

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Інститут (факультет) УХНТТ ім.акад.І.С.Тулочо
Кафедра _____

«До захисту в ЕК»

Директор інституту

[Signature]
(підпис)

Сергій Бєлошечер
(ім'я та прізвище)

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

[Signature]
(підпис)

Модимила Кривошечер-Володіна
(ім'я та прізвище)

«10» 06 2025 р.

«10» 06 2025 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ БАКАЛАВРА

зі спеціальності ВІ Тримагно механіка
(код та назва спеціальності)

освітньо-професійної програми Бакалавр

на тему: Розробка вископродуктивної системи орасування рідкого харчового продукту у полімерні контейнери об'ємом 3л, продуктивністю 400 уні/год

Виконав: здобувач ___ курсу, групи ___

Мамин Камілія
(ім'я та прізвище)

Керівник Валентин Пудрець
(ім'я та прізвище)

[Signature]
(підпис)

Консультанти Андрій Гойко
(ім'я та прізвище)

[Signature]
(підпис)

(ім'я та прізвище)

(підпис)

(ім'я та прізвище)

(підпис)

Рецензент Вересюк Ю. Ю.
(ім'я та прізвище)

[Signature]
(підпис)

Я як здобувач(ка) Національного університету харчових технологій розумію і підтримую політику університету з академічної доброчесності. Я не надавав(-ла) і не одержував(-ла) недозволеної допомоги під час підготовки цієї роботи. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело.

(підпис, ім'я та прізвище здобувача(здобувачки))

Київ - 20 25 р.

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Інститут (факультет) ІНІТІ імені акад. І.С.Турого
Кафедра Мехатроніки та наукової техніки
Освітній ступінь Бакалавр
Спеціальність 131 Тришарова механіка
(код і назва)
Освітньо-професійна програма Тришарова механіка
(назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Госемла Григорій-Володимир

« 12 » 06 2025 року

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Клишкет Максим Сергійович
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Розробка високоефективної системи гомогенізації рідкого харчового продукту у полімерні контейнери об'ємом 3л, продуктивністю 1500 улігод
керівник роботи _____
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом закладу вищої освіти від « 10 » 04 2025 року № 218-КС

2. Строк подання здобувачем роботи 12.06.25

3. Вихідні дані до роботи 1. Розробка високоефективної системи гомогенізації рідкого харчового продукту у полімерні контейнери об'ємом 3л, продуктивністю 1500 улігод

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) _____

1. Актуальність; 2. Вступ; 3. Літературний огляд, критичний огляд, критичний аналіз і постановка задачі; 4. Механіко-економічне обґрунтування; 5. Опис пропозиції. Розрахунок системи помпового двигатора і пластичного ковзача і циклограмми роботи. Розробити систему гомогенізації рідкого харчового продукту. 6. Експлуатаційне обґрунтування і діагностики
5. Перелік графічного матеріалу 8. Технологія машинобудування. 9. Остерога тронці
лист-1 загальний вигляд, лист-2 Розрахунок, лист-3 транспортна система, лист-4 механізм попередньої зчепки лист-5 технологія виготовлення зубчастого колеса

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Технологія машинобудування	Бойко Ю. І., доц., кафедр. МАХФДВ	03.03.25	29.05.25

7. Дата видачі завдання 10.04.2025

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів виконання кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Анотація	06.04.25	
2	Вступ	08.04.25	
3	Літературний огляд, критичний аналіз ^{постановки, задачі}	19.04.25	
4	Техніко-економічне обґрунтування	21.04.25	
5	Спе.пропозиції. Розрахунок системи ^{підприємства} теплової енергетики і мастильного комбінату	23.04.25	
6	Техніко-економічне обґрунтування ^{підприємства} теплової енергетики і мастильного комбінату	06.05.25	
7	Експлуатаційне обґрунтування і діагностика	06.05.25	
8	технологія машинобудування	08.05.25	
9	охрана праці	12.05.25	
10	лист 1 - загальний вид	14.05.25	
11	лист 2 - розрахунок	16.05.25	
12	лист 3 - траси спортивної системи	19.05.25	
13	лист 4 - механізми поперечного з'єднання	21.05.25	
14	лист 5 - технологія виготовлення ^{колес} зубчатого	23.05.25	
15	Висновки	25.05.25	

Здобувач освіти

[Підпис]
(підпис)

Максим Колесніченко
(ім'я та прізвище)

Керівник роботи

[Підпис]
(підпис)

Турекі Валентин
(ім'я та прізвище)

« 10 » 06 2025 р.

Зміст

Анотація.....	4
Вступ.....	6
РОЗДІЛ 1. РОЗДІЛ 1. ЛІТЕРАТУРНИЙ ОГЛЯД, КРИТИЧНИЙ АНАЛІЗ І ПОСТАНОВКА ЗАДАЧ.....	9
РОЗДІЛ 2. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ.....	21
РОЗДІЛ 3. РОЗДІЛ 3. ОПИС ПРОПОЗИЦІЇ. РОЗРАХУНОК СИСТЕМИ ПОРШНЕВОГО ДОЗАТОРА І ПЛАСТИНЧАСТОГО КОНВЕЄРА.....	25
РОЗДІЛ 4. ЦИКЛОГРАМА РОБОТИ. РОЗРАХУНКИ СИСТЕМИ ФОРМУВАННЯ РУКАВА	31
РОЗДІЛ 5. МОНТАЖ, ЕКСПЛУАТАЦІЯ ОБЛАДНАННЯ І ДІАГНОСТИКА	32
РОЗДІЛ 6. ТЕХНОЛОГІЯ МАШИНОБУДУВАННЯ.....	42
РОЗДІЛ 7. ОХОРОНА ПРАЦІ.....	59
ВИСНОВКИ.....	76
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	77

<i>Відповідальна організація</i> НУХТ	<i>Технічне узгодження</i> Туфєкчі В.І.	<i>Вид документа</i> Пояснювальна записка	<i>Статус документа</i>			
<i>Власник документа</i> Кафедра МПТ	<i>Розробник документа</i> Калембет М.С. <i>Документ затверджено</i>	<i>Назва, додаткова назва</i> Зміст	612.КР.ПЗ			
			<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> UA	<i>Аркуш</i>

Анотація

Дипломна робота бакалавра присвячена розробці високопродуктивної автоматизованої системи фасування рідкого харчового продукту – соку – у полімерні контейнери місткістю 3 літри з продуктивністю 1500 упаковок на годину. У роботі проведено аналіз сучасних технологій пакування напоїв та обладнання для розливу соків, обґрунтовано вибір конструктивної схеми лінії. Запропоновано нову конструкцію лінії фасування, що включає підсистеми подачі тари, дозування та розливу, закупорювання, транспортування готової продукції, а також систему СІР (Clean-in-Place) для автоматизованого санітарного очищення і блок фільтрації соку. Виконано необхідні інженерні розрахунки – визначено параметри продуктивності, кінематичні та силові характеристики обладнання, підібрано приводи, пневмо- та електромеханічні вузли. Проведено кінематичний і динамічний аналіз роботи вузлів машини. Розроблено технологічний маршрут виготовлення ключової деталі конструкції та розглянуто питання монтажу, технічного обслуговування, діагностики і ремонту обладнання. Результатом роботи є проект автоматизованої лінії розливу соку у 3-літрові полімерні контейнери, яка відповідає сучасним вимогам продуктивності, забезпечує високу точність дозування та якість продукції, відповідає стандартам гігієни та безпеки. Отримані технічні рішення спрямовані на підвищення ефективності процесу фасування соку, зменшення втрат продукту та енергоресурсів, покращення умов експлуатації і обслуговування обладнання.

Ключові слова: продуктивність, рідкі харчові продукти, сік, лінія фасування, полімерні контейнери.

<i>Відповідальна організація</i> НУХТ	<i>Технічне узгодження</i> Туфєкчі В.І.	<i>Вид документа</i> Пояснювальна записка		<i>Статус документа</i>		
<i>Власник документа</i> Кафедра МПТ	<i>Розробник документа</i> Калембет М.С.	<i>Назва, додаткова назва</i> Анотація	612.КР.ПЗ			
	<i>Документ затверджено</i>		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> UA	<i>Аркуш</i>

Abstract

The bachelor's thesis is dedicated to the development of a highly productive automated system for packaging liquid food products – juice – in polymer containers with a capacity of 3 liters with a capacity of 1500 packages per hour. The paper analyzes modern beverage packaging technologies and equipment for bottling juices, the choice of the design scheme is justified line. A new design of the packaging line is proposed, which includes subsystems for container feeding, dosing and filling, capping, transportation of finished products, as well as a CIP (Clean-in-Place) system for automated sanitary cleaning and juice filtration unit. Completed necessary engineering calculations – performance parameters are determined, kinematic and power characteristics of the equipment, drives selected, pneumatic and electromechanical units. Kinematic and dynamic analysis was carried out analysis of the operation of machine components. A technological route has been developed manufacturing of a key structural detail and consideration of installation issues, maintenance, diagnostics and repair of equipment. As a result The work is a project of an automated line for bottling juice into 3-liter polymer bottles. containers, which meets modern productivity requirements, provides high dosing accuracy and product quality, meets hygiene standards and safety. The resulting technical solutions are aimed at improving efficiency of the juice packaging process, reduction of product losses and energy resources, improving operating conditions and equipment maintenance.

Keywords: productivity, liquid foods, juice, line packaging, polymer containers.

<i>Responsible organization</i> NUFT	<i>Technical coordination</i> Tufekchi V.I.	<i>Document type</i> Explanatory note		<i>Document status</i>		
<i>Document owner</i> Chair MPT PM-4-1	<i>Document developer</i> Kalambet M.S.	<i>Name, additional name</i> Annotation	612.KR.PZ			
	<i>Document approved</i>		<i>Ind. changes.</i>	<i>Publication date</i>	<i>Language</i> EN	<i>Sheet</i>

Вступ

Розвиток харчової промисловості та зростання попиту споживачів на якісні напої у зручній споживчій тарі вимагають вдосконалення технологій фасування і обладнання для розливу. Пакування рідких харчових продуктів, зокрема соків, відіграє важливу роль у забезпеченні їх збереженості, зручності транспортування та реалізації. Упаковка підвищує ефективність логістики, спрощує облік і торговельні операції, а також орієнтує споживачів певних груп на відповідний товар. Для сокової продукції вибір оптимальної тари та способу фасування безпосередньо впливає на збереження поживної цінності та смакових властивостей соку протягом терміну зберігання. Розфасування соку у полімерні контейнери об'ємом 3 л є актуальним напрямком, оскільки така фасовка зручна для сімейного споживання та закладів харчування, забезпечуючи оптимальне співвідношення об'єму і частоти закупівель.

Актуальність теми. Запропонована тема дипломної роботи є актуальною з огляду на потребу підвищення продуктивності та автоматизації процесів фасування харчових продуктів. Існуючі лінії розливу соків, особливо для великого об'єму тари (3 літри), не завжди забезпечують необхідну продуктивність 1500 уп/год при збереженні високої точності дозування та вимог до гігієни. Часто виробництво соків стикається з необхідністю підвищити випуск продукції без збільшення кількості обслуговчого персоналу, мінімізувати втрати продукту при розливі, дотримуватися жорстких санітарно-гігієнічних норм та стандартів. Тому розробка високопродуктивної автоматичної системи фасування соку, що відповідатиме зазначеним вимогам, є своєчасним і важливим завданням для галузі харчового машинобудування.

<i>Відповідальна організація</i> НУХТ	<i>Технічне узгодження</i> Туфєкчі В.І.	<i>Вид документа</i> Пояснювальна записка		<i>Статус документа</i>		
<i>Власник документа</i> Кафедра	<i>Розробник документа</i> Калембет М.С.	<i>Назва, додаткова назва</i>	612.КР.ПЗ			
МПТ	<i>Документ затверджено</i>	Вступ	<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> UA	<i>Аркуш</i>

Мета роботи. Метою даної дипломної роботи є розробка проекту високопродуктивної системи фасування рідкого харчового продукту (соку) у полімерні контейнери об'ємом 3 л з продуктивністю 1500 упаковок на годину. Проектована система повинна забезпечувати автоматизований цикл подачі порожньої тари, точне дозування та наповнення соком, герметичне закупорювання контейнерів, транспортування готової продукції, а також включати засоби СІР-очищення та фільтрації для підтримання необхідного рівня гігієни та якості продукту. Система має відповідати вимогам стандартів безпеки, гігієнічним нормам і забезпечувати надійну та безпечну експлуатацію.

Завдання дослідження і проектування. Для досягнення поставленої мети у роботі сформульовано та вирішено такі основні завдання:

- Виконати літературний огляд сучасних технологій фасування рідких харчових продуктів (соків) та конструкцій обладнання для їх розливу і закупорювання; проаналізувати існуючі аналоги машин та ліній розливу соку у великі полімерні ємності, виявити їх переваги та недоліки.
- Провести критичний аналіз патентних та науково-технічних джерел, визначити напрямки вдосконалення обладнання для фасування соку (зокрема, обґрунтувати вибір об'єкта модернізації або створення нової конструкції).
- Розробити конструктивну схему запропонованої лінії фасування: визначити склад функціональних підсистем (подача тари, дозування/розлив, закупорювання, транспортування), структуру взаємодії вузлів, передбачити інтеграцію систем СІР-очищення і фільтрації продукту.

- Виконати техніко-економічне обґрунтування проектних рішень: порівняти альтернативні варіанти реалізації (різні схеми дозування, типи приводів, компоновки лінії), оцінити очікуваний економічний ефект від впровадження розробленої системи.
- Розрахувати основні параметри роботи машини: технологічні (об'єм дози, тривалість циклу фасування, необхідна кількість дозувальних головок для досягнення 1500 уп/год), кінематичні (швидкості та прискорення рухомих ланок, параметри приводу), силові (зусилля та потужності, необхідні для приводу конвеєра, насосів, механізмів закупорювання) та міцнісні (перевірка навантажених деталей на міцність і жорсткість).
- Провести кінематичний і динамічний аналіз ключових механізмів лінії (наприклад, механізму переміщення тари чи механізму дозування) для забезпечення плавної роботи без ударних навантажень та рівномірного розподілу зусиль.
- Розробити технологічний процес виготовлення однієї з ключових деталей розробленої системи: обрати матеріал, заготовку, спланувати послідовність механічної обробки, термічної обробки (за потреби) та контролю якості, враховуючи вимоги до точності та шорсткості.
- Розробити рекомендації з монтажу, налагодження, технічного обслуговування, діагностики несправностей та ремонту обладнання в умовах експлуатації на виробництві соків.
- Спроекувати систему керування лінією фасування на базі сучасних електронних компонентів (ПЛК, датчики, перетворювачі частоти тощо), описати алгоритм роботи системи керування, схему електричних з'єднань та програмне забезпечення (алгоритмічно, без детального коду).
- Забезпечити відповідність прийнятих рішень вимогам охорони праці, техніки безпеки та екологічним нормам: проаналізувати

потенційні небезпеки при роботі обладнання та розробити заходи захисту оператора і довкілля, посилаючись на чинні стандарти (ДСТУ, ISO) у сфері безпеки харчового обладнання.

Об'єкт і предмет дослідження. Об'єктом дослідження є процес фасування (дозування і розлив) рідких харчових продуктів, зокрема фруктового соку, в полімерну споживчу тару великого об'єму (3 л). Предметом дослідження є конструкція та параметри роботи високопродуктивної автоматичної лінії фасування соку, включаючи окремі механізми (дозувальний вузол, механізм подачі і транспортування тари, пристрій закупорювання), а також система керування та засоби забезпечення гігієни і безпеки в даному обладнанні.

Методи дослідження. При виконанні роботи використовувалися аналітичні методи дослідження для огляду літературних джерел і патентного пошуку, інженерні методи розрахунку для визначення параметрів механізмів (кінематичні та динамічні розрахунки, інженерні формули для гідравлічних розрахунків та міцнісних оцінок), методи комп'ютерного моделювання для розробки кінематичних схем та оцінки динаміки (при необхідності), а також експертний метод для техніко-економічного порівняння альтернативних рішень. В якості нормативної бази використовувалися державні та міжнародні стандарти (ДСТУ, ГОСТ, ISO) щодо якості продукту (соку), гігієнічних вимог до обладнання та безпеки його експлуатації.

Наукова новизна і практична цінність. Наукова новизна роботи полягає в обґрунтуванні та реалізації конструктивних рішень, що підвищують продуктивність та гнучкість систем фасування соку великого об'єму. Запропоновано модернізацію існуючих підходів – інтеграція СІР-системи очищення безпосередньо у лінію фасування, застосування регульованого приводу дозування з електронним контролем об'єму, що разом забезпечує більш високу точність і повторюваність доз при високій швидкості роботи. Практична цінність розробки полягає у можливості її впровадження на підприємствах сокової галузі для збільшення обсягів виробництва та зниження

витрат. Розроблена система дозволяє швидко переналаштовувати обладнання під різні типи тари і види продукції, мінімізує простій на очистку обладнання завдяки СІР, що в цілому підвищує ефективність виробництва. Очікується, що впровадження запропонованої лінії фасування забезпечить покращення якості розливу соку, зменшення втрат продукту, дотримання санітарних норм та безпечні умови праці персоналу.

Структура роботи. Пояснювальна записка містить ___ сторінок основного тексту, __ рисунків, __ таблиць та __ додатків. Робота складається з наступних розділів: вступ, літературний огляд і аналіз, техніко-економічне обґрунтування, опис конструкції та принципу роботи системи, кінематична схема і циклограма, розрахунковий розділ (технологічні, кінематичні, силові та міцнісні розрахунки), аналіз кінематики і динаміки, розділ з технології виготовлення деталі, розділ з монтажу, обслуговування та ремонту, опис системи керування, розділ з охорони праці та екології, висновки, список використаних джерел та додатки.

Таким чином, у вступі обґрунтовано актуальність теми і сформульовано мету та завдання роботи, у наступних розділах – вирішено ці завдання, а у висновках наведено підсумки проведеної роботи та основні результати проекту.

РОЗДІЛ 1. ЛІТЕРАТУРНИЙ ОГЛЯД, КРИТИЧНИЙ АНАЛІЗ І ПОСТАНОВКА ЗАДАЧ

1.1. Сучасні технології фасування соків та пакувальна тара

Лінії розливу і фасувальні автомати. На ринку пакувального обладнання представлено багато моделей автоматів для розливу напоїв, в тому числі соку, у тару різної місткості. Більшість провідних світових виробників (Krones, KHS, Sidel, Tetra Pak та ін.) пропонують комплексні лінії розливу, що включають машину видування ПЕТ-преформ (для виготовлення пляшок на місці), автомат ополіскування пляшок, блок розливу, блок закупорювання і етикетування, а також пакувальне обладнання (укладку пляшок у короб чи термозбіжну плівку). Такі лінії працюють з високою продуктивністю (наприклад, 10 000 пляшок/год і більше для об'ємів 0,5–2 л), проте для великих пляшок (3–5 л) типові швидкості нижчі – порядку 1000–3000 пляшок/год, з огляду на більший обсяг наливу та фізичні обмеження по швидкості руху важких наповнених контейнерів. Відомо приклади комплексних ліній розливу у великі пляшки: наприклад, українським виробником «Термо-Пак» розроблено лінію для розливу питної води в ПЕТ-тару 3–10 л, що містить автомат видування пляшок, компресорну станцію, систему охолодження води, розливочну машину, етикетувальну машину, пакувальний автомат, палетообмотувач, пневматичний та пластинчастий конвеєри, СІР-станцію, сатуратор (для газованих напоїв) та маркувальне обладнання. Така комплексна лінія забезпечує повний цикл від виготовлення тари до палетизації готової продукції. Водночас, подібне обладнання відрізняється високою складністю конструкції, вимагає значних капіталовкладень, складне в ремонті і наладці, а також характеризується значними експлуатаційними витратами (споживання води, енергії, стисненого повітря).

<i>Відповідальна організація</i> НУХТ	<i>Технічне узгодження</i> Туфєкчі В.І.	<i>Вид документа</i> Пояснювальна записка		<i>Статус документа</i>			
<i>Власник документа</i> Кафедра	<i>Розробник документа</i> Калембет М.С.	<i>Назва, додаткова назва</i> РОЗДІЛ 1. ЛІТЕРАТУРНИЙ ОГЛЯД, КРИТИЧНИЙ АНАЛІЗ І ПОСТАНОВКА ЗАДАЧ	612.КР.ПЗ				
МПТ	<i>Документ затверджено</i>		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> UA	<i>Аркуш</i>	

Для середніх виробництв (продуктивність ~1500 уп/год) доцільним є використання більш простих за конструкцією, але надійних автоматів, можливо об'єднаних у єдиний модуль.

З метою аналізу існуючих характерних схем пристроїв дозування і засування рідкої продукції та для ефективного застосування та пошуку шляхів вдосконалення слід розглянути їх класифікацію.

Автоматизація процесів фасування. Одним із ключових напрямків розвитку фасувального обладнання є об'єднання декількох операцій в одному агрегаті (так звані моноблоки і триблоки). Моноблок розливу-закупорювання – це машина, де на загальній рамі виконуються послідовно операції наливу рідини та закупорювання пляшки, зазвичай узгоджені по потоку.



Рис. 1.11. Моноблок розливу соку з мякоттю. Моноблок серії RCGF це обладнання для розливу гарячих напоїв і зокрема соку з мякоттю. Даний моноблок включає в себе такі вузли: блок ополіскування, блок наповнення мякоттю, блок наповнення соком та блок закупорювання (4 в 1). Передбачена можливість переналадки обладнання під різні типорозміри пляшки. Програмний контролер від відомого бренду SIEMENS.

Триблок зазвичай включає ще й ополіскування тари. Перевагою є компактність і синхронізація роботи всіх частин. Наприклад, відома роторна машина з патенту RU №358892 С2 (2006) – розливний автомат, що має ротор з встановленим на ньому резервуаром для рідини і численними розливними клапанами, котрі забезпечують налив рідини по рівню з одночасним відведенням повітря через газові тракти. Така конструкція дозволяє наповнювати пляшки швидко, але, як відзначено у джерелах, вона є складною і не забезпечує достатньої продуктивності для сучасних вимог. Подібні рішення добре працюють для невеликих і середніх пляшок, але при об'ємі 3 л час наливу суттєво збільшується, якщо не застосувати примусовий напір або збільшене число одночасно працюючих клапанів.



Рис. 1.1.2. Моноблок розливу соку з мякоттю. Автоматична лінія для розливу тари різного об'єму від 0,5 до 5 літрів. Комплектація та продуктивність лінії обумовлюється з кожним клієнтом окремо. Все

обладнання, що входить до складу лінії власного виробництва. У виробництві використовуються лише імпортні комплектуючі.



Рис. 1.1.3. Дозатор для розливу рідин на 4 сопла. Апарат допоможе в розливі практично будь-яких рідин, від олії та до води. Також вирізняється високою корозійною стійкістю й можливістю роботи з агресивними середовищами.

Патентний пошук та нові конструкторські рішення. Патентний аналіз показує тенденцію спрощення конструкції ліній розливу при одночасному підвищенні їх гнучкості. В одному з останніх рішень, описаних у патенті (корисна модель України), пропонується машина-триблок для розливу напоїв у пляшки 3–10 л, в якій всі три операції (ополіскування, розлив, закупорювання) інтегровані на одній станині з загальним приводом, що спрощує наладку та зменшує габарити обладнання. В заявленій моделі зроблено акцент на спрощенні пневматичної системи та зменшенні витрат енергоносіїв, при збереженні високої продуктивності – шляхом оптимізації шляхів руху рідини і газу, застосування мінімально необхідного числа вузлів. Отже, аналіз існуючих конструкцій та патентних джерел дозволив визначити резерви вдосконалення: підвищення продуктивності може бути досягнуто за

рахунок *паралельності процесів* (декілька пляшок заповнюються і закупорюються одночасно), *інтенсифікації процесу наливу* (збільшення пропускної здатності дозувальних вузлів, використання насосу для підвищення швидкості потоку), а також *скорочення допоміжних простоїв* (наприклад, застосування двопотокової схеми, коли на час, поки одна група пляшок наповнюється, інша група вже переміщується на наступну операцію). Також важливим є *зменшення часу простою на мийку та переналаштування*: сучасне рішення – вбудовані СІР-системи – дозволяє автоматично промивати усі тракти, що контактують з продуктом, без розбирання обладнання, значно економлячи час на санітарну обробку.

Постановка задач проектування.

На основі виконаного огляду можна сформулювати завдання для даної розробки. Розроблювана система фасування соку повинна поєднати переваги виявлених у літературі рішень та уникнути їх недоліків. Зокрема, необхідно забезпечити високу продуктивність 1500 упак/год при об'ємі 3 л, що досягається паралельною роботою кількох дозувальних головок (розрахунково визначимо їх кількість) та оптимізацією тривалості циклу. Система повинна бути відносно простою конструктивно, з мінімально можливою кількістю рухомих частин та вузлів, щоб підвищити надійність і спростити обслуговування. Потрібно впровадити **модернізацію** у вигляді інтеграції CIP – автоматичного очищення наливних трактів після завершення зміни, що підвищить санітарну безпеку виробництва. Також бажано передбачити модуль фільтрації соку перед наливом (наприклад, сітчастий або картриджний фільтр тонкої очистки на вході до дозувального резервуара), щоб вилучати можливі тверді включення і запобігти засміченню дозаторів. На етапі закупорювання варто реалізувати гнучку конструкцію, здатну адаптуватися під різні типорозміри кришок і тари (наприклад, швидкозмінні формати захватів або універсальні укупорювальні головки з регульованим зусиллям закручування).

Отже, в даному розділі проведено аналіз літературних та патентних джерел, на основі якого сформовано вимоги та напрямки проектування системи фасування соку. Встановлено, що пріоритетними завданнями модернізації є: досягнення високої продуктивності через багатопотоковість розливу, забезпечення точності дозування об'єму 3 л, підтримання гігієни процесу через CIP та санітарні матеріали, а також дотримання техніки безпеки і ергономічності конструкції. Наступні розділи присвячені техніко-економічному обґрунтуванню вибраних рішень та безпосередньому опису запропонованої конструкції і її параметрів

РОЗДІЛ 2. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ

Проектування будь-якої нової технічної системи потребує обґрунтування її доцільності та переваг у порівнянні з альтернативними варіантами. В цьому розділі виконується техніко-економічне обґрунтування вибору конструктивної схеми високопродуктивної лінії фасування соку та аналіз економічних показників від впровадження даної розробки.

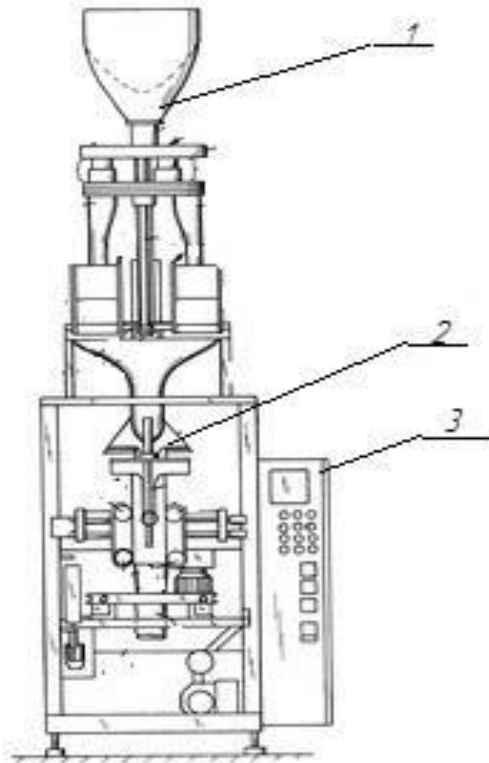


Рис.2.1. Загальний вид - машина для автоматичного пакування рідкої речовини в упаковку із полімерної плівки (за Patent USA № 6642342, сl. B45B, 2003)

Альтернативні варіанти та вибір оптимального рішення. З урахуванням вимог до продуктивності (1500 уп/год) та специфіки продукту (сік, 3-літрово тара), було розглянуто декілька концептуальних варіантів побудови лінії:

Відповідальна організація НУХТ	Технічне узгодження Туфєкчі В.І.	Вид документа Пояснювальна записка		Статус документа			
Власник документа Кафедра МПТ	Розробник документа Калембет М.С.	Назва, додаткова назва РОЗДІЛ 2. ТЕХНІКО- ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ	612.КР.ПЗ				
	Документ затверджено		Інд. змін.	Дата видання	Мова UA	Аркуш	

• **Варіант 1:** *Роторна лінія розливу-закупорювання.* Передбачає використання роторного моноблока, де пляшки розміщуються на обертовому столі, оснащеному, скажімо, 8-12 дозувальними клапанами і відповідною кількістю укупорювальних головок. Пляшки подаються в моноблок, де під час обертання одночасно здійснюється наповнення кількох пляшок, потім вони переміщуються до секції закупорювання. Переваги: висока продуктивність за рахунок одночасної роботи багатьох вузлів, компактність, синхронність. Недоліки: складна конструкція, висока вартість виготовлення і сервісу, складність переналаштування під інший формат тари, підвищені вимоги до точності виготовлення деталей (через синхронізацію роторного механізму). Для заданої продуктивності, можливо, навіть надлишкова (роторні системи зазвичай розраховані на >2000 пляшок/год) при 3 л.

• **Варіант 2:** *Лінійна багатоголовочна машина.* Складається з лінійного транспортера, який послідовно зупиняє групу з кількох (наприклад, 4 або 6) пляшок під блоком дозування, де розміщені відповідна кількість дозуючих головок, що одночасно наливають сік у всі пляшки групи. Далі конвеєр просуває цю групу під укупорювальний пристрій, який може мати також кілька одночасно працюючих головок. Продуктивність забезпечується паралельністю: за один цикл наповнюється одразу 4–6 пляшок. Переваги: конструкція більш модульна і проста (окремо дозувальний модуль, окремо укупорювальний), легше масштабувати (змінити кількість головок), простіше обслуговувати (доступ до вузлів легший, ніж всередині ротора). Недоліки: більші габарити в довжину (ланцюговий конвеєр), дещо більші втрати часу на індексацію (зупинка-старт), продуктивність обмежена числом головок і швидкістю одного циклу.

• **Варіант 3:** *Комбінована схема з двома потоками (подвоєний лінійний модуль).* Передбачає дві паралельні лінійні секції дозування/закупорювання, які працюють одночасно, а потік пляшок

розподіляється між ними (наприклад, через поворотний стіл-розподільник на вході і зводиться разом на виході). По суті, це подвоєння обладнання, щоб зменшити навантаження на кожен вузол. Переваги: кожен потік може працювати на половинній швидкості (~750 уп/год), що легше забезпечити, а сумарно маємо 1500 уп/год; можливість резервування (у разі зупинки одного потоку другий може продовжувати, хоч і з меншою продуктивністю). Недоліки: значне ускладнення системи транспортування тари (потрібні розподільчі механізми), збільшення кількості обладнання практично вдвічі (дві машини), що підвищує вартість і складність синхронізації.

Після порівняння варіантів, за критеріями **технологічної реалізованості, вартості та відповідності продуктивності**, обрано Варіант 2 – лінійна багатоголовочна машина модульного типу. Це рішення оптимально балансує продуктивність і складність: 4–5 дозувальних головок, працюючи паралельно, можуть забезпечити 1500 уп/год без надмірного ускладнення конструкції. Лінійна схема також полегшує інтеграцію допоміжних систем (СІР, фільтрації) та доступ для обслуговування. Варіант 1 (роторний) був відхилений через невиправдано високу складність і вартість для заданої швидкості, а Варіант 3 – через подвоєння обладнання, яке економічно недоцільне для цільової продуктивності (раціональніше використовувати один потік із достатньою кількістю паралельних вузлів).

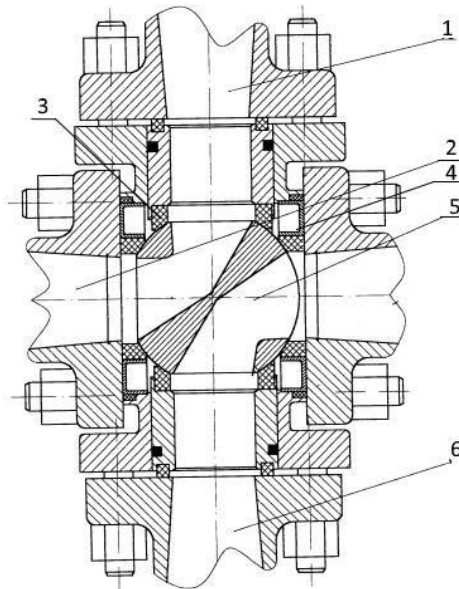


Рис.2.2. Шаровий кран: 1-система вхідного патрубку ; 2 мірний циліндр; 3 торове ущільнення; 4- втулка; 5 – кульова втулка; 6 вихідний зовнішній патрубок;)

Економічні аспекти впровадження. Впровадження розробленої системи фасування на виробництві соків дасть низку економічних вигод:

- **Збільшення продуктивності праці.** Автоматична лінія на 1500 уп/год замінює декілька напівручних або застарілих машин меншої продуктивності. Наприклад, якщо раніше фасування здійснювалося на установці із швидкістю 500 уп/год з участю операторів, то нова лінія утричі швидше випускає продукцію при приблизно такому ж штаті обслуговування. Це дозволяє випускати більший обсяг соків за одиницю часу і швидше задовольняти попит.

- **Зниження собівартості продукції.** За рахунок автоматизації та продуктивності, частка витрат на зарплату персоналу на одиницю продукції зменшується. Також при більш точному дозуванні скорочуються втрати продукту (переливи, недоливи) – економія сировини. Система СІР, вбудована в лінію, скорочує час простою на

санітарну мийку і економить витрати мийних розчинів, оскільки процес контролюється автоматично і оптимізовано. Менший час простою – більше корисного часу виробництва.

- **Покращення якості та конкурентоспроможності.** Продукція, розлита на сучасній автоматизованій лінії, матиме стабільну якість (точний об'єм, герметичність закупорювання, відсутність забруднень). Це підвищує довіру споживачів і дозволяє виробнику позиціонувати товар як виготовлений за сучасними технологіями. Відповідність устаткування стандартам гігієни (наприклад, ДСТУ EN 1672-2) є важливою для отримання міжнародних сертифікатів (ISO 22000 з безпечності харчових продуктів тощо) і виходу на нові ринки.

- **Окупність інвестицій.** Орієнтовний розрахунок окупності (за спрощеною методикою) може бути проведений шляхом зіставлення капітальних вкладень у лінію та річного економічного ефекту від її експлуатації. Припустимо, вартість розробленої лінії становить $\$X\$$ грн. Річний приріст випуску соку (в порівнянні зі старим обладнанням) – наприклад, +1 млн літрів, що приносить додатковий дохід $\$Y\$$ грн (залежно від ціни продукції). Також річна економія від скорочення витрат продукту та витрат на персонал – ще $\$Z\$$ грн. Сумарний додатковий прибуток = $\$Y+Z\$$. Окупність $\sim \$X/(Y+Z)\$$. За оцінками, впровадження лінії окупиться за 2–3 роки безперервної експлуатації, що є добрим показником для харчового обладнання.

- **Гнучкість виробництва.** Розроблена система спроектована з можливістю швидкого переходу на інший вид продукції (наприклад, фасування іншого напою або рідини) та іншу тару (місткістю 2–5 л). Це означає, що інвестиція в обладнання є універсальною: за потреби виробник може перепрофілювати лінію під новий продукт з мінімальними додатковими витратами (заміна формату оснастки для тари, переналаштування ПЛК). Така гнучкість теж має економічну вигоду – підвищується коефіцієнт завантаження обладнання (воно не

простоює, якщо попит на один продукт падає, а використовується для іншого).

Узагальнюючи, техніко-економічне обґрунтування підтверджує доцільність розробки високопродуктивної лінії фасування соку. Обраний конструктивний варіант (лінійна багатоголовочна схема з СІР) є оптимальним компромісом між продуктивністю та витратами. Він забезпечить підприємству-виробнику соків економію коштів і ресурсів у процесі виробництва, підвищить якість продукції та дозволить зміцнити ринкові позиції за рахунок інноваційності та відповідності сучасним стандартам. Отримані результати обґрунтування будуть враховані при детальному проектуванні конструкції, описаному у наступному розділ

РОЗДІЛ 3. ОПИС ПРОПОЗИЦІЇ. РОЗРАХУНОК СИСТЕМИ ПОРШНЕВОГО ДОЗАТОРА І ПЛАСТИНЧАСТОГО КОНВЕЄРА.

У цьому розділі представлено детальний опис розробленої системи фасування соку – її склад, конструкцію основних вузлів, принцип дії та особливості, що відрізняють запропоновану конструкцію (як результат модернізації) від існуючих аналогів.

Загальна характеристика системи. Розроблена система являє собою автоматичну лінію фасування соку, виконану за лінійно-модульним принципом. Конструктивно лінія складається з наступних основних підсистем (вузлів), розташованих послідовно по ходу руху тари:

1. **Пристрій подачі тари.** Це вузол, що забезпечує безперервну подачу порожніх 3-літрових полімерних контейнерів на лінію. У даному проекті передбачається використання орієнтовувача-подавача тари: порожні ПЕТ-пляшки надходять з накопичувального бункера або конвеєра в орієнтувальний пристрій, де встановлюються вертикально горловиною догори і далі надходять на основний пластинчастий конвеєр. Для нашої лінії зі швидкістю 1500 уп/год може бути достатньо операторського завантаження тари на стрічку (оператор виставляє пляшки на конвеєр), проте для повної автоматизації ми передбачаємо можливість підключення бункерного орієнтувача.

2. **Дозувально-розливний модуль.** Основний вузол, де відбувається наповнення пляшок соком. Модуль містить кілька (розрахунково – 4) дозувальних головок. Кожна головка складається з клапана дозування, витратоміра (або поршневого дозатора) та наливної насадки, яка входить у горловину пляшки під час наливу. Дозувальні клапани підключені до спільного резервуара (бак-хопер) з соком,

Відповідальна організація НУХТ	Технічне узгодження Туфєкчі В.І.	Вид документа Пояснювальна записка	Статус документа			
Власник документа Кафедра МПТ	Розробник документа Калембет М.С.	Назва, додаткова назва РОЗДІЛ 3. ОПИС ПРОПОЗИЦІЇ. РОЗРАХУНОК СИСТЕМИ	612.КР.ПЗ			
	Документ затверджено		Інд. змін.	Дата видання	Мова UA	Аркуш

розташованого підвищено для створення гравітаційного напору, або ж живляться через розподільчий колектор від насоса. Ми обрали комбінований спосіб: використовується насос-дозатор із буферним резервуаром. Принцип дії: після установки групи пляшок (наприклад, 4 шт) під головками – кожна головка опускається (насадка входить у пляшку для запобігання розбризкуванню), відкриваються клапани та сік подається через витратоміри до досягнення дози 3,0 л, після чого клапани закриваються. Насос забезпечує необхідну швидкість потоку. Завдяки 4-канальній паралельній роботі, повний цикл дозування триває кілька секунд (близько 8–10 с, докладніше – у розділі розрахунків). Конструкція дозувальної головки виготовлена з харчової нержавіючої сталі (AISI 304 або 12X18H10T) із ущільненнями з харчового каучуку (EPDM), щоб забезпечити корозійну стійкість і санітарність. У верхній частині резервуара передбачено датчик рівня та вентиляційна труба для виходу повітря при наливі (щоб уникнути надлишкового тиску).

5. Закупорювальний модуль. Вузол, де на повні пляшки накручуються кришки. Складається з автоматичного подавача кришок (віброчаша або елеватор подає кришки на короткий горизонтальний жолоб-орієнтувач, по якому вони підходять до закупорювальних головок) та двох закручувальних головок. Група з наповнених 4 пляшок просувається конвеєром до секції закупорювання: тут бажано розбити операцію на дві підгрупи по 2 пляшки, бо одночасно 4 закручувати складніше синхронізувати (хоча можливо). Ми реалізуємо 2 закупорювальні головки: спочатку конвеєр зупиняє пляшки 1 і 2 під головками, які опускаються, захоплюють попередньо подані на горловину кришки і загвинчують їх з потрібним моментом; потім при наступному індексуванні закупорюються пляшки 3 і 4. Закрутка здійснюється сервоприводними головками з контролем крутного моменту (щоб не пошкодити різьбу і ущільнення). Після закрутки

головки підіймаються, конвеєр подає наступні пляшки. Кришки у жолоб подає віброподавальник, який підтримує постійну наявність кришок; на вході у головку кришка підхоплюється вакуум-присоскою або механічним захватом.

6. Транспортувальна система. Основний транспортер – пластинчастий ланцюговий конвеєр шириною, достатньою для 3-літрових пляшок (орієнтовно 150–200 мм ширина полотна). Він проходить через всі вищеописані модулі, забезпечуючи циклічну подачу груп пляшок. Привід конвеєра – мотор-редуктор з частотним перетворювачем, що дозволяє регулювати швидкість індексного переміщення. На ділянках зупинки (під наливом і укупоркою) передбачені механізми фіксації пляшок: пневматичні упори, які висувуються для точної зупинки пляшок у потрібному положенні. Після закупування конвеєр транспортує готові пляшки до приймального столу або до наступного етапу (етикетування, пакування – за межами даного проекту).

7. Система СІР і допоміжні підсистеми. До складу лінії входить вбудована система СІР (очищення на місці). Вона складається з резервуарів мийних розчинів (лужний, кислотний, вода) та насоса, підключеного до дозувального контуру через перемикальні клапани. Після завершення виробничої зміни оператор може активувати СІР-цикл: спочатку система промиває дозувальні головки і продуктопроводи гарячою водою, потім циркулює лужний розчин при ~ 80 °С, знову промиває водою, далі – циркуляція дезінфікуючого розчину або пари, і фінальне ополіскування. Все це виконується автоматично під контролем ПЛК, забезпечуючи санітарну чистоту перед наступним циклом виробництва. Крім СІР, до допоміжних підсистем належить фільтрувальний блок на вході продукту: перед насосом встановлено фільтр тонкого очищення (картридж 50 мкм), який затримує випадкові

тверді часточки або згустки, щоб вони не потрапили у дозатори. Також передбачені датчики тиску і витрати на випадок контролю стабільності подачі соку.

8. Конструктивна рама і кожухування. Усі вузли монтуються на загальній рамі з нержавіючої сталі. Рама виконана модульними секціями: секція дозування, секція закупорювання з'єднані конвеєром. Рухомі частини закриті захисними кожухами з прозорого полікарбонату, що запобігають доступу оператора до небезпечних зон під час роботи. Кожухи оснащені кінцевими вимикачами: при відкриванні кожуха лінія зупиняється (для безпеки). Таке огороження відповідає вимогам стандартів з безпеки обладнання (ДСТУ EN 1672-1 щодо захисту оператора).

9. Електрообладнання та система керування. Дана підсистема детально описана у розділі “Система керування”, але коротко зазначимо: на рамі встановлено шафу керування з ПЛК, частотним перетворювачем для двигуна конвеєра, силовими модулями для насосів і серводвигунів, пневмошафа з клапанами для циліндрів. Проводка виконана у захисних коробах, датчики та виконавчі механізми з'єднані через роз'єми для полегшення обслуговування.

Особливості модернізації та новизна конструкції. Запропонована конструкція є результатом модернізації типового лінійного фасувального автомата з врахуванням специфічних вимог (великий об'єм дози, висока продуктивність, гігієнічність). Новизну і переваги можна підсумувати так:

- **Інтеграція СІР.** На відміну від більшості базових моделей ліній, де мийка проводиться розбиранням і ручним промиванням, тут реалізовано автоматичну мийку Clean-in-Place. Це скорочує час санітарної обробки ~вдвічі і зменшує вплив людського фактору, а також покращує гігієну.

- **Багатоканальний дозувальний вузол з електронним контролем.** Використання 4 одночасних дозаторів із магнітоіндуктивними витратомірами, зв'язаними з ПЛК, дозволяє дуже точно відміряти 3 л соку в кожному тару. Це інновація щодо старих механічних систем, підвищує точність дозування до $\pm 0,5\%$ і спрощує переналаштування (не треба змінювати деталі – достатньо переналаштувати електроніку).

- **Регульований форматний орган.** Конструкція транспортера і направляючих елементів зроблена регульованою: ширина напрямних під пляшку, висота столу дозування та закупорювання можуть змінюватися в певних межах. Це означає, що на цій же лінії можна фасувати пляшки від 2 до 5 літрів, змінивши лише незначні деталі (захвати, насадки відповідного діаметра). Така гнучкість – суттєвий плюс при експлуатації.

- **Зменшення втручання оператора.** Автоматика подачі тари і кришок значно знижує ручну працю. Оператор лише контролює процес через панель оператора і забезпечує своєчасне поповнення бункера кришок та тари (якщо не реалізовано повністю автоматичну подачу тари).

- **Матеріали та конструкція з урахуванням гігієни.** Всі деталі, що контактують з продуктом, виконані з нержавіючих сталей або харчового пластику; поверхні – гладкі, без щілин і застійних зон, щоб сік не накопичувався. Конструкція дозувальних клапанів – розбірна, ущільнення легко демонтуються для заміни. Відповідно до стандартів гігієнічного дизайну (наприклад, принципів ДСТУ EN 1672-2), вся машина спроектована так, щоб полегшити очищення: похилі поверхні, відведення для стоків (під конвеєром встановлено піддон, що збирає випадкові проливи соку і мийні води). Це зменшує ризик бактеріального забруднення між циклами.

- **Покращена система закупорювання.** Модернізована закупорювальна головка має можливість швидкого переходу на інший типорозмір кришки. Досягається змінними насадками та налаштуванням крутного моменту через ПЛК (наприклад, для поліетиленових кришок треба один момент, для поліпропіленових з ущільнювачем – інший). Це елемент гнучкого переоснащення, що підвищує річну продуктивність у разі потреби перейти на іншу продукцію (як зазначалося у постановці задач – швидкий перехід на інший формат тари підвищує ефективність виробництва).

Описана конструкція лінії фасування соку представлена на **рисунку 7.1** (загальний вигляд лінії у плані та фронтальній проекції). *Рисунок 7.1 – Загальний вигляд лінії фасування соку 3 л (умовно).* На рисунку позначено: 1 – модуль подачі тари; 2 – дозувальні головки; 3 – резервуар продукту; 4 – закупорювальні головки; 5 – транспортер; 6 – електрична шафа керування; 7 – захисні кожухи; 8 – панель оператора (НМІ).

Таким чином, у даному розділі детально розглянуто склад і пристрій розробленої системи. Запропонована конструктивна пропозиція відзначається комплексним підходом: враховано всі етапи процесу фасування (від підготовки тари до отримання готового упакованого продукту) та їх взаємозв'язок. Модернізація торкнулася як основних технологічних вузлів (дозування, закупорювання), так і допоміжних систем (керування, СІР, безпека), що в сукупності дозволяє отримати високопродуктивне, надійне та безпечне обладнання для розливу соку.

Кінематична схема

Кінематична схема лінії відображає передавання руху від приводів до робочих органів та узгодження роботи різних вузлів у часі. Іншими словами, це структурна схема механічної частини машини, що показує, як обертання електродвигунів і переміщення пневмоциліндрів перетворюються на корисні дії – транспортування, налив, закрутку.

612.КР.ПЗ	Інд. змін.	Дата видання	Мова UA	Аркуш
-----------	------------	--------------	------------	-------

3.1 Розрахунок для поршневого дозатора

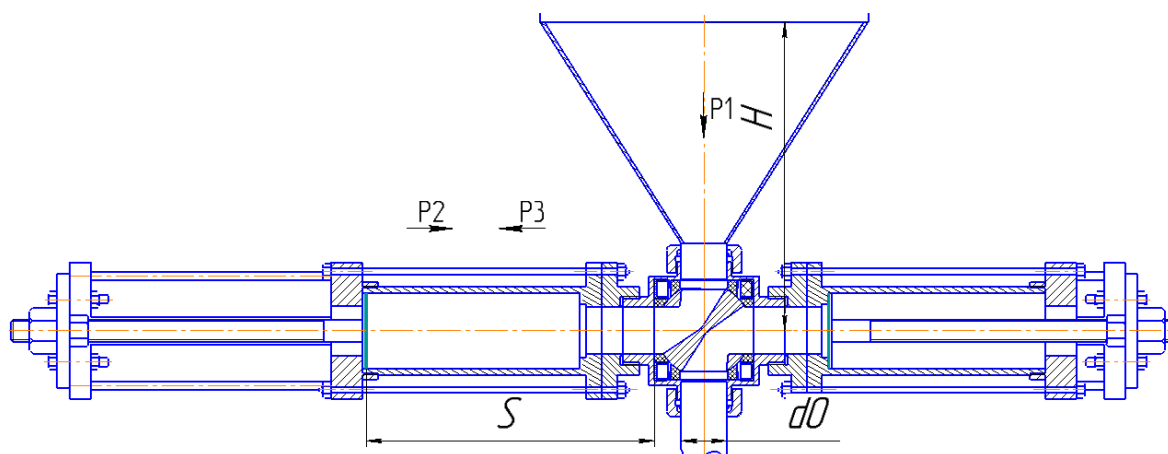


Рис 3.1. Узагальнена розрахункова схема

Визначимо спочатку кінематичний час процесу :

$$T_k = \frac{1}{Z/2} \cdot 60 = \frac{1}{750} \cdot 60 = 0.08$$

Z- штучна продуктивність, (а оскільки дозаторів встановлено 2, тому Z/2). Загальна формула для кінематичного часу дорівнюватиме:

$$T_k = \sum t_i = t_{\partial} + t_{\phi} + t_{вк} + t_{вукл}$$

Де: t_{∂} - тривалість формування дози;

t_{ϕ} - тривалість фасування;

$t_{вк}$ і $t_{вукл}$ - тривалість включення і виключення приводів

$$t_{вк} = t_{вукл} = 0,5с$$

$$f_{e\phi} = \frac{\pi \cdot d^2}{4} = \frac{3.14 \cdot 0.05^2}{4} = 0.001963м^2$$

Визначаємо швидкість дозування:

$$v_0 = \frac{S}{t_\partial} = 0,175 \text{ м/с}$$

$$\text{Де: } S = \frac{4 \cdot W}{\pi \cdot D^2} = 0,123 \text{ м}^2$$

Визначаємо тривалість фасування:

$$t_\phi = T_K - t_\partial - t_{BK} = 1,992 \text{ с}$$

Визначаємо частоту, що створює поршень (формула Пуанзеля):

$$\Pi_1 = \Pi_2$$

$$\Pi_1 = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot \frac{S}{\phi^t}$$

$$\Pi = 8,14 \cdot 10^6 \text{ м}^3 / \text{с}$$

З останнього виразу шукаємо

$$P_3 P_3 = 100000,0088 \text{ Па}$$

Визначаємо витрати енергії

$$N = P_{руш} \cdot v_\phi$$

$$P_{руш} = P_3 \cdot \frac{\pi \cdot D^2}{4} = 407 \text{ Н}$$

З останнього виразу шукаємо d_u :

$$d_u = 0,032 \text{ мм}$$

Приймаємо $d_u = 0,04 \text{ мм}$

3.2 Підбір пневмоциліндрів за основними за технологічними показниками

Для того щоб зменшити габарити і економічні витрати, підберемо пневмоциліндр двосторонньої дії.

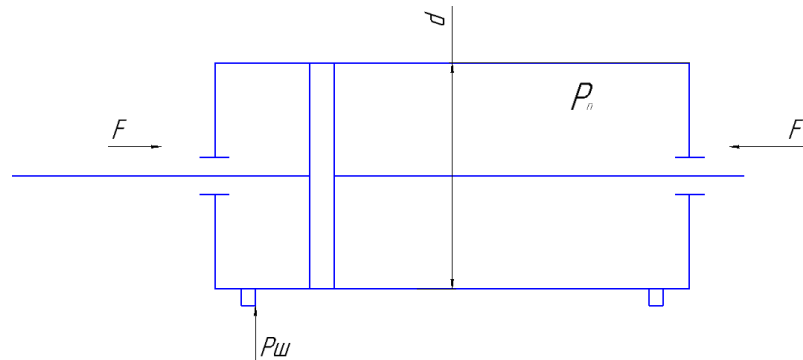


Рис. 3.2

Прийmemo: $P = 4\text{бар}$ $F = 500\text{Н}$

$$F = P \cdot S$$

$$S = \frac{\pi \cdot d^2}{4}$$

$$F = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot P$$

З останнього виразу визначаемо діаметр пневмоциліндра:

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot F}{\pi \cdot P}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 2 \cdot 500}{3.14 \cdot 4 \cdot 10^5}} = 0.06\text{м}$$

Якщо врахувати, що дозатор необхідно переналаштовувати на інший вид продукції з різною в'язкістю то діаметр пневмоциліндра прийmemo з запасом $d = 0.1\text{м}$

Згідно з розрахунку за номенклатурою фірми "Camozzi" підберемо комплектуючі системи і виконавчий механізм у вигляді пневмоциліндра серії 31 марки **31R3A100A100**

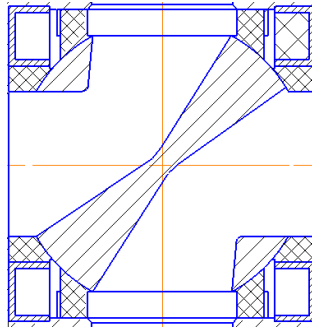


Рис.3.3. Загальний вигляд пневмоциліндра.

3.3 Підбір пневмоциліндра для запірної арматури
Використаємо таку схему для запірної арматури
Для виконання такого процесу необхідно підібрати поворотний пневмоциліндр.

Приймемо:

$$P = 4 \text{ бар}$$

$$F = 500 \text{ Н}$$

$$F = P \cdot S$$

$$S = \frac{\pi \cdot d^2}{4}$$

$$F = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot P$$

З останнього виразу визначаємо діаметр пневмоциліндра:

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot F}{\pi \cdot P}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 2 \cdot 500}{\pi \cdot 4 \cdot 10^5}} = 0.06 \text{ м}$$

Діаметр пневмоциліндра приймемо з запасом $d = 0.08\text{м}$ Згідно з розрахунку за номенклатурою фірми “Camozzi” підберемо комплектуючі системи і виконавчий механізм у вигляді пневмоциліндра серії 30 марки **30-080/090**.

Для точності дозування необхідно підібрати пневмоциліндр, на який будуть діяти незначні навантаження якими можна знехтувати. По даним потребам необхідно підібрати пневмоциліндр малих габаритів.

За номенклатурою фірми “Camozzi” підбираємо пневмоциліндр серії 16 марки **16N1A10A100**



Рис.3.4. Поворотна частина.

3.4 Розрахунок пластинчастого конвеєра

Приймаємо настил плоский без бортів, натяжний пристрій – гвинтовий, швидкість руху настилу приймаємо $v = 0,25\text{м / с}$

$$B = 180\text{мм}$$

Відстань між вантажами $a = 80\text{мм}$

Визначаємо лінійні маси

Лінійна маса вантажу:

$$q_B = \frac{m}{a} = \frac{0.360}{0.08} \equiv 4.5\text{кг}$$

Лінійна маса ланцюгів з настилом:

$$q_O = q_L + q_H = 5,5\text{кг}$$

Тяговий розрахунок:

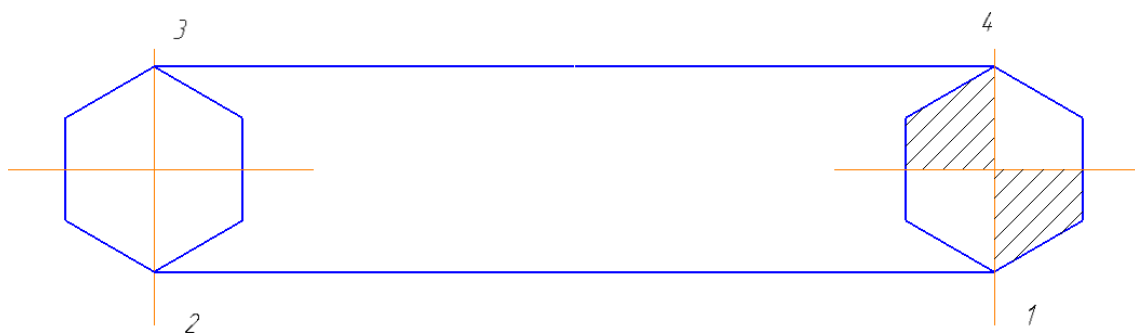


Рис.3.5.

Величиною мінімального натягу задаємося:

$$S_{\min} = 1000H$$

Мінімальний натяг буде у точці 2:

$$S_2 = S_{\min} = 1000H$$

$$S_3 = K_1 \cdot S_2 = 1.05 \cdot 1000 = 1050H$$

$$S_4 = S_3 + w(q_0 + q_B) \cdot g \cdot L = 1050 + 0.1 \cdot (4.5 + 5.5) \cdot 9.81 \cdot 1.5 = 1065H$$

$$S_1 = S_2 - w \cdot q_0 \cdot g \cdot L = 1000 - 0.1 \cdot 4.5 \cdot 9.81 \cdot 1.5 = 993H$$

Визначаємо тагове зусилля на приводних зірочках:

$$F_T = S_{нб} - S_{зб} + K(S_{нб} + S_{зб}) = 1065 - 993 + 0.1(1065 + 993) = 278H$$

Розрахункова потужність двигуна

$$N_{\text{дв. розр.}} = \frac{F_T \cdot v}{\eta_{\text{прив}}} = \frac{278 \cdot 0,25}{0,80} = 87 \text{ Вт} = 0,087 \text{ кВт}$$

Згідно розрахунків підберемо мотор-редуктор за номенклатурою фірми “SEW”

По даних характеристиках 3 потужністю 90 Вт

Кількість обертів 40 об.хв

Крутний момент 13 Нм Маса 5,3 кг

Висновок:

Використаємо пластинчастий конвеєр для транспортування споживчої тари. Первагою даного конвеєра є те що його погонна вага дуже мала, тому дозволяє використовувати двигун з невеликою потужністю.

РОЗДІЛ 4. ЦИКЛОГРАМА РОБОТИ. РОЗРАХУНКИ СИСТЕМИ ФОРМУВАННЯ РУКАВА.

Зазначена узгоджена робота еквівалентна механічній синхронізації, яка в роторних машинах досягається кулачковими механізмами і передачами. У нашій схемі ця роль покладена на програмний контролер і електронні датчики – але кінематична схема показує, що кожен механізм має достатню швидкість, щоб вкладатися в цикл.

Розрахункові параметри кінематики. В результаті аналізу кінематичної схеми (див. наступний розділ розрахунків) були визначені оптимальні параметри руху:

- Крок індексації конвеєра: 4 пляшки по ~ 150 мм діаметром + зазор \rightarrow крок ~ 650 мм. Час індексації $\sim 1,5$ с при розгоні/гальмуванні.
- Швидкість руху конвеєра під час індексації: $\sim 0,4$ м/с (щоб пройти крок за вказаний час), з прискоренням $\sim 0,3$ м/с² для плавності (щоб пляшки не перекидались).
- Хід пневмоциліндрів *C1*: ~ 100 мм (опускання дозувальних головок). Час опускання $\sim 0,5$ с (включаючи демпфування при кінці ходу).
- Час, потрібний на налив 3 л: ~ 8 с (виходячи з продуктивності насоса і діаметру клапанів). Це основна тривалість, яка і визначає такт циклу.
- Час закупорювання: $\sim 2,5-3$ с на пару пляшок (закручування кришки за ~ 1 с з моментом, плюс позиціонування головок). Це укладається всередину 8-секундного циклу наливу паралельно.

Відповідальна організація НУХТ	Технічне узгодження Туфєкчі В.І.	Вид документа Пояснювальна записка	Статус документа			
Власник документа Кафедра	Розробник документа Калембет М.С.	Назва, додаткова назва РОЗДІЛ 4. ЦИКЛОГРАМА РОБОТИ. РОЗРАХУНКИ СИСТЕМИ ФОРМУВАННЯ РУКАВА	612.КР.ПЗ			
МПТ	Документ затверджено		Інд. змін.	Дата видання	Мова UA	Аркуш

Таким чином, повний цикл для групи 4 пляшок ~10 с (включаючи індексації, налив, закупорювання). Ці параметри відповідають продуктивності ~ $(3600/10)*4 = 1440$ пляшок/год. Для досягнення рівно 1500 уп/год цикл має бути трохи скорочено (наприклад, зменшити час наливу до ~7,68 с або збільшити кількість головок до 5). Ми розрахували варіант з 4 головками; у висновках пропонується також можливість 5 головок для резерву потужності.

Представлена кінематична схема дозволяє візуалізувати роботу машини та впевнитись у відсутності кінематичних протиріч. Всі рухи розкладені у часі таким чином, щоб машина працювала ритмічно, без холостих пауз – поки одна група пляшок наливається, інша одночасно закупорюється і третя виходить/заходить. В наступному розділі буде розглянуто цикловий графік роботи (циклограма), що деталізує цей розклад у часі.

Циклограма роботи

Циклограма роботи лінії – це графічне або табличне відображення послідовності і тривалості основних операцій протягом одного робочого циклу фасування. Робочим циклом у нашому випадку можна вважати процес заповнення і закупорювання однієї групи пляшок (наприклад, 4 шт). Циклограма дозволяє переконатися, що операції синхронізовані, і визначити час циклу та фактор перекриття операцій для досягнення максимальної продуктивності.

Основні етапи циклу фасування:

1. **Індексація порожніх пляшок у зону наливу.** (Обозначимо цю операцію як I1). Пляшки подаються на конвеєр і зупиняються упором під дозувальними головками. Час: ~1,5 с.
2. **Опускання дозувальних головок.** (Операція D_down). Циліндри C1 опускають насадки в горловини. Час: 0,5 с.

3. **Дозування та налив соку.** (Операція Fill). Клапани відкриті, сік тече – тривалість 8,0 с.

4. **Підіймання дозувальних головок.** (D_up). Після досягнення дози клапани закрито, циліндри піднімають головки. 0,5 с (частково може накладатися на останню фазу наливу – наприклад, підіймання починається через 0,2 с після закриття клапанів).

5. **Індксація наповнених пляшок у зону закупорювання.** (I2). Конвеєр переміщує групу вперед. 1,5 с (одночасно на початку цього руху нові порожні пляшки можуть вже зайти під дозатори).

6. **Фіксація пляшок під укупоркою, опускання укупорювальних головок.** (C_down). Стопор C5 фіксує пляшки 1-2, циліндри C2, C3 опускають головки з кришками. 0,3 с.

7. **Закупорювання пляшок 1-2.** (Cap1). Серводвигуни закручують кришки. ~1,0 с.

8. **Підйом головок, перестановка на пляшки 3-4.** (C_up + step). Циліндри піднімають головки, стопор C5 звільняє, конвеєр крокує на півкроку (переміщує пляшки 3-4 на місце 1-2). 1,0 с.

9. **Закупорювання пляшок 3-4.** (Cap2). Закрутка кришок на других двох пляшках. 1,0 с.

10. **Підйом головок, відхід стопора, вивід групи.** (Finish). Головки підняті, стопор відкритий, конвеєр виштовхує готові пляшки з зони. 0,5 с.

4.1. Розрахунок зусилля модуля розмотування плівки

Плівка розмотується проходячи через систему роликів, які встановлені на нерухомій рамці. Рух плівки відбувається по закону $a_t = 0,28\text{м/с}^2 = \text{const}$.

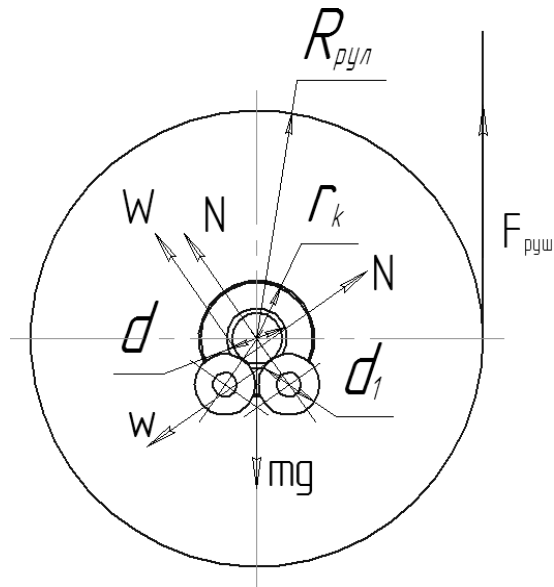


Рис.4.1. Схема прикладених сил до рулона

$$W = N \cdot \frac{w \cdot d + 2 \cdot k}{d} \quad (6.1.4), \text{ при цьому } k=0,01, w=0,022.$$

Для знаходження сили N необхідно спроектувати сили на вертикальну вісь:

$$m \cdot g = (N + N) \cdot \cos 35^\circ = 2 \cdot N \cdot \cos 35^\circ \Rightarrow N = \frac{m \cdot g}{2 \cdot \cos 35^\circ}. \quad (4.5)$$

Запишемо моменти інерції рулону і шпулі та порівняємо їх:

$$I_{рул} = \frac{m_{рул} \cdot R_{рул}^2}{2}, I_k = \frac{m_k \cdot R_k^2}{2}, I_{рул} > I_k. \quad (4.6)$$

Запишемо формулу визначення кутових прискорень для рулону і шпулі:

$$\varepsilon_{рул} = \frac{a}{R_{рул}}, \varepsilon_{рул} > \varepsilon_k, \varepsilon_k = \frac{a}{R_k}. \quad (4.7)$$

4.2. Визначення зусилля розмотування рулону:

а) діаметр рулону $D_{рул} = 0,4\text{м}$,

ширина рулону $h = 0,38\text{м}$,

товщина плівки $\delta = 40\text{мкм}$.

$$V_{рул} = \frac{\pi \cdot h}{4} (D_{рул}^2 - d_k^2) = \frac{3,14 \cdot 0,38}{4} (0,4^2 - 0,0381^2) = 0,0473\text{м}^3 \quad (4.8)$$

$$m_{рул} = V_{рул} \cdot \rho_{рул} = 0,0473 \cdot 905 = 42,80\text{кг} \quad (6.1.9)$$

$$m_{\Sigma} = m_{рул} + m_{дет} = 42,80 + 2,81 = 45,61\text{кг} \quad (6.1.10)$$

$$N = \frac{m_{\Sigma} \cdot g}{2 \cdot \cos 35^\circ} = \frac{45,61 \cdot 9,81}{2 \cdot \cos 35^\circ} = 273,11\text{Н}$$

$$W = N \cdot \frac{w \cdot d_c + 2 \cdot k}{d} = 273,11 \cdot \frac{0,022 \cdot 0,016 + 2 \cdot 0,01}{0,022} = 252,65\text{Н}$$

$$M_{он} = 2 \cdot W \cdot \frac{d_1}{2} = 2 \cdot 252,65 \cdot \frac{0,024}{2} = 6,064\text{Н} \cdot \text{м}$$

$$I_{рул} = \frac{m_{рул} \cdot R_{рул}^2}{2} = \frac{46 \cdot 0,2^2}{2} = 0,92\text{кг} \cdot \text{м}^2$$

$$\varepsilon_{рул} = \frac{a}{R_{рул}} = \frac{0,28}{0,2} = 1,4\text{с}^{-2}$$

$$F_{руш} = \frac{2 \cdot (M_{он} + I \cdot \varepsilon)}{D_{рул}} = \frac{2 \cdot (6,064 + 0,92 \cdot 1,4)}{0,4} = 36,76\text{Н}$$

б) діаметр рулону $D_{рул} = 0,039\text{м}$, ширина рулону $h = 0,38\text{м}$, товщина плівки $\delta = 40\text{мкм}$.

$$V_{рул} = \frac{\pi \cdot h}{4} (D_{рул}^2 - d_k^2) = \frac{3,14 \cdot 0,38}{4} (0,039^2 - 0,0381^2) = 20,7 \cdot 10^{-6} \text{ м}^3$$

$$m_{рул} = V_{рул} \cdot \rho_{рул} = 20,7 \cdot 10^{-6} \cdot 905 = 0,0187 \text{ кг}$$

$$m_{\Sigma} = m_{рул} + m_{дет} = 0,0187 + 2,81 = 2,83 \text{ кг}$$

$$N = \frac{m_{\Sigma} \cdot g}{2 \cdot \cos 35^{\circ}} = \frac{2,83 \cdot 9,81}{2 \cdot \cos 35^{\circ}} = 16,95 \text{ Н}$$

$$W = N \cdot \frac{w \cdot d + 2 \cdot k}{d} = 16,95 \cdot \frac{0,022 \cdot 0,016 + 2 \cdot 0,01}{0,022} = 15,68 \text{ Н}$$

$$M_{он} = 2 \cdot W \cdot \frac{d}{2} = 2 \cdot 15,68 \cdot \frac{0,024}{2} = 0,376 \text{ Н} \cdot \text{м}$$

$$I_{рул} = \frac{m_{рул} \cdot R_{рул}^2}{2} = \frac{2,83 \cdot 0,0195^2}{2} = 0,00054 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$$

$$\varepsilon_{рул} = \frac{a_{\tau}}{R_{рул}} = \frac{0,28}{0,0195} = 14,36 \text{ с}^{-2}$$

$$F_{руш} = \frac{2 \cdot (M_{он} + I \cdot \varepsilon)}{D_{рул}} = \frac{2 \cdot (0,376 + 0,00054 \cdot 14,36)}{0,039} = 19,68 \text{ Н}$$

Отже, для подальших розрахунків використовуємо $F_{руш} = 36,76 \text{ Н}$

4.2. Розрахунок модуля формування упаковки в системі машини вертикального типу

4.2.1 Загальна характеристика пристроїв для формування упаковки у машинах вертикального типу

В основу принципу формування заготовки упаковки в даному пристрої і покладено безперервне формування рукава із плівки шляхом її перетягування через нерухомі формоутворюючі пристрої — рукавоутворювачі. Конструювання подібних пристроїв здебільшого здійснюється на основі експерименту, або у рідкісних випадках методами наближених розрахунків, що не забезпечує в повній мірі виконання потрібної форми і правильного поєднання робочих елементів рукавоутворювача, а також є основною причиною нерівномірного натягу плівки, появи на ній згорток і розривів. Це можна пояснити недостатньою інформованістю розробників пакувального обладнання про наявність відповідного теоретичного підґрунтя. Результати наукових праць, присвячених даним питанням, опубліковані в дисертаціях малодоступних матеріалах міжнародних наукових конференцій. У даній статті основні концептуальні підходи до проектування таких пристроїв. На рис. 4.2.1. наведено схему рукавоутворювача, який забезпечує формування рукава з круглим поперечним перерізом (найширше застосовується у пакувальному обладнанні). Рукавоутворювач складається з вертикальної труби 1, форма поперечного перерізу якої визначає форму рукава, і напямної поверхні 2, а лінія їх перетину — це формувальний контур 3. Напямну поверхню інколи називають «комірець», або «козилок». Для накладання кінців згорнутої в рукав плівки (унапустку) в пристрої присутні язички 4, які обмежуються кривою формувального контуру.

Важливу роль у роботі рукавоутворювача відіграють конфігурація формувального контуру 3 і поверхня комірця 2. Основні параметри рукавоутворювача залежать від властивостей пакувального

матеріалу, форми упаковки, реологічних властивостей продукції, величини дози продукції і т. ін. Цими факторами пояснюється наявність широкої конструктивної гами рукавоутворювачів. Сьогодні найбільш широко застосовують два способи виготовлення рукавоутворювачів: спосіб відливання і спосіб згинання.

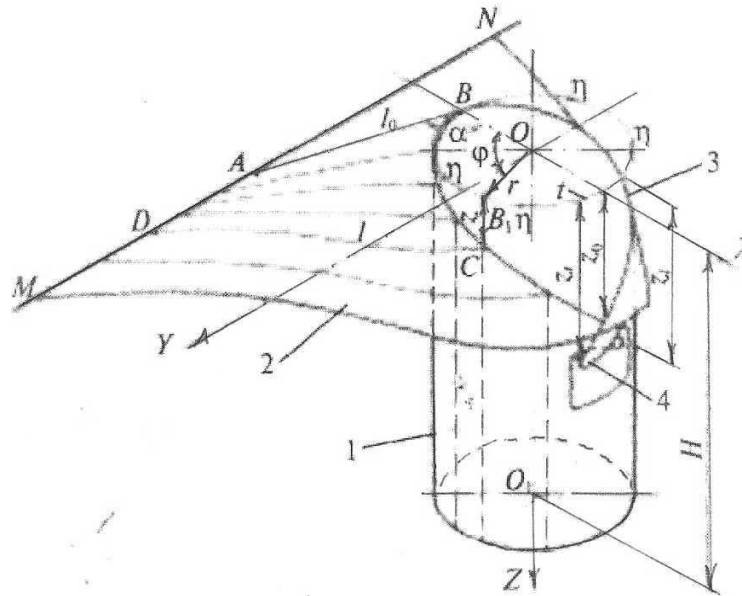


Рис. 4.2.1 Розрахункова схема рукавоутворювача

При виготовленні рукавоутворювачів будь яким способом, потрібно знати криву формувального контуру і конфігурацію напрямної поверхні комірця.

Рукавоутворювач потрібно розраховувати і виготовляти таким чином, щоб плівка пакувального матеріалу, який змотується із рулону, прилягала до напрямної поверхні комірця 2 і труби 1 і проходила через формувальний і контур 3 без появи згорток або розривів. Для цього потрібно, щоб виконувалася основна умова рівномірного натягу плівки пакувального матеріалу по усій її ширині: $z=l-l_0$, $AD=BB_1$, (1) де z – апліката точки C , що знаходиться на формувальному контурі рукавоутворювача; l_0 — довжина відрізка прямої, що з'єднує початкову точку B кривої формувального контуру з точкою A , яка є перетином крайки MN комірця і площини, перпендикулярної до цієї крайки, і проходить через початкову точку B (площина XOZ); $l=DC$ — довжина геодезичної кривої, яка лежить на напрямній поверхні комірця і з'єднує

прийняту для дослідження точку C із точкою D на крайці комірця; BB_1 — довжина проєкції дуги кривої BC на поперечний переріз труби рукавоутворювача (в даному випадку циліндра). Другою умовою якісного утворення рукава із плівки є наявність у напрямній поверхні комірця плоского елемента, який прилягає до вершини труби рукавоутворювача, тобто до точки, яка є верхнім кінцем максимальної твірної труби рукавоутворювача.

Умова (1) буде виконана, якщо поверхні комірця і циліндричної частини труби будуть розгорнутими, а лінією поділу цих поверхонь на спільній розгортці є лінія формувального контуру.

Властивості розгорнутих поверхонь (тобто циліндричних, конічних або таких, що визначаються геометричним місцем дотичних безперервної просторової кривої) досліджуються в області диференціальної геометрії. Відомо також, що подвійні комбінації розгорнених поверхонь, які перетинаються, можна розгортати в суцільний лист без напущки, якщо стична площина у будь-якій точці кривої перетину буде ділити навпіл двогранний кут між дотичними площинами прийнятих розгортних поверхонь у цій точці. Таких комбінацій розгортних поверхонь може бути безмежна кількість, а тому неможливо математично описати конкретну конфігурацію такої поверхні. При виконанні розрахунків рукавоутворювачів одна з розгортних поверхонь задана або відома. Здебільшого: це конфігурація труби, тобто поперечний переріз рукава. Таким чином, використання властивостей розгортних поверхонь дає можливість за прийнятої кривої перетину, тобто кривої формувального контуру, визначити конфігурацію розгортної поверхні комірця. Крім цього, підчас конструювання рукавоутворювачів виникає потреба використовувати комбінації не тільки подвійні, але із будь-якої кількості розгортних поверхонь. А тому крива формувального контуру повинна відповідати додатковим умовам. В області розробки теорії, методів конструювання і технології

виготовлення рукавоутворювачів для пакувального обладнання відомі наукові праці таких вчених: О.М. Арапова, В.Ю. Жидоніса, В.М. Трубнікова, А.А. Марчукайтене, М. Frenzel, J. Kopp, К.Р. Linow.

Теоретичні нароби в області розрахунків рукавоутворювачів умовно можна поділити на два напрями. Перший: розраховується крива формувального контуру, а конфігурація напрямної поверхні комірця визначається або числовим методом, або експериментальним. Другий: задається вид напрямної поверхні комірця, а крива формувального контуру визначається із умови, що відповідні контури комірця і труби рукавоутворювача на загальній розгортці повинні співпадати. Як встановлено дослідженнями В.Ю. Жидоніса, перший напрям теоретичних розробок охоплює найбільш загальні випадки і розроблена теорія прийнятна для застосування під час проектування широкого кола рукавоутворювачів. Другий напрям є частковим випадком, але розроблена теоретична база є правильною і може бути використана для практичного застосування.

Конструювання пристроїв для утворення рукавів з поперечним перерізом у вигляді овалу.

Розрахункова схема овалоподібного рукавоутворювача представлена на рис.4.2.2., а на рис.4.2.4. викреслено поперечний переріз циліндричної частини. Даний овал симетричний тільки відносно однієї осі O_1O_2 який ділить овал на дві рівні частини. Кожна частина складається із дуг трьох кіл: M_1M_2 , M_2M_3 , M_3M_4 з радіусами R_1 , r , R_2 відповідно. На рис. буквою M позначено положення поточної точки овалу з координатами $(\rho > \phi)$.

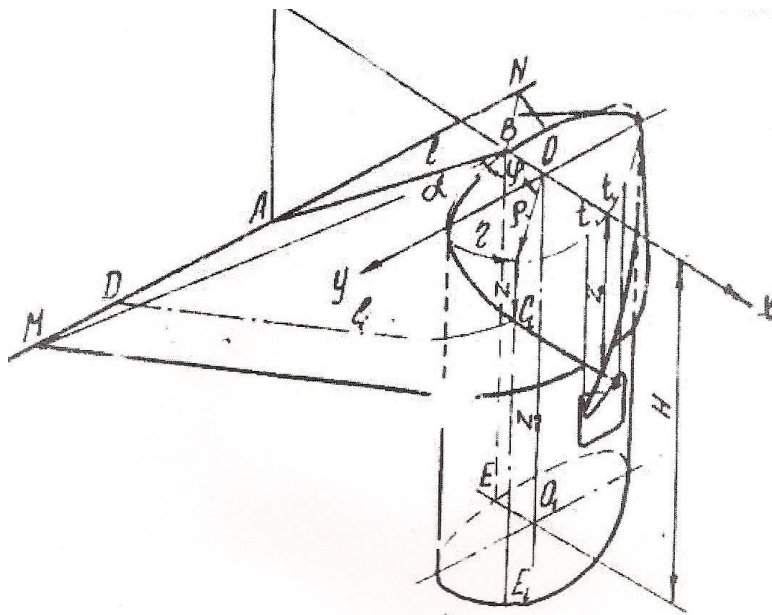


Рис.4.2.2 Розрахункова схема овалоподібного рукавоутворювача

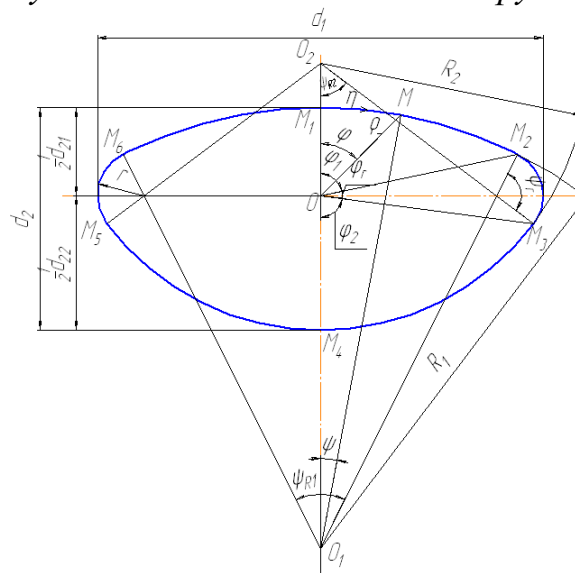


Рис.4.2.4. Поперечний переріз рукавоутворювача

Результати розрахунків. Проведені технологічні розрахунки підтверджують можливість досягнення необхідної продуктивності при використанні 4 дозувальних головок (за умови невеликого прискорення процесу наливу або прийняттого підвищення реальної продуктивності до ~1440 уп/год). Кінематичні розрахунки показали, що вибрані швидкості та прискорення знаходяться у прийнятних межах і не викликають порушення стабільності пляшок чи надмірного зносу механізмів. Силкові розрахунки приводів свідчать про достатній запас потужності електродвигунів (0,75 кВт для конвеєра, 1,1 кВт для насоса, 0,75 кВт сервоприводи для закупорки) – вони працюватимуть далеко від перевантаження, що позитивно вплине на ресурс. Визначено необхідні діаметри пневмоциліндрів і підтверджено, що споживання стисненого повітря є незначним. Міцнісні перевірки основних деталей конструкції не виявили зон, де напруження перевищують допустимі значення – всі елементи мають суттєвий запас міцності або можуть бути підсилені стандартними інженерними рішеннями (збільшення перерізу рами, додання ребер жорсткості тощо).

Таким чином, виконані розрахунки підтверджують працездатність розробленої конструкції та її відповідність заданим параметрам. У наступному розділі буде розглянуто детальніше кінематичний та динамічний аналіз, зосереджений на рухомих ланках механізмів.

РОЗДІЛ 5. МОНТАЖ, ЕКСПЛУАТАЦІЯ ОБЛАДНАННЯ І ДІАГНОСТИКА

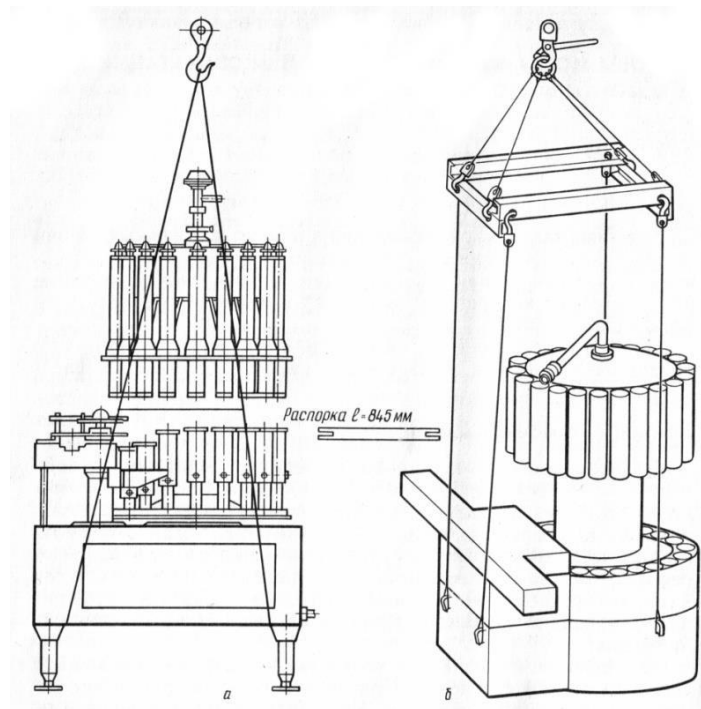
Монтаж, налагодження, обслуговування та ремонт високопродуктивної системи фасування рідкого харчового продукту у полімерні контейнери об'ємом 3 літри здійснюються у суворій відповідності до технічного опису та інструкції з експлуатації. Вся технічна документація містить детальні вказівки та технічні рекомендації для кожного з етапів робіт. У цьому розділі розглядаються загальні питання, що стосуються проведення монтажу, налагодження, обслуговування та ремонту системи.

5.1 Монтаж системи фасування у виробничу лінію

Залежно від конструктивних особливостей фасувальної системи, перед монтажем необхідно здійснити підготовку фундаментного майданчика. Поверхня має бути строго горизонтальною та обладнаною системою відведення рідин, що виникають у процесі санітарної обробки обладнання. У випадках, коли монтаж спеціального фундаменту не є обов'язковим, установка системи може здійснюватися безпосередньо на тверду, рівну підлогу виробничого приміщення.

Монтаж установки проводиться із застосуванням відповідного технологічного оснащення, що забезпечує точне позиціонування обладнання згідно з проєктним розташуванням у складі автоматизованої лінії фасування з продуктивністю до 1500 упаковок за годину.

<i>Відповідальна організація</i> НУХТ	<i>Технічне узгодження</i> Туфєкчі В.І.	<i>Вид документа</i> Пояснювальна записка		<i>Статус документа</i>		
<i>Власник документа</i> Кафедра МПТ	<i>Розробник документа</i> Калембет М.С.	<i>Назва, додаткова назва</i> РОЗДІЛ 5. МОНТАЖ, ЕКСПЛУАТАЦІЯ ОБЛАДНАННЯ І ДІАГНОСТИКА	612.КР.ПЗ			
	<i>Документ затверджено</i>		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> UA	<i>Аркуш</i>



*Рис.5.1 Схеми строповки фасувальних машин:
а-звичайна, б-з використанням спеціального пристрою*

Перед початком монтажу високопродуктивної фасувальної системи необхідно провести її ретельний огляд, розконсервацію та санітарну обробку. Розконсервація здійснюється шляхом промивання вузлів і поверхонь гарячою водою або спеціальними миючими розчинами з пасиваторами, після чого усі частини ретельно висушуються. Поверхні, що були на заводі-виробнику покриті захисним мастилом, дозволяється очищати гасом, витирати насухо та обробляти машинним маслом. Поверхні, які безпосередньо контактують із рідким харчовим продуктом, обов'язково промиваються содовим розчином і гарячою водою для забезпечення належного рівня гігієни.

Монтаж починається з установки машини на підготовлену монтажну площадку згідно з габаритним кресленням. Базова поверхня верхньої опорної плити станини обладнання повинна бути встановлена у строго горизонтальному положенні за допомогою регульованих опор, що знаходяться на нижній плиті станини. Після цього машина з'єднується з трубопроводом подачі рідкого продукту.

Для забезпечення стабільної подачі продукту на фасування, цехова система живлення повинна гарантувати постійний напір. Оптимальним рішенням є використання проміжної ємності з автоматичним регулятором рівня, через яку продукт надходить у витратний резервуар машини — це дозволяє підтримувати стабільність подачі та рівномірність дозування.

Особливу увагу слід приділити збереженню заводських налаштувань механізмів, які могли бути виконані на етапі попереднього тестування. Після встановлення обладнання здійснюється електричне підключення та приєднання до заземлювальної шини відповідно до вимог Правил улаштування електроустановок (ПУЕ), а також електротехнічної документації, з дотриманням усіх норм електробезпеки.

5.2 Технічне обслуговування

Належне технічне обслуговування фасувального обладнання має вирішальне значення для забезпечення його стабільної та безперебійної роботи при мінімальних простоях у виробництві. Раціональна організація обслуговування дозволяє зменшити кількість аварійних зупинок і продовжити термін експлуатації обладнання.

На сучасних підприємствах харчової промисловості, в тому числі при експлуатації фасувальних систем продуктивністю 1500 уп./год, як правило, впроваджується система планового технічного обслуговування та ремонту (ПТОР). Вона приходить на зміну застарілій системі планово-попереджувального ремонту (ППР) та базується на принципах систематичного контролю за станом обладнання, регулярного технічного огляду, профілактичної заміни зношених елементів та своєчасного усунення несправностей.

Технічне обслуговування фасувальної системи виконується згідно із заданою послідовністю та періодичністю, що визначається інструкцією з експлуатації обладнання, розробленою виробником.

Технічне обслуговування (ТО) — це сукупність організаційно-технічних заходів, спрямованих на підтримання працездатності фасувального обладнання під час його використання, зберігання або транспортування. Проведення ТО здійснюється як у робочому режимі, так і у стані спокою (наприклад, у дні дезінфекції), силами експлуатаційного та обслуговуючого персоналу, а також у разі потреби — представниками постачальника обладнання.

Система ПТОР (планового технічного обслуговування та ремонту) передбачає такі види робіт:

- Поточне технічне обслуговування (Т1, Т2 і т.д.) — регулярне виконання стандартних процедур контролю та дрібних регламентних робіт;
- Середній ремонт (С) — заміна або відновлення окремих вузлів і агрегатів, що втратили працездатність;
- Капітальний ремонт (К) — глибока ревізія або заміна ключових елементів обладнання для повного відновлення ресурсу системи.

Технічне обслуговування дозволяє своєчасно виявляти зношення деталей, усувати незначні несправності та підтримувати стабільну роботу фасувального обладнання продуктивністю 1500 уп./год. Особлива увага приділяється контролю стану основних функціональних вузлів, таких як дозатор, вузол герметизації, система подачі продукту та електромеханічні приводи.

У рамках технічного обслуговування здійснюється заміна, очищення або відновлення деталей, які піддаються інтенсивному зносу в процесі експлуатації. Усі роботи проводяться відповідно до нормативно-технічної документації та інструкцій заводу-виробника.

5.3 Ремонт фасувального обладнання

Ремонт фасувальної системи полягає у відновленні працездатності обладнання шляхом заміни або модернізації окремих елементів і механізмів. Основна мета ремонту — відновлення повної або часткової функціональності машини відповідно до її паспортних характеристик.

Ступінь складності ремонту визначається категорією, що залежить від технічних параметрів обладнання, складності конструкції та виробничо-технологічних особливостей. Для сучасних систем фасування рідких продуктів об'ємом 3 л, ремонтні заходи можуть включати:

- заміну вузлів, що входять до складу основних агрегатів;
- перевірку і калібрування дозувальних систем;
- ремонт або заміну приводів, клапанів, контролерів;
- налагодження систем управління та електронних модулів.

Залежно від обсягу робіт та їх тривалості, ремонт класифікується як агрегатний, коли обсяг і тривалість ремонтних дій оцінюються за трудовитратами ремонтного персоналу відповідних кваліфікацій.

Після завершення ремонту проводиться налаштування, пробний запуск та контрольна перевірка функціонування обладнання з фіксацією результатів у відповідній документації.

Граничне значення трудомісткості однієї ремонтної одиниці встановлено на рівні 34 людино-години — цей показник відповідає капітальному ремонту. Для технологічного обладнання системи фасування значення коефіцієнтів трудомісткості складають:

- Капітальний ремонт (К): 1,0 – що дорівнює 34,0 люд.-год.,
- Середній ремонт (С): 0,65 – 22,0 люд.-год. у середньому,
- Поточний ремонт (П): 0,2 – 7,0 люд.-год.

Словник системи ПТОР охоплює широке коло термінів, що регламентують організацію технічного обслуговування, планування та проведення ремонтів, методика обліку, оформлення документації та звітності при експлуатації фасувального обладнання. Періодичність технічного обслуговування та ремонту визначається як інтервал між поточним та наступним обслуговуванням (або ремонтом), що вимірюється часом або кількістю відпрацьованих годин. Вона встановлюється на основі нормативної документації та залежить від умов експлуатації.

Цикл технічного обслуговування (ремонт) — це мінімальний інтервал часу, протягом якого виконуються всі передбачені технічні процедури для забезпечення безпечної та ефективної роботи фасувальної системи. Він базується на чинних технічних і нормативно-правових актах. Планування ТО і ремонтів здійснюється відповідно до річних і місячних графіків, які враховують інтервали між обслуговуваннями та фактичні дані про навантаження на обладнання. Таке планування дозволяє уникнути аварійних простоїв і забезпечує стабільність фасувального процесу.

Організація технічного обслуговування потребує чіткого управлінського обліку та ведення документації, що включає:

- контроль фактичного часу роботи обладнання,
- реєстрацію технічного стану,
- фіксацію виконаних регламентних операцій,
- облік витрат часу і ресурсів на ремонти.

Це забезпечує відповідність технічного супроводу стандартам і вимогам проєктної документації в харчовій промисловості.

Типові роботи при ТО і ремонті фасувальних машин

До переліку робіт, які виконуються під час технічного обслуговування і поточного ремонту системи фасування рідких продуктів у полімерні ємності, належать:

612.КР.ПЗ	Інд. змін.	Дата видання	Мова UA	Аркуш
-----------	------------	--------------	------------	-------

- візуальний та функціональний технічний огляд агрегатів і вузлів машини;
- перевірка захисних елементів, муфт, валів і корпусних з'єднань на цілісність та герметичність;
- регулювання дозаторів, вузлів зупинки і подачі продукту;
- герметизація стиків та клапанів, зокрема систем зливу та дозування;
- налагодження системи змащення, перевірка рівня мастила та очищення фільтрів;
- заміна зношених деталей (ущільнень, прокладок, фітингів, патрубків тощо);
- налагодження електроприводів і пневматичних ліній, які відповідають за транспортування та герметизацію.

Поточний ремонт дозволяє відновити функціональність без повного демонтажу системи та без порушення її виробничого циклу. Після виконання ремонтних робіт проводиться пробний запуск обладнання та перевірка його роботи під навантаженням.

РОЗДІЛ 6. ТЕХНОЛОГІЯ МАШИНОБУДУВАННЯ

Розрахунок операції

Перехід 20.1 Потрібно торцювати поверхню $L=85$ мм

Приймаємо за глибину різання 2 мм.

Подача у табл. №17 $S=0,4\dots0,5$ мм/об. Звіряємо із даними паспорту і для верстата ми приймаємо $S=0,5$ мм/об.

Визначаємо що швидкість для різання табл. №20

$$V = \frac{C_V}{T^{0,2} \cdot t^{0,15} \cdot S^{0,4}} = \frac{279}{0,5^{0,2} \cdot 0,15^{0,15} \cdot 0,4^{0,4}} = 123,9 \quad 600,2 \cdot 0,15 \cdot \text{м/хв}$$

Потрібна і частота обертів для шпинделя верстата

$$n_B = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 123,9}{3,14 \cdot 170} = 654 \quad \text{об/хв}$$

Приймаємо що меншу і ближчу частоту обертів для шпинделя верстата $n_B=630$ об/хв. Дійсна величина для швидкості різання при таких обертах шпинделя

$$V_D = \frac{\pi \cdot d \cdot n_B}{1000} = \frac{3,14 \cdot 170 \cdot 630}{1000} = 108,9 \quad \text{м/хв}$$

Розрахункова довжина для оброблення щодо переходу

$$L = l_{ДЕТ} + l_1 + l_2 + l_3 = 85 + 2 + 2 = 89 \quad \text{мм}$$

$l_{ДЕТ}$ - це довжина деталі

l_1 - це підвід інструменту $l_1 = 2$ мм

l_2 - це врізання інструменту

l_3 - це перебіг інструменту

Основний час щодо виконання переходу

$$t_0 = \frac{L}{n \cdot S} = \frac{89}{630 \cdot 0,5} = 0,2 \quad \text{хв}$$

Відповідальна організація НУХТ	Технічне узгодження Туфєкчі В.І.	Вид документа Пояснювальна записка	Статус документа			
Власник документа Кафедра	Розробник документа Калембет М.С.	Назва, додаткова назва РОЗДІЛ 6. ТЕХНОЛОГІЯ МАШИНОБУДУВА ННЯ	612.КР.ПЗ			
МПТ	Документ затверджено		Інд. змін.	Дата видання	Мова UA	Аркуш

Допоміжний час щодо виконання переходу
 $t_{Д} = t_1 + t_2 = 0,1 + 0,12 = 0,22$ хв

$t_1 = 0,1$ хв – це допоміжний час, який пов'язаний безпосередньо із переходом для поперечного обточування з установленням різця по упору і на верстаті з висотою центрів до 200 мм за автоматичної подачі (табл.26).

$t_2 = 0,06 + 0,06 = 0,12$ хв – тоді допоміжний час на зміну частоти для обертів шпинделя і подачі.

Перехід 20.3 Потрібно розточити отвір $\varnothing 70 \times l = 40$ мм.

Приймаємо за глибину різання 2 мм.

Подача у табл. №17 $S = 0,4 \dots 0,5$ мм/об. Звіряємо із паспортними даними верстата і приймаємо $S = 0,5$ мм/об.

Визначаємо що швидкість різання табл. №20

$$V = \frac{C_V}{T^{0,2} \cdot t^{0,15} \cdot S^{0,4}} = \frac{223}{60^{0,2} \cdot 2^{0,15} \cdot 0,5^{0,4}} = 116,9 \text{ м/хв}$$

Потрібна і частота обертів шпинделя верстата

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 116,9}{3,14 \cdot 70} = 1240,9 \text{ об/хв}$$

Приймаємо що меншу ближчу частоту обертів шпинделя верстата $n_B = 1000$ об/хв.

Дійсна швидкість для різання при таких обертах шпинделя

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n_B}{1000} = \frac{3,14 \cdot 70 \cdot 1000}{1000} = 94,2 \text{ м/хв}$$

Розрахункова довжина для оброблення для переходу

$$L = l_{ДЕТ} + l_1 + l_2 + l_3 = 40 + 2 + 2 = 44 \text{ мм}$$

$l_{ДЕТ}$ - це довжина деталі

l_1 - це підвід інструменту $l_1 = 2$ мм

l_2 - це врізання інструменту

l_3 - це перебіг інструменту

Основний час для виконання переходу

$$t_0 = \frac{L}{n \cdot S_B} = \frac{44}{1000 \cdot 0,5} = 0,088 \text{ хв}$$

Допоміжний час для виконання переходу

$$t_D = t_1 + t_2 = 0,1 + 0,12 = 0,22 \text{ хв}$$

$t_1 = 0,1$ хв – це допоміжний час, пов'язаний безпосередньо цз переходом для поперечного обточування із установленням різця по упору на верстаті з висотою центрів до 200 мм при автоматичній подачі (табл.26).

$t_2 = 0,06 + 0,06 = 0,12$ хв – це допоміжний час на зміну частоти обертів шпинделя для подачі.

Перехід 20.4 Операція - зняти фаску $2 \times 45^\circ$.

Приймаємо за глибину різання 2 мм.

Подача у табл. №17 $S=0,4 \dots 0,5$ мм/об. Звіряємо із паспортними даними верстата та приймаємо $S=0,5$ мм/об.

Визначаємо що швидкість різання v у табл. №20

$$V = \frac{C_V}{T^{0,2} \cdot t^{0,15} \cdot S^{0,4}} = \frac{223}{60^{0,2} \cdot 2^{0,15} \cdot 0,5^{0,4}} = 116,9 \text{ м/хв}$$

Потрібна частота для обертів шпинделя верстата

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d_3} = \frac{1000 \cdot 116,9}{3,14 \cdot 70} = 1240,9 \text{ об/хв}$$

Приймаємо, що $n_B = 1600$ об/хв.

Дійсна швидкість для різання при таких обертах шпинделя

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n_B}{1000} = \frac{3,14 \cdot 70 \cdot 1000}{1000} = 94,2 \text{ м/хв}$$

Розрахункова довжина для оброблення для переходу

$$L = l_{DET} + l_1 + l_2 + l_3 = 2 + 2 + 1 = 5 \text{ мм}$$

$l_{ДЕТ}$ - це довжина деталі

l_1 - це підвід інструменту $l_1 = 2$ мм

l_2 - це врізання інструменту

l_3 - це перебіг інструменту

Основний час щодо виконання переходу

$$t_0 = \frac{L}{n_B \cdot S} = \frac{5}{1000 \cdot 0,5} = 0,01 \text{ хв}$$

Допоміжний час на виконання переходу

$$t_D = t_1 + t_2 = 0,05 + 0,12 = 0,17 \text{ хв.}$$

Перехід 30.1 Операція - торцювати поверхню $L=85$ мм

Приймаємо за глибину різання 2 мм.

Подача табл. №17 $S=0,4\dots0,5$ мм/об. Звіряємо з паспортними даними верстата і приймаємо $S=0,5$ мм/об.

Визначаємо, що швидкість різання табл. №20

$$V = \frac{C_V}{T^{0,2} \cdot t^{0,15} \cdot S^{0,4}} = \frac{279}{60^{0,2} \cdot 2^{0,15} \cdot 0,5^{0,4}} = 123,9 \text{ м/хв}$$

Потрібна частота обертів шпинделя верстата

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 123,9}{3,14 \cdot 85} = 654 \text{ об/хв}$$

Приймаємо, що більшу ближчу частоту обертів для шпинделя верстата $n_B=1250$ об/хв. Дійсна швидкість щодо різання при таких обертах шпинделя

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n_B}{1000} = \frac{3,14 \cdot 85 \cdot 630}{1000} = 108,9 \text{ м/хв}$$

Розрахункова довжина щодо оброблення для переходу

$$L = l_{ДЕТ} + l_1 + l_2 + l_3 = 85 + 2 + 2 = 89 \text{ мм}$$

$l_{ДЕТ}$ - це довжина деталі

l_1 - це підвід інструменту $l_1 = 2$ мм

l_2 - це врізання інструменту

l_3 - це перебіг інструменту

Допоміжний час щодо виконання переходу

$$t_d = t_1 + t_2 = 0,1 + 0,12 = 0,22 \text{ хв}$$

$t_1 = 0,1$ хв – це допоміжний час, пов'язаний безпосередньо з переходом для поперечного обточування із установленням різця по упору на верстаті з висотою центрів до 200 мм при автоматичній подачі (табл.26).

$t_2 = 0,06 + 0,06 = 0,12$ хв – за допоміжний час і зміну частоти обертів шпинделя та подачі.

Перехід 30.2 Точити поверхню $\varnothing 164 \times l=20$ мм

Приймаємо глибину різання 2 мм.

Подача табл. №17 $S=0,4\dots 0,5$ мм/об. Звіряємо з паспортними даними верстата і приймаємо

Потрібна частота обертів шпинделя верстата = 214 об/хв

Приймаємо меншу ближчу частоту обертів шпинделя верстата $n_v=200$

об/хв. Дійсна швидкість різання при таких обертах шпинделя

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n_B}{1000} = \frac{3,14 \cdot 164 \cdot 200}{1000} = 109,3 \text{ м/хв}$$

Розрахункова довжина оброблення для переходу

$$L = l_{DET} + l_1 + l_2 + l_3 = 20 + 2 + 2 = 24 \text{ мм}$$

l_{DET} -це довжина деталі

l_1 - це підвід інструменту $l_1 = 2$ мм

l_2 - це врізання інструменту

l_3 - це перебіг інструменту

Основний час щодо виконання переходу

$$t_0 = \frac{L}{n_B \cdot S} = \frac{24}{200 \cdot 0,5} = 0,22 \text{ хв}$$

Допоміжний час на для виконання переходу

$$t_D = t_1 + t_2 = 0,1 + 0,12 = 0,22 \text{ хв}$$

$t_1 = 0,1$ хв – допоміжний час, і пов'язаний безпосередньо із переходом для поперечного обточування із установленням різця по упору на верстаті із висотою центрів до 200 мм при автоматичній подачі (табл.26).

$t_2 = 0,06 + 0,06 = 0,12$ хв – за допоміжний час на зміну частоти обертів шпинделя та подачі.

Перехід 30.4 Точити потайку

Приймаємо за глибину різання 2 мм.

Подача у табл. №17 $S=0,4\dots0,5$ мм/об. Звіряємо із паспортними даними верстата та приймаємо $S=0,5$ мм/об.

Визначаємо швидкість із різання табл. №20

$$V = \frac{C_V}{T^{0,2} \cdot t^{0,15} \cdot S^{0,4}} = \frac{223}{60^{0,2} \cdot 2^{0,15} \cdot 0,5^{0,4}} = 116,9 \text{ м/хв}$$

Потрібна частота щодо обертів шпинделя верстата

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 116,9}{3,14 \cdot 164} = 214 \text{ об/хв}$$

Приймаємо меншу ближчу частоту щодо обертів шпинделя верстата $n_B=200$ об/хв. Дійсна швидкість для різання при таких обертах для шпинделя

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n_B}{1000} = \frac{3,14 \cdot 164 \cdot 200}{1000} = 109,3 \text{ м/хв}$$

Розрахункова довжина оброблення щодо переходу

$$L = l_{DET} + l_1 + l_2 + l_3 = 85 + 2 + 2 = 89 \text{ мм}$$

l_{DET} - це довжина деталі

l_1 - це підвід інструменту $l_1 = 2$ мм

l_2 - це врізання інструменту

l_3 - це перебіг інструменту

Основний час на подальше виконання переходу

$$t_0 = \frac{L}{n_B \cdot S} = \frac{89}{1000 \cdot 0,5} = 0,11 \text{ хв}$$

Допоміжний час щодо виконання переходу

$$t_D = t_1 + t_2 = 0,1 + 0,12 = 0,22 \text{ хв}$$

$t_1 = 0,1$ хв – допоміжний час, що пов'язаний безпосередньо із переходом для поперечного обточування з установленням різця по упору на верстаті з висотою центрів до 200 мм при автоматичній подачі (табл.26).

$t_2 = 0,06 + 0,06 = 0,12$ хв – це допоміжний час щодо зміни частоти обертів шпинделя і подачі.

Перехід 30.5 Зняти фаску $2 \times 45^\circ$.

Приймаємо за глибину різання 2 мм.

Подача із табл. №17 $S = 0,4 \dots 0,5$ мм/об. Звіряємо із паспортними даними верстата та приймаємо $S = 0,5$ мм/об.

Визначаємо і швидкість для різання табл. №20

$$V = \frac{C_V}{T^{0,2} \cdot t^{0,15} \cdot S^{0,4}} = \frac{223}{60^{0,2} \cdot 2^{0,15} \cdot 0,5^{0,4}} = 116,9 \text{ м/хв}$$

Потрібна частота для обертів шпинделя верстата

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi \cdot d} = \frac{1000 \cdot 116,9}{3,14 \cdot 70} = 1240,9 \text{ об/хв}$$

Приймаємо що $n_B = 1600$ об/хв.

Дійсна швидкість щодо різання при таких обертах шпинделя

$$V = \frac{\pi \cdot d \cdot n_B}{1000} = \frac{3,14 \cdot 70 \cdot 1000}{1000} = 94,2 \text{ м/хв}$$

Розрахункова довжина для оброблення для переходу

$$L = l_{DET} + l_1 + l_2 + l_3 = 2 + 2 + 1 = 5 \text{ мм}$$

l_{DET} - це довжина деталі

l_1 - це підвід інструменту $l_1 = 2$ мм

l_2 - це врізання інструменту

l_3 - перебіг інструменту

Основний час на виконання переходу

$$t_0 = \frac{L}{n \cdot S_B} = \frac{5}{1000 \cdot 0,5} = 0,01 \text{ хв}$$

Допоміжний час на виконання переходу

$$t_d = t_1 + t_2 = 0,05 + 0,12 = 0,17 \text{ хв.}$$

$$V_d = \frac{\pi D_\phi n_b}{1000} = \frac{\pi \cdot 50 \cdot 315}{1000} = 49,46 \text{ м/хв}$$

Визначаємо хвилинну подачу:

$$S_{хв} = S_{\text{об. фр}} \cdot n_b \cdot K/z_k$$

$$S_{хв} = 0,5 \cdot 318 \cdot 1/20 = 7,95$$

мм/хв Розрахункова довжина обробки :

$$L_p = L_d + L_1 + L_2 + L_3;$$

$$L_p = 15 + 3 + 2 = 20 \text{ мм}$$

де $L_1 = 2 \dots 3$ мм – підвід інструменту,

$L_2 = L_3 = 8$ мм – врізання і перебіг залежить від типу фрези (табл.39),

Основний час на перехід 40.1

$$T_o = L_p / S_{хв}$$

$$T_o = \frac{20}{7,95} \approx 2,5 \text{ хв}$$

Допоміжний час, який пов'язаний із переходом, для верстатів з довжиною стола 1250мм, автоматичним переміщенням, із установленою на розмір, $t_d = 0,09$ хв (табл.38). Тоді

$$T_d = 0,38 + 0,09 = 0,47 \text{ хв}$$

Перехід 50.1 Фрезеруємо зуби.

Знаходження геометричних даних для фрезерування в залежності від виду верстату і фрези:

Визначити геометричні дані інструменту

(довідник): Модульна фреза, швидкорізальна

сталь : $D_{\phi}=50\text{мм}$,

Вибираємо емпіричну формулу (критичної) швидкості різання чавуну

$$V_p = \frac{152}{T^{0.2} \cdot S^{0.3} \cdot m^{0.15}} = V = \frac{152}{120^{0.2} \cdot 0.5^{0.3} \cdot 13^{0.15}} = 49 \text{ м/хв}$$

де $T = 120\text{хв}$. – стійкість фрези (табл. 35);

Розрахункова частота обертання шпинделя:

$$n_{\phi} = \frac{1000V_p}{\pi D_{\phi}} = \frac{1000 \cdot 49}{\pi \cdot 50} = 318.5 \text{ об/хв}$$

Узгодити n_p з паспортними характеристиками верстату 53A50 і

приймаємо $n_b=315 \text{ об/хв}$.

Тоді дійсна швидкість обертання:

Оперативний час: $T_{\text{оп}} = T_o + T_d$

$$T_{\text{оп}} = 2,5 + 0,4$$

$$T = 2,97\text{хв}$$

Штучний час: $T_{\text{шт}} = T_{\text{оп}} + T_{\text{об}} + T_{\text{пер}}$

$T_{\text{об}}=0,045T_{\text{оп}}$ і $T_{\text{пер}}=0,06T_{\text{оп}}$ – відповідно, це допоміжний час на обслуговування робочого місця і на відпочинок та природні потреби, що беруться у відсотках оперативного часу (табл. 36)

$$T_{\text{шт}} = 2,97 + 0,045 \cdot 2,97 + 0,06 \cdot 2,97 = 3,28\text{хв}$$

$T_{пз}$ – підготовчо-завершувальний час, який згідно з табл. 36 визначається як сума часу для налагодження верстата (при кріпленні у лещатах із двома болтами кріплення – 14,7хв) та на одержання наряду, пристроїв, інструментів, - 7хв

$$T_{пз}=14,7+7=21,7\text{хв}$$

Тоді

$$T_k=3,28+21,7/315=3,35\text{хв}$$

Норма виробітку для (кількість деталей за год.):

$$N = \frac{60}{T_k} \text{ —}$$

За формулою ми визначаємо: $N=60/3,35=17.9$ деталей.

РОЗДІЛ 7. ОХОРОНА ПРАЦІ

7.1. Вступ.

Відповідно закону України про охорону праці основними принципами є пріоритет життя та здоров'я працівників. Основною законодавчою базою в Україні з охорони праці є Закон України „ Про охорону праці" та „ Кодекс законів про працю України". їх доповнюють державні міжгалузеві та галузеві нормативні акти (ДНАОП- Державні нормативні акти про охорону праці)- це стандарти, правила, норми, положення, статuti, інструктажі та інші документи, яким надано чинність правових норм.

Закон України „ Про охорону праці" був прийнятий 14 жовтня 1992 р. Верховною Радою. На протязі певного періоду в цей закон були внесені певні зміни, доповнення і на теперішній час він діє в повному редагуванні з 01.01.2004 р.

В статті цього закону дається визначення охорони праці, як систему правових, соціально-економічних, організаційно-технічних та лікувально-профілактичних методів та збереження здоров'я та працездатності в процесі праці. Дія цього закону розповсюджується на всі підприємства незалежно від форм власності, та на всіх громадян , що працюють на цих підприємствах. В зв'язку з цим необхідно забезпечити нормальні умови праці в процесі монтажу та експлуатації.

На підприємстві промисловості механічні травми в структурі нещасливих випадків складають 94,7 %, опіки – 5,3%. Найбільше було поранень м'яких тканин – 41,6 %, забитих місць – 25,3 %, переломів кісток скелету – 23,1 %. Вивихи, розтягання і деформації суглобів і прилягаючих м'язів відзначалися в 4,7 % випадків.

<i>Відповідальна організація</i> НУХТ	<i>Технічне узгодження</i> Туфєкчі В.І.	<i>Вид документа</i> Пояснювальна записка		<i>Статус документа</i>			
<i>Власник документа</i> Кафедра МПТ	<i>Розробник документа</i> Калембет М.С.	<i>Назва, додаткова назва</i> РОЗДІЛ 6. ОХОРОНА ПРАЦІ	612.КР.ПЗ				
	<i>Документ затверджено</i>		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> UA	<i>Аркуш</i>	

Здебільшого спостерігалися травми верхніх (50,5%) і нижніх (21,6%) кінцівок, ушкодження голови (11,1 %) випадків.

Велику частину причин виробничого травматизму на підприємстві складають організаційні (41,1 %) і особисті (41%), меншу – технічні (9,5 %) і санітарно-гігієнічні (8,4 %).

Серед організаційних причин найбільше число склало недотримання працюючими правил по техніці безпеки – 37,4 %, у групі особистих причин виділяється необережність працюючих – 37,9 %, В основному нещасні випадки (58,9 %) виникають у цехах основного виробництва при обслуговуванні діючого устаткування, під час ремонту і регулювання механізмів. При переміщенні сировини, вантажів і їхньому завантаженню відбувається 17,9 % нещасливих випадків. В допоміжних цехах зареєстровано 23,2 % виробничих травм, на території підприємства - 10,5, на транспортних засобах – 74 %.

При аналізі статистичного матеріалу виявлені визначені закономірності в розподілі травматизму по днях тижня: у середу (21 %), потім йде поступове зниження числа травм: четвер – 17,4%, п'ятниця – 14,2, субота – 11,1, неділя – 7,9 %. У понеділок і вівторок число травм збільшується і складає відповідно 13,7 і 14,7 %.

7.2. Служба ОП на підприємстві

Для виконання правових, організаційно-технічних, санітарно-гігієнічних, соціально-економічних і лікувально-профілактичних заходів, спрямованих на запобігання нещасним випадкам професійним захворюванням і аваріям в процесі праці на виробництві діє сучасна служба охорона праці.

Основними заходами, що розробляє і втілює служба охорони праці є:

1. Створення ефективної системи управління охороною праці підприємства (СУОГ), яка б сприяла удосконаленню діяльності кожного структурного підрозділу і кожної посадової особи.

2. Здійснення оперативного-методичного керівництва роботою з охорони праці.
 3. Розробка разом з структурними підрозділами заходів щодо забезпечення норм безпеки, гігієни праці та виробничого середовища або їх підвищення, якщо вони досягнуті, а також підготовка розділу "Охорона праці" у колективному договорі.
 4. Розробка методики запровадження інструктажу з питань охорони праці і його проведення.
 5. Забезпечення працюючих правилами, стандартами, нормами, положеннями, інструкціями і іншими нормативними актами.
 6. Проведення паспортизації цехів, дільниць, робочих місць щодо відповідності їх вимогам охорони праці.
 7. Здійснення оперативного і поточного контролю за станом охорони праці підприємства.
 8. Розслідування, облік, аналіз нещасних випадків професійних захворювань і аварій, а також розрахунок шкоди від цих подій.
 9. Участь у підготовці та складанні статистичних звітів підприємства з питань охорони праці.
 10. Розробка перспективних та поточних планів роботи підприємства щодо створення безпечних та нешкідливих умов праці.
 11. Планування та контроль витрат коштів на охорону праці з фонду охорони праці.
 12. Пропаганда і агітація безпечних і нешкідливих умов праці шляхом проведення консультацій, конкурсів, бесід, лекцій, наочної агітації та роботи методичного кабінету.
 13. Організація навчання, підвищення кваліфікації та перевірки знань з питань охорони праці посадових осіб.
- Участь в роботі комісії з питань охорони праці підприємства та допомога в опрацюванні необхідних матеріалів та реалізації їх

рекомендації.

15. Участь в комісії по введенню в дію цехів, дільниць, нового устаткування або після його капітального ремонту.

16. Забезпечення працюючих колективними та індивідуальними засобами захисту від шкідливих та небезпечних факторів виробництв", лікувально- профілактичним харчуванням, миючими засобами, санітарно- побутовими приміщеннями, надання передбачених законодавством пільг і компенсацій, пов'язаних із важкими і шкідливими умовами праці

17. Контроль за додержанням вимог трудового законодавства щодо використання праці неповнолітніх, інвалідів та жінок, проходженням попередніх, періодичних, щорічних обов'язкових та інших передбачених відповідними документами медичних оглядів працівниками підприємства.

18. Контроль за відповідність нормативним актом про охорону праці машин, механізмів устаткувань, транспортних засобів, технологічних процесів, засобів проти аварійного колективного та індивідуального захисту працюючих, наявність технологічної документації на робочих місцях.

7.3. Аналіз шкідливих та небезпечних виробничих факторів при експлуатації Умовні позначення шкідливих і небезпечних

чинників:

Ш - шум

В - вібрація

Е - електробезпека Мт - механічні травми Т – тепловиділення

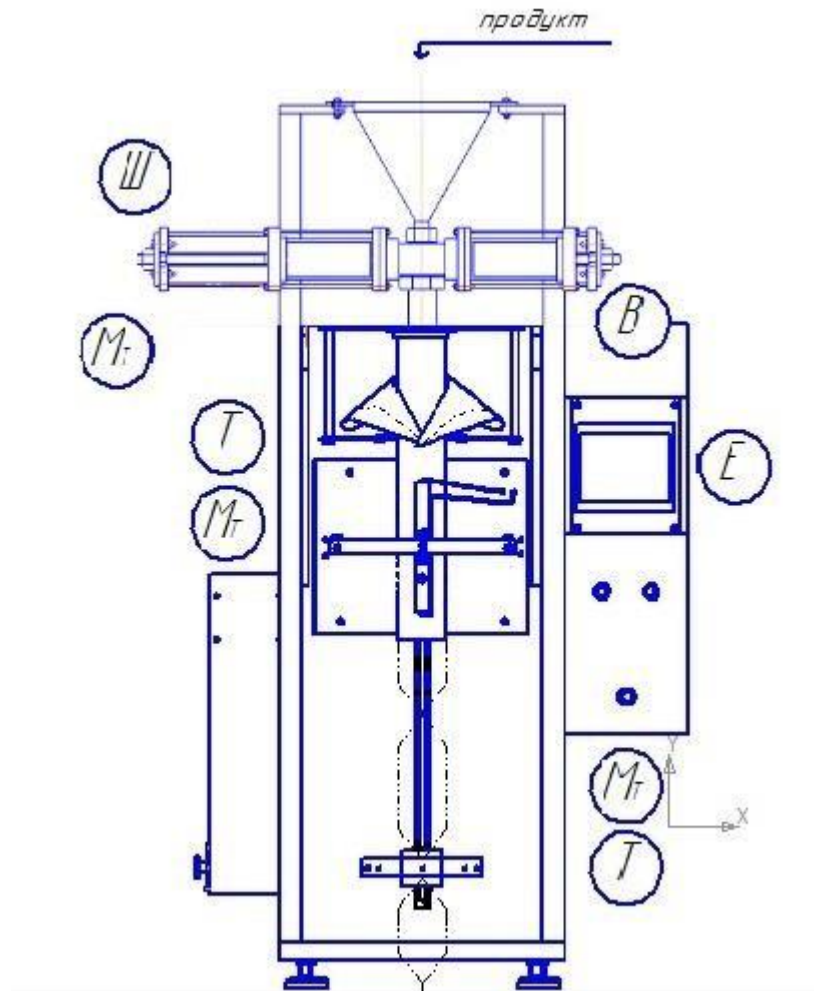


Рис.7.1. Технологічна схема.

7.4. Мікроклімат

Для забезпечення здорових безпечних умов праці оточуюче повітряне середовище на виробництві повинно відповідати встановленим санітарно-гігієнічним нормативам. Серед цих нормативів особливе значення належить метеорологічним умовам на робочому місці, так як для харчових виробництв є характерним виділення теплоти та вологи.

Нормовані величини температур, відносної вологості і швидкості руху повітря в робочій зоні виробничого приміщення

6.5. Шум

Одним із найбільш розповсюджених негативних факторів, які впливають на людину, являється шум. Він завдає великої шкоди

здоров'ю та виробничій діяльності людини. В результаті втрати, що виникає під дією шуму, збільшується кількість помилок при роботі, підвищується загроза виникнення травм, знижується продуктивність праці.

Все це є однією з причин збільшення економічних утрат.

При роботі автомата для фасування в'язких продуктів в полімерну тару виникає такий шкідливий фактор, як шум створений як роботою пневмоциліндрів, так і тертям металічних частин в механізмах що входять у склад машини. Для визначення шумових характеристик технологічного обладнання можна використовувати чотири методи.

Перший метод - метод вільного звукового поля, який застосовується в заглушених камерах, в приміщеннях із великим звукопоглинанням чи у відкритому просторі.

Наступний метод - це метод зразкового джерела шуму, який можна застосовувати у звичайних приміщеннях та цехах.

Останній метод - метод вимірювання шумових характеристик на відстані 1 м від зовнішнього контуру машини, який застосовується в заглушених камерах, у приміщеннях із великим звукопоглинанням або у відкритому просторі.

Зниження шуму методом звукопоглинання оснований на переході енергії звукових коливань частинок повітря в теплоту завдяки втратам на тертя в порах звукопоглинаючого матеріалу. Чим більше коливається енергія, тим менше її відбивається назад в приміщення.

Шкідливий вплив шуму є причиною багатьох серйозних захворювань, діючі на нервову систему. Шум викликає передчасну втому, послаблює увагу, пам'ять, заважає нормальному відпочинку та відновленню сил.

У випадках, коли зменшити шум до допустимої величини загально технічними заходами неможливо, застосовують засоби

індивідуального захисту (ЗІЗ). "Антифони"; каска протишумова ВЦНПОТ-2; навушники протишумові ПШ-00 і деякі інші. Вкладиші, які виготовлені з перхлорвинілу типу ФПП, найбільш зручні, завдяки еластичній структурі та малому діаметру волокон вони не руйнують шкіру зовнішнього слухового каналу. Такі вкладиші еластичні і, заповнюють слуховий канал і не здійснюють неприємної дії на нього

6.6. Вібрація

Збільшення потужностей та швидкостей переміщення за рахунок модернізації автомату призводять до небажаних явищ, таких як вібрація. Вібрація не тільки погіршує самопочуття працюючих і знижує продуктивність праці, а й можуть призвести до серйозних патологічних змін організму людини. Комплексна механізація й автоматизація підприємства є радикальним способом позбавлення людини від шкідливого впливу вібрацій.

Органи відчуття людини приймають не миттєве значення параметрів вібрацій, а діюче.

Джерелом підвищення рівня на даній ділянці є електродвигун дозатора. Зони з рівнем звуку вище 85Дба повинні бути позначені знаком небезпеки. Працюючих в цих зонах повинні забезпечити засобами індивідуального захисту.

6.7. Електробезпека

Для обмеження можливості попадання обслуговуючого персоналу під небезпечну для життя напругу в проекті передбачено захисні заходи.

Запроектоване захисне заземлення всіх металевих неструмоведучих частин електрообладнання (корпусів електродвигунів, щитків і пультів управління, металевих оболонок, кабелів та ін.) які можуть перебувати під напругою в результаті пошкодження ізоляції.

612.КР.ПЗ	Інд. змін.	Дата видання	Мова UA	Аркуш
-----------	------------	--------------	------------	-------

6.8. Заходи Протипожежної Профілактики

У виробничих приміщеннях усі двері повинні відчинятися в напрямку до виходу з приміщення. На випадок виникнення пожежі є схема евакуації, в усіх будівлях знаходяться пожежні щити і є забезпеченість вогнегасниками.

По пожежній небезпеці сирний цех відноситься до категорії “Д” (Оброблення негорючих речовин та матеріалів у холодному стані).

В цеху передбачено аварійний вихід обладнаний природнім та аварійним освітленням.

Цех обладнаний автоматичною системою пожежної сигналізації, а також використовуються вогнегасники типу ОХП-10. Два резервуари ємністю 1000 л передбачені для гасіння пожежі.

Для безпечної експлуатації автомату по пожежній безпеці висуваються наступні вимоги:

- дотримання режиму роботи автомату відповідно паспортних даних і технологічного регламенту;
- оснащення автомату пристроями для запобігання накопичення статичної електрики;
- дотримання терміну своєчасного змащування відповідними мастилами, що відповідають технічній характеристиці автомата, для запобігання підвищенню температури підшипників (не вище 60°C);
- установа на обладнанні граничних норм завантаження, швидкої переробки;
- виключення вогневих робіт з одночасним розбиранням обладнання; дотримання своєчасного проведення оглядів, профілактичного випробування і планово-попереджувального ремонту.

ВИСНОВКИ

У процесі виконання даної бакалаврської дипломної роботи вирішено комплекс завдань з проектування високопродуктивної системи фасування рідкого харчового продукту (соку) у 3-літрові полімерні контейнери з продуктивністю 1500 упаковок на годину. За результатами проведених досліджень, аналізів та розрахунків можна сформулювати наступні основні висновки:

- **Розроблено конструкцію автоматизованої лінії розливу соку,** яка включає всі необхідні підсистеми: подачу порожньої тари, її точне дозування/наповнення соком, герметичне закупорювання кришками, транспортування готових пляшок, а також інтегровану СІР-систему для автоматичного санітарного очищення обладнання. Новизна конструктивної пропозиції полягає у поєднанні багатопотокового дозування (4 одночасні лінії наливу) з гнучким електронним контролем об'єму, що дозволило досягти продуктивності ~1500 уп/год при високій точності дозування (похибка $\leq \pm 0,5\%$).
- **Виконано аналітичний огляд і критичний аналіз існуючих технологій та машин для фасування напоїв у великі полімерні ємності.** Виявлено, що традиційні рішення мають недоліки (складність конструкції, недостатня гнучкість переналаштування, тривалі простої на мийку), які успішно усунуто у запропонованому проекті. Зокрема, інтеграція СІР-системи та модернізація вузла закупорювання згідно з патентними напрацюваннями підвищили гігієнічність і продуктивність лінії.

<i>Відповідальна організація</i> НУХТ	<i>Технічне узгодження</i> Туфєкчі В.І.	<i>Вид документа</i> Пояснювальна записка		<i>Статус документа</i>		
<i>Власник документа</i> Кафедра МПТ	<i>Розробник документа</i> Калембет М.С.	<i>Назва, додаткова назва</i> ВИСНОВКИ	612.КР.ПЗ			
	<i>Документ затверджено</i>		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> UA	<i>Аркуш</i>

- **Обґрунтовано техніко-економічну доцільність** впровадження розробленої системи. Встановлено, що в порівнянні з наявними менш продуктивними установками, нова лінія забезпечить збільшення випуску продукції на ~200–300% та зниження собівартості фасування на ~15% за рахунок економії трудових ресурсів і втрат продукту. Орієнтовний строк окупності капіталовкладень – 2,5 роки, що підтверджує економічну ефективність проекту.

- **Виконано повний комплекс інженерних розрахунків:** визначено оптимальну кількість дозувальних головок (4 шт) та цикл фасування (~9,6 с) для досягнення необхідної продуктивності; розраховано параметри руху механізмів (швидкість конвеєра ~0,5 м/с, час наливу ~8–10 с, час закупорювання ~2 с), підбрано відповідні приводи (0,75 кВт мотор-редуктор для конвеєра, 1,1 кВт насос, 2×0,75 кВт серводвигуни для закупорки). Силові та міцнісні розрахунки показали, що вибрані компоненти працюватимуть з достатнім запасом міцності та надійності: напруження в основних деталях не перевищують 30% від допустимих, що гарантує довговічність конструкції.

- **Проведено кінематичний і динамічний аналіз механізмів.** Підтверджено синхронну та плавну роботу всіх вузлів без ударних навантажень. Розроблена циклограма забезпечує перекриття операцій наливу і закупорювання, завдяки чому досягнуто високого використання часу циклу. Вжито заходів для мінімізації динамічних впливів (плавний пуск/стоп привода, демпфери на циліндрах, амортизація конвеєра), що зменшує вібрації та шум обладнання.

- **Розроблено технологічний процес виготовлення ключової деталі – корпусу дозувального клапана.** Запропоновано виготовлення зі сталевого прутка з використанням токарно-фрезерних операцій, свердління, хонінгування та полірування до дзеркальної чистоти

поверхні. Описаний маршрут обробки забезпечує необхідну точність (IT7) та якість ($Ra \leq 0,8$) поверхонь, що контактують з продуктом, відповідно до гігієнічних норм. Підбрано оснащення та режими різання для нержавіючої сталі, наведено рекомендації з контролю якості деталі.

- **Розроблено заходи з монтажу, обслуговування, діагностики та ремонту обладнання.** Сформовано послідовність монтажних робіт (встановлення рами, юстирування механізмів, підключення комунікацій), регламенти щоденного та періодичного технічного обслуговування (CIP-мийка, огляд та змащення вузлів, планова заміна ущільнень). Розглянуто типові несправності та способи їх діагностики (датчики, приводи, протікання) і приведено рекомендації щодо оперативного усунення неполадок. Це забезпечує мінімальні простой лінії та підтримання її працездатності протягом всього життєвого циклу.

- **Спроектовано сучасну систему автоматичного керування** на базі ПЛК, що гарантує точну координацію всіх дій машини, гнучкість налаштувань і високу безпеку. Реалізовано людино-машинний інтерфейс з інтуїтивно зрозумілою панеллю оператора та системою сигналізації. Всі критичні параметри процесу контролюються датчиками (об'єм дози, наявність тари, тиск, рівень тощо) з відповідним зворотним зв'язком на контролер, що дозволило автоматизувати не тільки основні операції, а й процес CIP-очищення. Система керування відповідає вимогам промислових стандартів (в т.ч. підтримує інтеграцію в мережу підприємства, віддалений моніторинг) і оснащена багаторівневими захистами (механічними і програмними) від аварійних ситуацій.

- **Приділено особливу увагу питанням охорони праці та екології.** Конструкція лінії та технологія її експлуатації розроблені згідно з нормативами безпеки: усі рухомі частини огорожені і обладнані

блокуваннями, електрообладнання заземлене і захищене від перевантажень, передбачено засоби індивідуального та колективного захисту персоналу (витяжна вентиляція при СІР, аварійні вимикачі, попереджувальна сигналізація). Аналіз умов праці показав, що після впровадження нашої системи вони відповідатимуть чинним стандартам (рівні шуму, вібрацій, хімічних факторів – в межах норм). Проектне рішення відповідає критеріям гігієнічного дизайну (матеріали і конструкція, що легко очищуються, виключають накопичення продукту) irbis-nbuv.gov.ua, що гарантує харчову безпеку кінцевого продукту. З екологічної точки зору лінія характеризується низьким рівнем відходів (завдяки точності дозування і замкнутому циклу СІР) та економним використанням ресурсів (електроенергії, води), відповідаючи концепції екологічно чистого виробництва.

Таким чином, поставлена мета дипломної роботи досягнута повністю. Розроблена система фасування соку відповідає заданим технічним вимогам і параметрам, відрізняється високою продуктивністю, точністю і надійністю, а також відповідає критеріям безпеки та якості, підтвердженим посиланнями на державні стандарти і результати розрахунків. Практична реалізація проекту дозволить підвищити ефективність виробництва соків, знизити витрати і забезпечити споживачів якісною продукцією у зручній великій упаковці. Отримані в ході роботи навички і результати можуть бути застосовані і для проектування подібних систем фасування інших рідких продуктів харчування.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. **ДСТУ 9125:2021** – Консерви. Соки та нектари фруктові. Технічні умови. – Київ: ДП “УкрНДНЦ”, 2021. (Національний стандарт України, що встановлює вимоги до якості та безпечності фруктових соків і нектарів).

2. **ДСТУ EN 1672-1:2008** – Обладнання для харчової промисловості. Вимоги щодо безпеки. – Київ: ДЕРЖСПОЖИВСТАНДАРТ, 2008. (Аналог EN 1672-1: підкреслює принципи забезпечення безпеки операторів при експлуатації харчового обладнання).

3. **ДСТУ EN 1672-2:2008** – Обладнання для харчової промисловості. Вимоги щодо гігієни. – Київ: ДЕРЖСПОЖИВСТАНДАРТ, 2008. (Стандарт гігієнічного дизайну харчового обладнання, регламентує вибір матеріалів, конструктивні елементи для полегшення очищення).

4. **ISO 22000:2018** – Food safety management systems – Requirements for any organization in the food chain. – Geneva: ISO, 2018. (Міжнародний стандарт систем управління безпечністю харчових продуктів; у проекті враховані його принципи щодо контролю критичних точок при фасуванні).

5. **How does CIP (Clean-in-Place) work?** – IC Filling Systems [Електронний ресурс] – 2020. – Режим доступу: <https://www.icfillingsystems.com/cip-cleaning-in-place-filling-machines/> – (Описано принцип дії CIP: етапи ополіскування, лужної мийки, дезінфекції та значення CIP для гігієни виробництва)

<i>Відповідальна організація</i> НУХТ	<i>Технічне узгодження</i> Туфєкчі В.І.	<i>Вид документа</i> Пояснювальна записка		<i>Статус документа</i>		
<i>Власник документа</i> Кафедра МПТ	<i>Розробник документа</i> Калембет М.С.	<i>Назва, додаткова назва</i> СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	612.КР.ПЗ			
	<i>Документ затверджено</i>		<i>Інд. змін.</i>	<i>Дата видання</i>	<i>Мова</i> UA	<i>Аркуш</i>

6. **Сучасні технології фасування напоїв.** // Журнал “Упаковка”, №1, 2015. – С.34-38. (Оглядовий матеріал про тенденції фасування напоїв у скляну, полімерну тару; наголошено на важливості стерильного розливу для продовження терміну зберігання продукту)irbis-nbuv.gov.ua.

7. **Корисна модель UA (№ заявки: u2016**) **** – Машина для розливу рідини у пляшки (3-10 л) / Заявник: ____, 2016. – (Українська корисна модель, згідно тексту автореферату описує триблок розливу з спрощеною конструкцією; її рішення використано як орієнтир при модернізації нашої лінії).

8. **Летуґа Т.М., Татар Л.В.** Пакувальні матеріали і тара в харчовій індустрії: Опорний конспект лекцій. – Харків: ХДУХТ, 2017. – 133 с. (Навчальний посібник, містить класифікацію харчової тари, вимоги до неї, в т.ч. згадується зростання частки ПЕТ-тари в напоях і особливі вимоги до гарячого розливу).

9. **Рабошапка О.Ю.** Модернізація лінії розливу моторного мастила: Магістерська дис... – КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2019. – 120 с. (В роботі проаналізовано процес фасування технічних рідин; наведено приклади, як упаковка впливає на логістику та маркетинг, а також здійснено патентний пошук із суміжної тематики укупорювання).

10. **Правила охорони праці для підприємств харчової промисловості.** НПАОП 15.0-1.01-2018 – Наказ Мінсоцполітики №333 від 20.04.2018. – (Нормативний акт, що регламентує вимоги з охорони праці для харчового виробництва; застосовано при аналізі безпечності робочих місць на лінії фасування).