо колове зусилля:

$$P = \frac{2 \cdot M}{d_{\text{вн}}}, \text{ де}$$

$d_{\text{вн}}$ – діаметр вантажної зірочки, $d_{\text{вн}} = 267,04 \text{ мм}$;

$d_{\text{пр}}$ – діаметр передавальної зірочки, $d_{\text{пр}} = 226,51 \text{ мм}$, тоді

$$P_1 = \frac{2 \cdot 3754 \cdot 10^3}{267,04} = 28115 \text{ Н},$$

$$P_2 = \frac{2 \cdot 3754 \cdot 10^3}{226,51} = 33146 \text{ Н}.$$

Розраховуємо опір реакції:

$$\sum M_B = 0$$

$$-R_A \cdot 0,57 + P_2 \cdot 0,535 - P_1 \cdot 0,475 - P_1 \cdot 0,095 = 0$$

$$R_A = \frac{-28115 \cdot 0,475 + 28115 \cdot 0,095 + 33146 \cdot 0,035}{0,57} = 30150,3 \text{ Н}.$$

$$\sum M_A = 0$$

$$-R_B \cdot 0,57 + P_2 \cdot 0,475 - P_1 \cdot 0,095 - P_1 \cdot 0,035 = 0$$

$$R_B = \frac{-28115 \cdot 0,475 + 28115 \cdot 0,095 + 33146 \cdot 0,035}{0,57} = 30150,3 \text{ Н}$$

$$\sum P = 0$$

$$-R_A + P_2 - P_1 - P_1 + R_B = 0$$

$$-30150,3 + 33146 - 28115 - 28115 + 30150,3 = 0$$

Розраховуємо крутні моменти:

$$M_{згин1} = -R_A \cdot 0,035 = -30150,3 \cdot 0,035 = -1055,26 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

$$\begin{aligned} M_{згин2} &= -R_A \cdot 0,095 + P_2 \cdot 0,06 = -30150,3 \cdot 0,095 + 33146 \cdot 0,06 \\ &= -4835 \text{ Н} \cdot \text{м} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} M_{згин3} &= -R_A \cdot 0,475 + P_2 \cdot 0,446 - P_1 \cdot 0,38 = -30150,3 \cdot 0,475 + 33146 \cdot \\ &\cdot 0,446 - 28115 \cdot 0,38 = -5516,48 \text{ Н} \cdot \text{м}; \end{aligned}$$

Уточнимо діаметр вала в небезпечному перерізі:

$$d = \sqrt[3]{\frac{M_{екв}}{0,1 \cdot [\tau - 1] \cdot u}}, \text{ де}$$

$M_{екв}$ – руховий (еквівалентний) момент,

$[\tau - 1] \cdot u$ – допустимі напруження, для сталі 45 $[\tau - 1] \cdot u = 60 \frac{\text{Н}}{\text{мм}^2}$.

$$M_{\text{екв}} = \sqrt{M_x^2 + M_y^2 + 0,75 \cdot M_{\text{кр}}^2}$$

$$M_{\text{екв}} = \sqrt{0 + 5516,48^2 + 0,75 \cdot 4835^2} = 6925 \text{Н} \cdot \text{м}.$$

$$d = \sqrt[3]{\frac{6925 \cdot 10^3}{0,1 \cdot 60}} = 0,093 \text{м}$$

Приймаємо $d=0,09\text{м}$ [6].

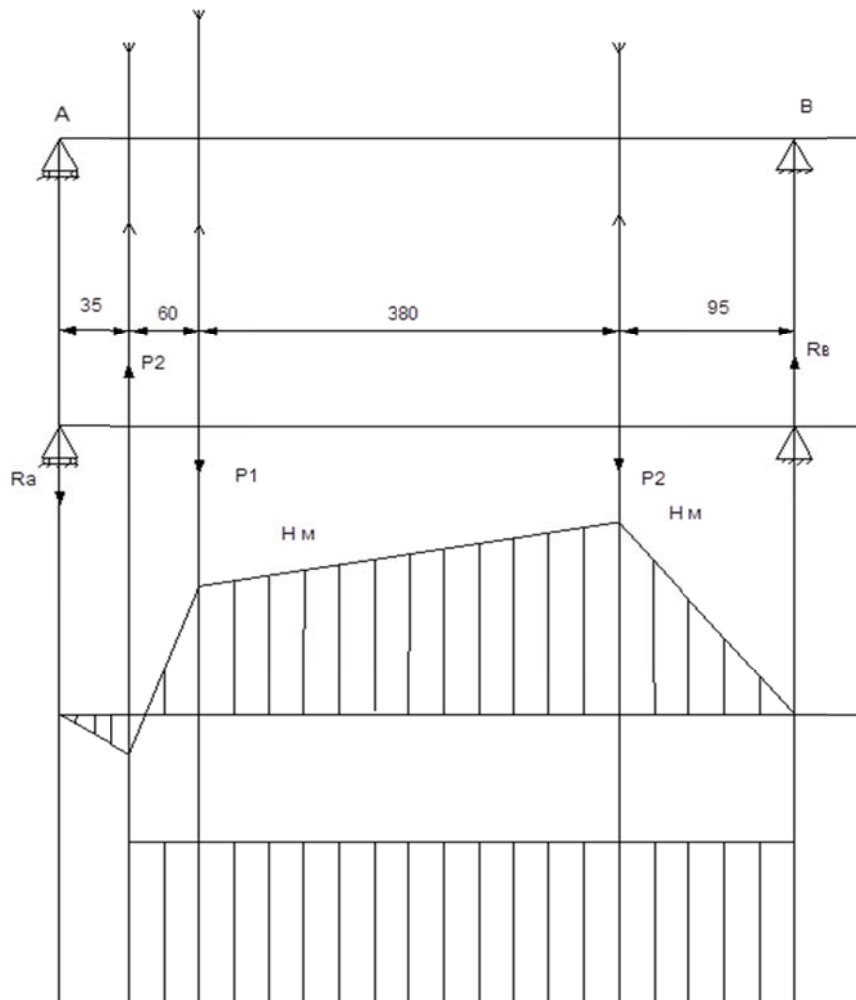


Рис. 7. Схема до розрахунку привідного вала на статичну міцність

6. Техніка безпеки і правила експлуатації машини

1) При розробці машина забезпечує виконання вимог до безпеки обслуговуючого персоналу відповідно до:

- ДСТУ 27-00-216-75 «Система стандартів безпеки праці, машини та обладнання продовольчі. Загальні вимоги безпеки»;
- «Інструкція з техніки безпеки до виробничої санітарії для консервної, харчоконцентратної та овочесушильної промисловості»;

2) Звукова потужність, що випромінюється працюючою машиною в режимі номінальної продуктивності у виробничому приміщенні не повинна створювати на робочому місці рівня звуку та рівня звукового тиску в октавних смугах частот спектра, що перевищують допустимі Гігієнічними нормами звукового тиску та рівня на робочих місцях № 1004-73.

Чисельна величина підлягає визначенню при приймальних випробуваннях відповідно до ДСТУ 8.055-73;

3) Рівні віброшвидкості в октавних смугах частот на робочому місці у жорстко закріпленої машини, що працює в режимі номінальної продуктивності, не повинні перевищувати допустимі «Санітарні норми СН-245-71».

Чисельна величина підлягає визначенню при приймальних випробуваннях відповідно до ДСТУ 13731-68.

Необхідними умовами безпечної експлуатації машини є:

- виготовлення і монтаж машини в точній відповідності з проектною та монтажною документацією;
- підгонка та приєднання всіх трубопроводів у відповідності з технологічною схемою, набивка и затяжка фланцевих з'єднань та їх герметизація;
- приєднання допоміжних пристроїв та механізмів, установка арматури контрольно-вимірювальних приборів, установка огорожень;
- випробування машини на міцність, герметичність і здача інспектору;

- проведення пробної експлуатації;
- проведення теплоізоляційних робіт;
- наявність інструкцій, затверджених у встановленому порядку, у відповідності з якими повинна проводитись експлуатація машини;
- своєчасне проведення ремонтних робіт;
- систематична перевірка запобіжних клапанів.

Порядок безпечної експлуатації машини.

Перш за все, Машина повинна працювати в оптимальному тепловому режимі, який відповідає технологічному режиму теплової обробки продукту. Машина повинна забезпечуватись системою автоматичного регулювання температури та тиску теплоносія, що входить і температури продукту, що виходить. Для візуального контролю за параметрами теплоносія і продукту підігрівник забезпечується:

- ртутним термометром кл.0,5 ДСТУ 28679-80 0-150 (контроль температури води);
- ртутним термометром кл.0,5 ДСТУ 28679-80 0-100 (контроль температури продукту, що виходить);
- манометром 0-1,5 атм ДСТУ 28679-80 кл.0,2 (контроль тиску)

Оскільки машина відноситься до судів, які підлягають інспектуванню, вона повинна періодично оглядатись:

1. Зовнішній огляд, без попередження підприємства, не рідше 1 разу на рік. Одночасно повинні контролюватись правильність експлуатації та рівень технічної підготовки персоналу;
2. Внутрішній огляд не рідше 1 разу на 3 роки, при огляді перевіряється стан внутрішніх поверхонь та зварних швів;
3. Гідравлічне випробування з попереднім внутрішнім оглядом рідше 1 разу в 6 років на міцність та герметичність. У випадку, якщо Машина не знаходилась в експлуатації більше року або ремонтувалася, зв'язаного з нанесенням заплат и т.п., то перед пуском вона повинна бути гідравлічно випро-

бувана. При усуненні наслідків аварії повинні бути встановлені причини, винуватці аварії, а також розроблені заходи, направлені проти повторення подібних випадків.

4. Систематична очистка поверхонь теплообміну від забруднень, способи очистки підбираються в залежності від виду та ступеню забруднень (механічний, хімічний, гідравлічний, термічний).

Техніка безпеки при експлуатації машини.

Серед мір, які повинні прийматися керівництвом підприємства по створенню безпечних умов праці, слід назвати наступні:

1. Реєстрація машини в місцевій інспекції;
2. Оформлення спеціальної книги для реєстрації результатів випробувань та затвердження;
3. Організаційно-технічні заходи по створенню безпечних умов праці: затвердження інструкції по техніці безпеки для кожного робочого місця, інструктажі на робочому місці з проведенням реєстрації в спеціальному журналі, аналіз причин виникнення нещасних випадків та розробка заходів для попередження подібного у майбутньому;
4. Організація здачі техмінімуму по обслуговуванню машини;
5. Заборона підвищення тисків і температур в машині і трубопроводах вище допустимих меж;
6. Внутрішній огляд машини допускається проводити лише при температурі не вище 30°C, напруга живлення освітлювальної апаратури та електроінструменту повинно бути 12В.
7. Вивішування забороняючих табличок в місцях, де можлива подача пари, продукту и т.п.
8. Використання лише регламентованого та справного інструменту.

Використані літературні джерела

- 1 Пінчук, Г. О., & Барановський, В. П. (2021). *Обладнання для пакування харчових продуктів: конструкція, розрахунок і вибір*. Київ: НУХТ.
- 2 Загородній, І. М. (2022). *Технологічне обладнання харчових виробництв: пакувальні лінії*. Львів: Видавництво ЛНТУ.
- 3 ISO 11607-2:2019. *Packaging for terminally sterilized medical devices — Part 2: Validation requirements for forming, sealing and assembly processes*. Geneva: International Organization for Standardization.
- 4 Aipack (2023). *Thermoforming Machines for Food Packaging*. Retrieved from: <https://www.aipack.com/thermoforming-machines>
- 5 Theegarten-Pactec GmbH. (2024). *Form-Fill-Seal Machines for Liquid Products*. Retrieved from: <https://www.theegarten-pactec.com/en/products>
- 6 Sidel Group. (2022). *Safe and Sustainable Food Packaging*. Retrieved from: <https://www.sidel.com/en/solutions/packaging/thermoforming>
- 7 McDermott, A. (2021). *Advances in Thermoforming Equipment for the Food Industry*. *Packaging World*, 28(3), 42–46.
- 8 Слободянюк, Т. Ю. (2020). Особливості конструкцій термоформувальних машин для пакування рідких продуктів. *Харчова промисловість*, (3), 15–21.
- 9 Shewchuk, T. & Evans, R. (2023). *Next-generation Thermoformers: Clean Design, Greater Output*. *Food Engineering Magazine*. Retrieved from: <https://www.foodengineeringmag.com>
- 10 Агропромисловий вісник (2023). Енергозберігаючі рішення у пакувальних термоформувальних лініях. *Науково-виробничий журнал*, (5), 29–35.

Специфікації