

**Міністерство освіти і науки України**  
**Луцький національний технічний університет**  
**Факультет транспорту та механічної інженерії**  
**Кафедра галузевого машинобудування**

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**  
**ЗА СТУПЕНЕМ ВИЩОЇ ОСВІТИ «БАКАЛАВР»**

**ПРОЕКТУВАННЯ ПАКУВАЛЬНОГО**  
**УСТАТКУВАННЯ**

спеціальність 133 Галузеве машинобудування

освітня програма Галузеве машинобудування

Виконав: здобувач вищої освіти  
групи М-41  
**Бурчак Андрій Вікторович**

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Керівник:  
к.т.н., доцент  
Селезньов Дмитро Едуардович

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Кваліфікаційну роботу  
допущено до захисту  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.  
к.т.н., доцент  
Гарант освітньої програми:  
Пуць Віталій Степанович

\_\_\_\_\_  
(підпис)

Луцьк – 2023 року

# ЛУЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет транспорту та механічної інженерії  
Кафедра галузевого машинобудування  
Ступінь вищої освіти: бакалавр  
Галузь знань: 13 Механічна інженерія  
Спеціальність: 133 Галузеве машинобудування  
Освітня програма: «Галузеве машинобудування»

ЗАТВЕРДЖУЮ:  
Завідувач кафедри  
Пуць Віталій Степанович  
« \_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2023 р.

## З А В Д А Н Н Я НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧУ ВИЩОЇ ОСВІТИ

*Бурчак Андрій Вікторович*

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема кваліфікаційної роботи *Проектування пакувального устаткування*

Керівник роботи: Селезньов Д.Е.

затверджені наказом вищого навчального закладу від «28» грудня 2022 р. №993/01-02

2. Строк подання здобувачем вищої освіти кваліфікаційної роботи «08» червня 2023 р.

3. Вихідні дані до роботи базові креслення устаткування, технічна характеристика, \_\_\_\_\_  
технічні умови.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, що потрібно розробити):

*Анотація Зміст Вступ. 1 Оглядова частина. 2 Проектна частина*

*3 Рекомендації з експлуатації обладнання. Висновки. Список джерел посилання. Додатки*

5. Перелік графічного матеріалу:

*1. Машина для пакування товарів. Вид загальний – 2 л. ф. А1;*

*2. Конвеєр подачі продукції. Складальний кресленик – 1 л. ф. А1;*

*3. Механізм розмотування. Складальний кресленик – 1 л. ф. А1;*

*4. Механізм обмотування. Складальний кресленик – 1 л. ф. А1;*

*5. Конвеєр відводу продукції. Складальний кресленик – 1 л. ф. А1;*

## 6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис	
		завдання видав	завдання прийняв
Розділ 1	Селезньов Д.Е., доцент		
Розділ 2	Селезньов Д.Е., доцент		
Розділ 3	Селезньов Д.Е., доцент		

7. Дата видачі завдання «28» грудня 2022 р.

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи бакалавра	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1.	<i>Обґрунтування теми. Вступ.</i>	<i>28.01.2023 р.</i>	
2.	<i>1 Оглядова частина</i>	<i>25.02.2023 р.</i>	
3.	<i>2 Проектна частина</i>	<i>06.05.2023 р.</i>	
4.	<i>3 Рекомендації з експлуатації обладнання</i>	<i>27.05.2023 р.</i>	
5.	<i>Формування списку використаних джерел</i>	<i>03.06.2023 р.</i>	
6.	<i>Формування додатків</i>	<i>06.06.2023 р.</i>	
7.	<i>Оформлення пояснювальної записки та графічної частини</i>	<i>08.06.2023 р.</i>	
8.	<i>Нормоконтроль</i>	<i>08.06.2023 р.</i>	
9.	<i>Інструментальна перевірка на академічний плагіат</i>	<i>02.06.2023 р.</i>	
10.	<i>Представлення кваліфікаційної роботи бакалавра до захисту</i>	<i>14.06.2023 р.</i>	

Здобувач вищої освіти \_\_\_\_\_ ( \_\_\_\_\_ )  
(підпис) (прізвище, ініціали)Керівник кваліфікаційної роботи \_\_\_\_\_ ( \_\_\_\_\_ )  
(підпис) (прізвище, ініціали)

## АНОТАЦІЯ

Бурчак А.В. Проектування пакувального устаткування. Рукопис.

Кваліфікаційна робота бакалавра ОП «Галузеве машинобудування» спеціальності 133 Галузеве машинобудування. Луцький національний технічний університет. Луцьк, 2023.

Кваліфікаційна робота бакалавра складається з вступу, аналітичної частини, проектної частини, розділу рекомендацій з експлуатації обладнання, висновків і пропозицій, списку використаних джерел, додатків.

У роботі проведено порівняння плівок, особливості виробництва, пакування тарою із пінопласту та огляд обладнання для пакування в лотки, які покриваються плівкою. Спроековано конструкцію вузлів устаткування, розроблено принцип роботи автомата, технологічної схеми та карти автомата, структурної і кінематичної схеми автомата. Розраховано пневмопривід механізму піднімального столика, привід механізму повздовжнього переміщення плівки, пневмопривід механізму поперечного розтягування плівки. Проведено розрахунок на міцність вісі привідного конвеєра подачі продукції та розрахунок на міцність привідного вала конвеєра відводу продукції, кінематичний розрахунок конвеєра подачі виробів та конвеєра відводу продукції, а також динамічний розрахунок механізму розмотування стреч-плівки та механізму фіксування рулону. Подано рекомендації з експлуатації обладнання.

Ключові слова: ПАКУВАННЯ, СТРЕЧ-ПЛІВКА, ПЕРЕМІЩЕННЯ, КОНВЕЄР, ПРОДУКЦІЯ, УПАКОВКА, ЗВАРЮВАННЯ.

## SUMMARY

Burchak A.V. Designing of packaging equipment. Manuscript.

Bachelor's qualification work of OP "Industrial Engineering" specialty 133 Industrial Mechanical Engineering. Lutsk National Technical University. Lutsk, 2023.

The bachelor's qualification work consists of an introduction, an analytical part, a project part, a section on equipment operation recommendations, conclusions and proposals, a list of used sources, and appendices.

The work compares films, features of production, packaging with foam plastic containers, and reviews equipment for packaging in trays covered with film. The design of the equipment nodes was designed, the principle of operation of the machine, technological scheme and map of the machine, structural and kinematic scheme of the machine were developed. The pneumatic drive of the mechanism of the lifting table, the drive of the mechanism of longitudinal movement of the film, the pneumatic drive of the mechanism of transverse stretching of the film are calculated. The calculation of the strength of the axis of the drive conveyor of the product supply and the calculation of the strength of the drive shaft of the product removal conveyor, the kinematic calculation of the product supply conveyor and the product removal conveyor, as well as the dynamic calculation of the stretch film unwinding mechanism and the roll fixing mechanism were carried out. Recommendations for the operation of the equipment are provided.

Keywords: PACKAGING, STRETCH FILM, MOVEMENT, CONVEYOR, PRODUCTS, PACKAGING, WELDING.

## ЗМІСТ

<b>АНОТАЦІЯ</b> .....	3
<b>ЗМІСТ</b> .....	5
<b>ВСТУП</b> .....	6
<b>1 ОГЛЯДОВА ЧАСТИНА</b> .....	9
1.1 Порівняння плівок, особливості виробництва.....	9
1.2 Пакування тарою із пінопласту.....	13
1.3 Огляд обладнання для пакування в лотки, які покриваються плівкою.....	14
<b>2 ПРОЄКТНА ЧАСТИНА</b> .....	21
2.1 Конструкція вузлів устаткування.....	21
2.2 Принцип роботи автомата.....	23
2.3 Розробка технологічної схеми та карти автомата.....	23
2.4 Проєктування структурної і кінематичної схеми автомата.....	26
2.5 Розрахунок пневмоприводу механізму піднімального столика.....	28
2.6 Розрахунок пневмоприводу механізму повздовжнього переміщення плівки.....	31
2.7 Розрахунок пневмоприводу механізму поперечного розтягування плівки.....	33
2.8 Розрахунок на міцність вісі привідного конвеєра подачі продукції.....	34
2.9 Розрахунок на міцність привідного вала конвеєра відводу продукції.....	37
2.10 Вибір підшипників.....	40
2.11 Кінематичний розрахунок конвеєра подачі виробів.....	41
2.12 Динамічний розрахунок механізму розмотування стреч-плівки.....	44
2.13 Динамічний розрахунок механізму фіксування рулону.....	46
2.14 Кінематичний розрахунок конвеєра відводу продукції.....	48
<b>3 РЕКОМЕНДАЦІЇ З ЕКСПЛУАТАЦІЇ ОБЛАДНАННЯ</b> .....	51
3.1 Уникнення виробничого травматизму на дільниці.....	51

										Арк.
										5
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	КРБ 0037.00.00.00.000 ПЗ					

3.2 Санітарні умови на ділянці .....	48
3.3 Рекомендації з техніки безпеки при користуванні обладнанням .....	53
3.4 Шум, вібрація та вентиляція в робочому приміщенні .....	54
<b>ВИСНОВКИ</b> .....	<b>57</b>
<b>СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ</b> .....	<b>58</b>
<b>ДОДАТКИ</b> .....	<b>60</b>

					<i>КРБ 0037.00.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
						6
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

## ВСТУП

За останні роки активного життя ринку в Україні упаковка стала настільки важливою частиною нашого повсякденного життя, що сьогодні на порядок денний виходять упаковані товари різного призначення. І оскільки упаковка здебільшого імпортується на ринок з інших країн, її важливість і вплив на життя людей і навколишнє середовище недостатньо зрозумілі.

Практика показує, що стан пакувальної галузі в країні визначає її розвиток. Загалом тара та упаковка використовуються в промисловому циклі виготовлення будь-якої продукції. Не дивно, що сьогодні ємність світового ринку упаковки перевищує 500 мільярдів умовних одиниць, а в розвинених країнах споживання на людину на рік становить 380-450 умовних одиниць. Але 80% усієї упаковки сьогодні використовують менше 20% населення світу. Багато країн потерпають від різноманітних лих, а жителі цих країн голодують, мають низький рівень життя та високу смертність.

Саме це спонукає весь світ шукати все нові й нові засоби, здатні не тільки продовжити життя на Землі, але й зробити його привабливішим. Пакувальники також не застраховані від цієї проблеми. Саме їх ідея, виражена в гаслі: « Краще життя через кращу упаковку », має об'єднати людство заради процвітання. Для реалізації цієї ідеї потрібно діяти як мінімум у трьох напрямках:

1. Покажіть і доведіть усім, що упаковка – це більше, ніж просто зберігання та доставка продуктів чи товарів. Упаковка – це можливість ефективно використовувати потенціал нашої планети для досягнення високого рівня життя тих 80% населення планети, які його не мають.

2. Змінити підхід багатьох і довести, що грамотно та вміло виготовлена упаковка враховує питання екології та економії нашого життя.

3. Впровадження сучасних технологій пакування в країнах, що розвиваються, для більш ефективного використання ресурсів планети.

Розуміння та прийняття цих напрямків є необхідним, щоб мати можливість будувати життєздатні плани, реалізовувати конкретні проекти та робити практичні

					КРБ 0037.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

кроки.

Сучасна упаковка стала запорукою ефективного виробництва, стабільного бізнесу та надійної поведінки на ринках. Вітчизняні виробники, підприємці та бізнесмени все частіше віддають належне розвитку пакувальної індустрії, розуміючи, що сьогодні упаковка – це не лише пляшки та коробки, якими ми тимчасово користуємося, а сучасний спосіб ще більше зберегти природні ресурси та покращити життя людей.

Поява сучасних технологій на нашому ринку дає надію на розвиток вітчизняної пакувальної галузі, яка може існувати лише завдяки конкуренції, виробляючи те, що сьогодні потрібно українському споживачу.

Український ринок, незважаючи на всі негаразди, диктує незворотній розвиток промисловості та сільського господарства в бік створення високоякісної продукції та товарів у сучасній упаковці. І український споживач на власному досвіді переконується, що це новітні пакувальні матеріали, найсучасніша, найефективніша та приваблива упаковка, в якій ще кілька років тому можна було купити продукти та товари лише у віддалених і закритих для багатьох країнах світу. Автоматизація виробничих процесів, зростання значення споживача на ринку, перетворення ринку виробника на ринок споживача та жорстка конкуренція зумовили пошуки виробничими підприємствами нових конструкцій упаковки, пакувальних матеріалів, технологій та нових пристроїв.

Метою кваліфікаційної роботи є розробка машини для пакування товарів легкої промисловості в стреч-плівку. Основними завданнями, які вирішуються в даній кваліфікаційній роботі є розрахунок і проектування всіх приводних механізмів і елементів машин.

					КРБ 0037.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



упаковку.

Результати експертних оцінок свідчать про те, що транспортування вантажів у транспортній упаковці з використанням стреч-фольги в цілому знижує вартість упаковки товару в середньому в 1,5-2 рази порівняно з термоусадочною плівкою.

На практиці, на відміну від термозбіжних плівок, використовується здатність стреч-плівок деформуватися при холоді. Вантаж накривають фольгою, а потім його кінці зварюють або склеюють.

Для виробництва стреч-плівок в основному використовують поліетилен, полівінілхлорид, севілен (сополімер етиленвінілацетату). Перспективним для даної технології пакування є використання лінійного поліетилену, модифікованого севіленом або спеціальними добавками (клейками) для підвищення липкості. Плівки з лінійного поліетилену часто використовують у вигляді ламінатів з іншими полімерними плівками, що забезпечує підвищення показників міцності та технологічних властивостей.

До цих плівок пред'являються такі вимоги: механічна міцність, гладкість поверхні, зчеплення шарів між собою. Крім того, вони повинні бути достатньо міцними в разі проколу і зберігати адгезію і міцність при перепадах температур від +60°C до -29°C.

Вибір плівкового матеріалу залежить від таких параметрів, як зовнішній вигляд (прозорість, блиск), захисні властивості, фізико-механічні властивості (напруга розтягування тощо). Останній показник визначає можливість деформації продукції або упаковки, і в свою чергу, величину допустимої напруги при упаковці, яка тісно пов'язана із залишковими напругами в стреч-плівці і залежить від виду матеріалу.

Для пакування (склеювання) контейнерних вантажів на піддонах і пакування їх невеликими групами використовуються два основних способи.

Спосіб лінійного обгортання вантажу шляхом намотування плівки з двох вертикальних рулонів використовується для пакування продукції на піддони або продукції стандартних розмірів. При цьому використовується плівка товщиною 15-25 мікрон, ширина полотна залежить від висоти упаковки. Цей спосіб

					КРБ 0037.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

характеризується високою продуктивністю і використовується на підприємствах з великими обсягами виробництва однорідної продукції.

Ротаційний метод обгортання з прямою або спіральною намотуванням може бути використаний для упаковки нестандартних виробів різного розміру, форми та щільності. Для пакетів правильної форми висотою до 1,8 метра використовується пряма намотка льону (широка плівка на всю висоту виробу). Спіральне намотування вузькою фольгою (0,5-0,75 м) застосовується для пакетів неправильної форми висотою 1,8-3,0 м і пакетів нестандартної форми.

Залежно від обсягу виробництва, способу упаковки, розмірів і форми вантажу використовуються різні типи пристроїв. Ручні механізми, найсучасніші з яких оснащені пристроєм для попереднього розтягування плівки, напівавтоматичними установками (платформи і поворотні столи), що забезпечують загортання пакета (стопа), який обертається або залишається нерухомим. Існують також повністю автоматизовані системи, в яких вантаж подається конвеєром на плівку, яка приварена з обох сторін вантажу. Дозатори одноразові призначені для індивідуальної упаковки різної дрібноформатної продукції, яку можна використовувати для нарізки та фасування без використання додаткових пристосувань.

Одним із перших вітчизняних виробників стреч-плівки стало науково-виробниче підприємство «Пластмодерн», яке спеціалізується на виробництві різноманітних плівкових матеріалів. Компанією проведено необхідні дослідження, підготовлено виробництво та освоєно виробництво стреч-плівки двох найменувань залежно від призначення та рецептури складу полімерного матеріалу, а саме:

- плівка "Стреч - 1" - для обв'язки тарних вантажів на піддонах і для пакування невеликих груп;

- плівка "Стреч - 2" - для індивідуальної упаковки харчових продуктів.

Виробництво плівки здійснюється на технологічній лінії ЛРП-45 шляхом екструзійно-роздувного формування термопластичних полімерів на основі лінійного поліетилену високого тиску, севілену та їх суміші в залежності від цільового призначення.

										Арк.
										11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						

КРБ 0037.00.00.00.000 ПЗ



## 1.2 Пакування тарою із пінопласту

М'яка споживча тара дозволяє надійно захистити продукцію від зовнішнього впливу, повністю автоматизувати процес пакування. Споживча тара з фольги має малу питому вагу і невисоку ціну, тому, як правило, призначена для одноразового використання.

Тара з пінопласту в основному використовується для захисту виробів від ударів, ударів, механічних пошкоджень, перепадів температур, а також для зменшення їх ваги, підвищення довговічності та зниження вартості. Ємності з газонаповнених матеріалів зберігають форму та пружні властивості в широкому діапазоні температур (від +75 до -60°C) завдяки низькій теплопровідності пінопластів (0,0265-0,037 Вт/(см К)), яка призвело до їх використання в теплоізоляції.

Якщо упакований продукт виділяє вологу, то між лотком і продуктом встановлюється спеціальна прокладка для її поглинання.

Таблиця 1.2 – Характеристики плівки типу "Стреч -2"

Матеріал	Товщина, мкм	Довжина, м	Ширина, мм	Ціна, грн
ПВХ	10	300	300	16,67
ПВХ	10	450	300	24,77
ПВХ	8	1500	300	69,08
			350	80,55
			380	87,43
			400	91,74
			450	103,57
ПВХ	9	1500	300	75,41
			350	87,89
			380	93,21
			400	100,55
			450	113,12
ПВХ	10	1500	300	83,76
			350	97,70
			380	106,14
			400	111,65
			450	125,68

Значні обсяги пакувальних плівок та виробів з них виготовляють на основі поліетилену низької щільності і високого тиску – ПЕ ВТ, менші – з поліетилену високої щільності низького тиску – ПЕ НТ, поліпропілену, але більш широко для пакування харчових продуктів застосовують П ВХ.

### 1.3 Огляд обладнання для пакування в лотки, яке покривається плівкою

Герметична пластикова упаковка стає все більш популярною як на європейському, так і на українському ринку, з кількох причин: зручність транспортування, гарний споживчий вигляд, високі бар'єрні властивості, можливість використання інертних газів та багато інших. Але інформації про машини, які можуть постачати таку тару на наш ринок, дуже мало.

Для досягнення певних споживчих властивостей використовується спеціальне пакувальне обладнання. Використовуючи традиційно сформовану класифікацію, цей тип обладнання можна розділити на:

- ручні,
- напівавтомат,
- автоматичні пакувальні пристрої,
- пристрої з повністю автоматизованим процесом фасування та пакування продукції.

Ручні пакувальні пристрої — це компактні пакувальні механізми, які розміщуються на стандартному столі і працюють від стандартної « розетки » (рис. 1.1).

Схематично машина складається з корпусу з нержавіючої сталі, пристрою для фіксації рулону фольгою, матриці для лотка, кришки з тефлоновим покриттям і пристрою для регулювання температури зварювання. Лоток з продуктом поміщається в матрицю, оператор розтягує плівку по всій довжині лотка, закриває тефлонову кришку, відбувається процес зварювання верхньої фольги з лотком, а потім зварений лоток з продуктами витягується з матриці. Зміна формату лотка здійснюється шляхом зміни матриці. Середня продуктивність такого обладнання залежить від кваліфікації оператора і становить в середньому 4-5 упаковок за

					КРБ 0037.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

хвилину.



Рис. 1.1 – Ручний пристрій для пакування Nearpack ( модель R 2 )

Перевагами даного типу приладів є низьке енергоспоживання, малі габарити, швидка зміна формату матриці (лотка), швидка зміна верхньої фольги, економічність. До недоліків можна віднести можливість заклеювання, як правило, не більше одного лотка одночасно, а також необхідність вручну обрізати запечатану плівку, що виходить за межі лотка. Однак цю проблему можна частково вирішити оптимальним підбором співвідношення між шириною запечатаної плівки і лотка.

Пакувальні напівавтомати для запаювання лотків порівняно з ручними механізмами більш технологічні та універсальні (рис. 1.2, 1.3).

Комплектація може відрізнятися в залежності від призначення. Зокрема, обладнання такого типу може оснащуватися спеціальним модулем для створення модифікованої атмосфери (МОА) в упаковці за допомогою різних інертних газів або вакууму. Стандартна комплектація напівавтомата в цілому складається із сталевого корпусу, який включає висувну матрицю для одного або кількох лотків (в середньому від 2 до 4), автоматичне запаювання та розрізання плівки по контуру лотка, цифровий блок керування для регулювання температури зварювання,

					КРБ 0037.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

тривалості термоконтакту при зварюванні, розрахунку продуктивності та налаштування режиму вакуумного циклу або інертного газу, а також пристрій автоматичного перемотування плівки.



Рис. 1.2 – Напівавтоматичний пакувальний пристрій Nearask ( модель NP 15 00 P)



Рис. 1.3 – Напівавтоматичний пристрій I LP RA

					КРБ 0037.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

Для роботи напівавтомата необхідний один оператор, функції якого зводяться до розміщення лотків з продуктом на робочому столі (матриці) і просування матриці в робочу зону верстата, а потім зняття зварених лотків. Функції розмотування плівки, розрізання її по контуру лотка та намотування використаного матеріалу виконує пакувальна машина. Загалом такий пристрій, хоч і з деякими застереженнями, можна назвати автоматом. Продуктивність цього обладнання залежить від початкового розміру та об'єму лотка, а отже, від кількості лотків у робочій зоні обладнання та застосування вакууму, або МОА. Потужність вакуумного насоса має вирішальне значення для ефективності використання вакууму.

Середня продуктивність напівавтомата становить 7- 8 циклів /хв, з вакуумуванням і очищенням інертним газом до 4 циклів /хв. Внутрішня градація модельних рядів даного типу пристроїв, як правило, змінюється в залежності від розміру робочого поля верстата ( матриці), а також використання або невикористання МОА. Розміри цього обладнання досить компактні.

На підприємствах з відносно невеликими обсягами виробництва широко використовуються напівавтомати.

Автоматичні пристрої можна широко класифікувати за ступенем необхідної автоматизації. Існують різні варіанти автоматизації:

- зварювальники з ручним укладанням лотків із завантаженими продуктами,
  - машини з автоматичною лотковою подачею та ручною лотковою подачею,
- машини та комплексні автоматичні лінії з автоматичною лотковою подачею та повним або частковим дозуванням та розкладкою продуктів.

Основними їх відмінними рисами є: ефективність (до 20 циклі в/хв), конвеєрний тип подачі продукції, можливість використання фольги зі складним багатоколірним зварюванням, можливості ультрафіолетової обробки продукції та автоматична подача лотків на конвеєр, пряма установка в замкнутому технологічному циклі та багато інших

Системи автоматичного закриття лотків вже знайшли ефективне застосування на багатьох підприємствах.

					КРБ 0037.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

Вони управляються комп'ютером. Ніяких коригувань не потрібно.

Упакований продукт добре покривається від найменшої до найбільшої упаковки без втручання оператора. Машина займає дуже мало виробничого простору. Залежно від замовлення машину можна оснастити роликami і легко переміщати з однієї кімнати в іншу.

Для підключення до вагової машини або механізму етикетування не потрібні спеціальні пристрої.

Мащини мають такі технічні параметри:

1. якісна упаковка з мінімальними витратами на плівку;
2. Використовується стреч-плівка ПВХ та поліолефін;
3. процес упаковки повністю автоматизований;
4. автоматична зміна ширини плівки;
5. конструкція з нержавіючої сталі;
6. Відповідність міжнародним стандартам якості та безпеки «CE » та ISO 9001.

На ринку машин для пакування стреч-плівки широко представлена як поліетиленова тара, так і упаковка на лотках фірми « Petr ut salek » (рис. 4) і Amara nt Sp. Їх характеристика наведена в таблиці. 1.3.



Рис. 1.4. Автомат фірми Петруцалек моделі Elix plus

						КРБ 0037.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			18

Таблиця 1.3 – Характеристики автоматів для пакування в стреч-плівку

Фірма продавець		ТОВ Амарант				ТОВ Петруцалек	
Модель		COMPACT	COMPACT PLUS	XTRA	XTRA PLUS	Elixa - plus	Elixa - 33
Продуктивність, уп/хв		20	22	25	30	22	28
Розміри упаковки	Довжина, мм	130-300		130-380		120-350	
	Ширина, мм	100-300		100-25		100-220	
	Висота, мм	10-150		30-160		10-130	
Параметри рулона плівки	Ширина, мм	380-450		350-550		280	250-650
	Товщина, мкм	12-20		12-20			
	Макс. діам., мм	225		225			
	Діаметр втулки, мм	75-113		75-113			
Електро дані	Вольтаж	230/400В±10% 50/60Гц три фази+нейтраль+земля				220/380В±5% 50Гц	
	Споживана потужність	1,8 кВт-5А/380В 8,5А/220В		2,2 кВт-6А/380В 10А/220В		1,15кВт	2,6кВт
Витрати стисненого повітря		100 л/хв/6 бар		200 л/хв/6 бар			
Вага, кг		230	245	320	325	140	350

Проаналізувавши всі недоліки представлених пакувальних машин, нами було вирішено спроектувати у кваліфікаційній роботі високоефективну машину для пакування товарів для легкої промисловості, яка б відрізнялася від прототипу компактністю та наявністю пневматичних приводів робочих органів. Існує декілька конструкцій таких автоматів, принцип їх роботи оснований на обтягуванні лотка з виробом стреч-плівкою з подальшим заварюванням підшоши. Принцип роботи запропонованого автомата заключається у тому, що стреч-плівка подається з

					КРБ 0037.00.00.00.000 ПЗ		Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			19

рулону розміщеного під відводним конвейєром, а також комбiнацiєю електро - та пневмоприводiв до кожного з виконавчих робочих органiв.

					<i>КРБ 0037.00.00.00.000 ПЗ</i>	Арк.
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Пiдпис</i>	<i>Дата</i>		<i>20</i>

## 2 ПРОЄКТНА ЧАСТИНА

### 2.1 Конструкція вузлів устаткування

Проектований автомат призначений для пакування штучної або іншої продукції, а також групового пакування напівфабрикатів в лотках по масі або поштучно.

Автомат (рис. 2.1.) складається з таких основних вузлів як:

- 1 – конвеєр подачі виробу;
- 2 – піднімальний столик;
- 3 – механізм розмотування плівки;
- 4 – механізм формування складеної плівки у формі ластівкового хвоста;
- 5 – механізм повздовжнього протягування плівки;
- 6 – механізм поперечного протягування і обгортання плівкою;
- 7 – механізм відрізання плівки;
- 8 – конвеєр відводу виробу.

Конвеєр подачі продукції шестиходовий. Ремені виготовлені з полістиролу, які вставляються в канавки на приводному та веденому валах. Щоб ремені не провисали, кожен ремінь ковзає по напрямній. Привід - полістирольна пасова передача (3 передачі), ведучий вал якої з'єднаний через муфту з черв'ячною передачею, яка в свою чергу безпосередньо з'єднана з двигуном.

Підйомний стіл являє собою платформу, на якій на цапфах встановлено 30 платформ. Їх розміщують так, щоб вони вільно проходили між прорізами живильного конвеєра.

Плівка розмотується з барабана, який фіксується центруючими конусами. Механізмом формування та згортання плівки у формі ластівчин хвіст є дерев'яна дошка, з боків якої розташовані ще дві напрямні. Перед дерев'яними дошками ставиться валик, який попередньо піднімає плівку.

Тяговий механізм являє собою раму, на якій кріпиться захватна планка, а також дві бічні планки, що охоплюють захватні пристрої, які в свою чергу захоплюють плівку.

					КРБ 0037.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Ріжучий механізм - гільйотинний ніж, розміщений під планкою у вигляді замка.

Стрічка має ТЕН и, зовні стрічка покрита тефлоном.

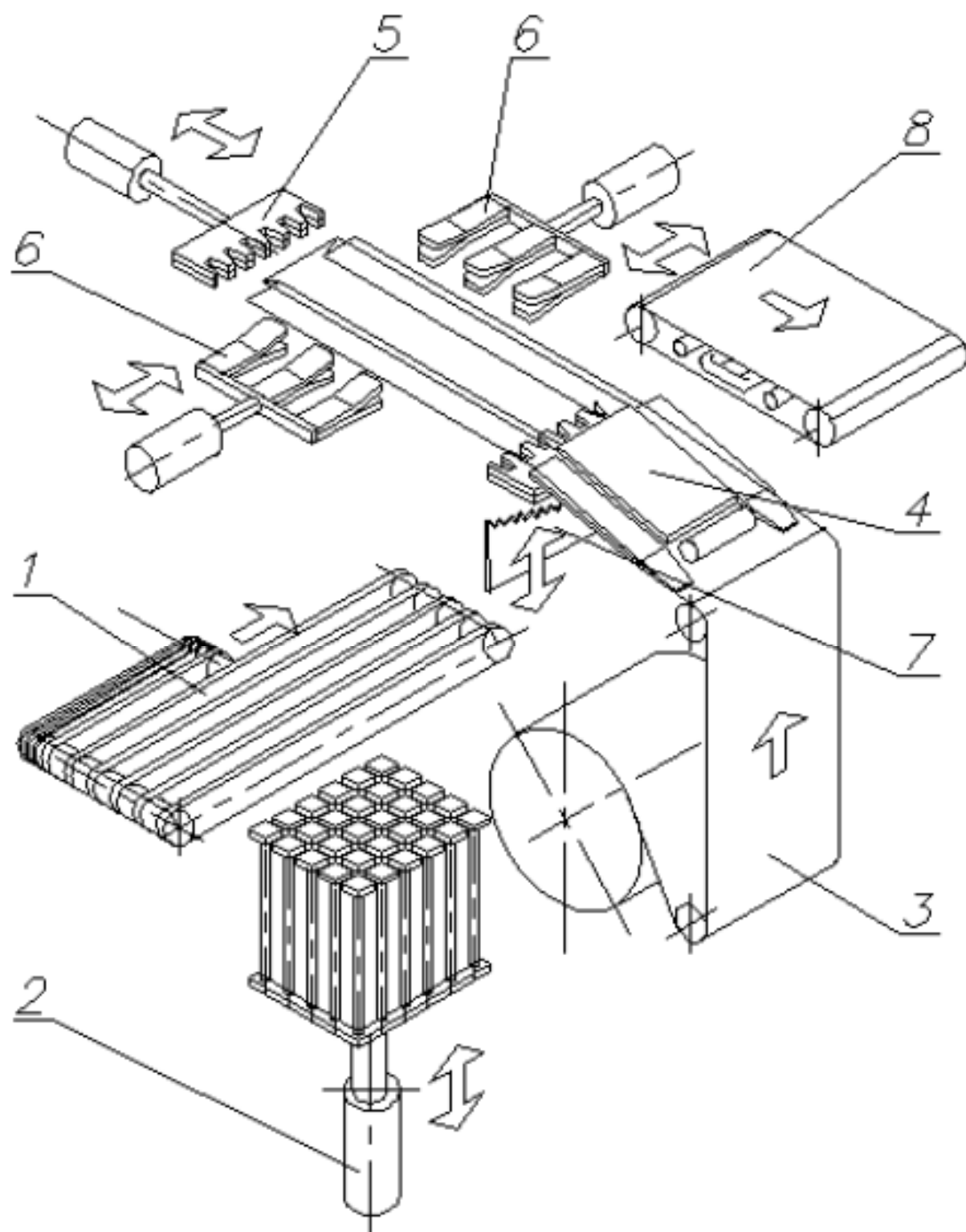


Рис. 2.1 – Робота автомата для пакування виробів в стреч-плівку. Схема принципова

Змін.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КРБ 0037.00.00.00.000 ПЗ

Арк.

22

## 2.2 Принцип роботи автомата

Оператор розміщує лоток з продукцією на подавальному конвеєрі, розташовуючи його близько до площини пресування продукції. Лоток надходить у машину через конвеєр і зупиняється прямо над підйомним столом.

Плівка, розмотуючись з рулону, потрапляє в механізм формування ластівчин хвіст для зменшення ширини плівки, а також формування кулі при захопленні та витягуванні. Піддон на підйомному столі накривають плівкою. При цьому захвати захоплюють плівку, розходяться в сторони, а при загортанні виробу зверху сходяться з боків, відпускаючи плівку під виріб.

Захват, рухаючись у зворотному напрямку, підгинає плівку під собою, в цей момент ніж розрізає плівку, і продукт за інерцією потрапляє на конвеєр ТЕНу, де стреч-плівка злегка приварюється.

Оператор вручну забирає готову продукцію з нагрівального конвеєра або передає на додатково встановлений приймальний конвеєр.

## 2.3 Розробка технологічної схеми та карти автомата

### Технологічна схема машини

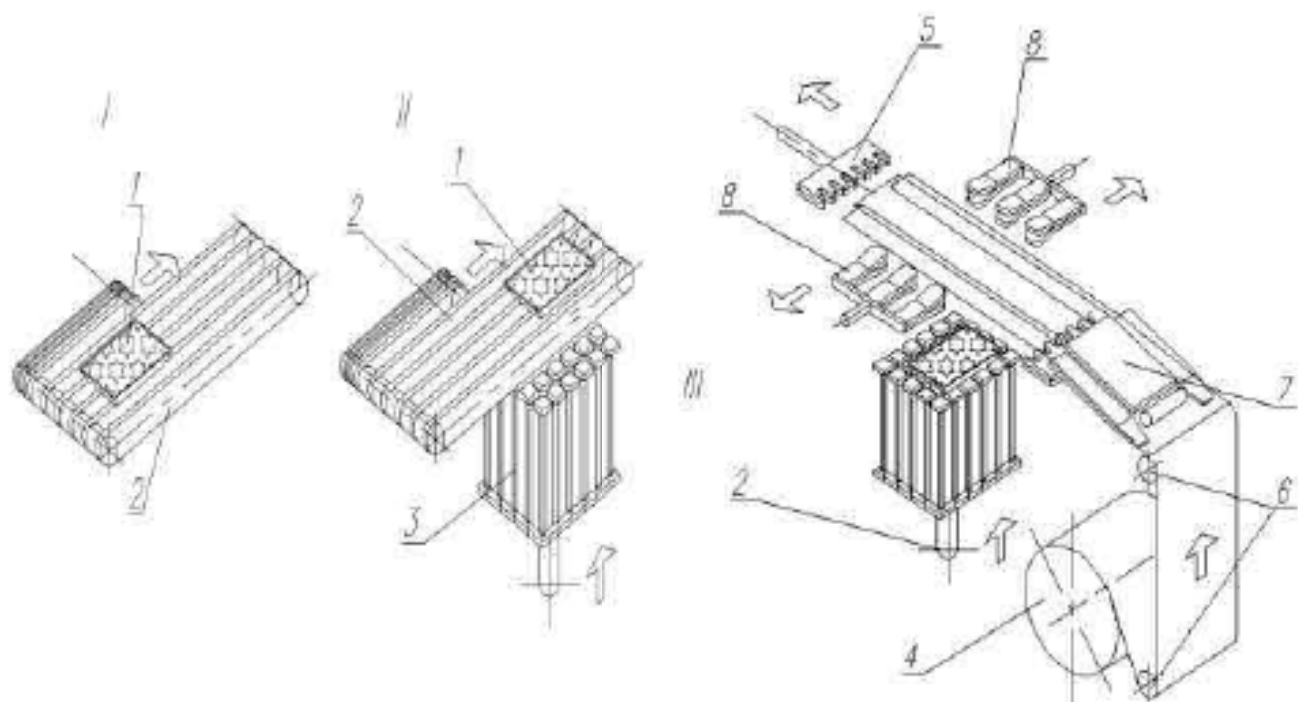
Технологічна схема машини є одним з основних етапів проектування машини, оскільки визначає основні параметри, структуру, кінематику, конструкцію робочих органів, послідовність і синхронізацію операцій, умови роботи, техніко-економічні показники тощо.

Вибір технічно раціональної і вигідної технологічної схеми машини є складним завданням.

Технологічна схема верстата є одним з основних етапів проектування верстата. Технологічна схема верстата — це графічне зображення основних і допоміжних технологічних операцій та їх елементів у порядку їх послідовного виконання на даному верстаті.

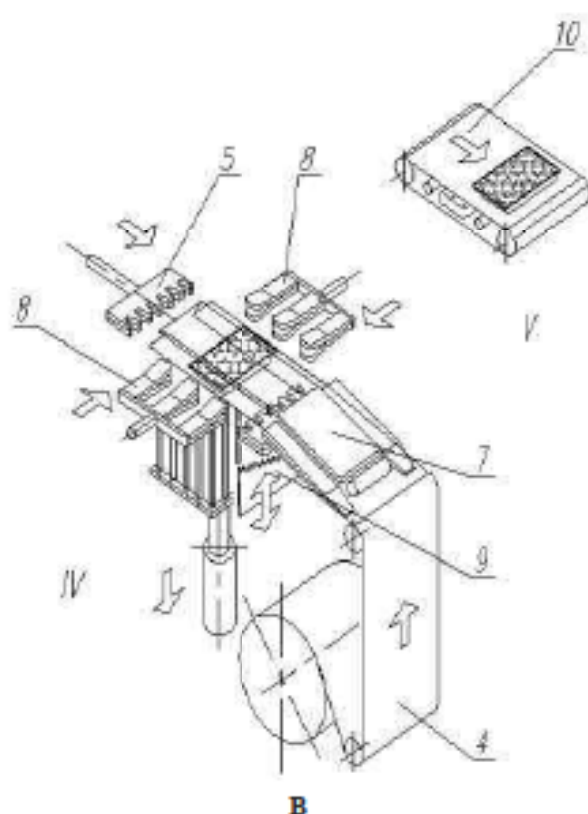
Технологічну схему машини для пакування товарів у стреч-плівку наведено на рис. 2.2.

					КРБ 0037.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23



a)

б)



в

Рис. 2.2 – Технологічна схема пристрою для пакування в стреч-плівку:  
 1 – лоток з товаром; 2 – конвеєр подачі товару; 3 – піднімальний столик; 4 – рулон з плівкою; 5 – затискач; 6 – ролики; 7 – напрямні; 8 – затискач; 9 – ніж;  
 10 - тефлоновий конвеєр відвод.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

КРБ 0037.00.00.00.000 ПЗ

Арк.

24

## Технологічна карта автомата

Технологічна карта — це таблиця основних і допоміжних технологічних операцій та їх елементів із позначенням робочих органів, що виконують ці операції, порядковими номерами робочих органів і позиціями, на яких ці операції виконуються.

Аналіз умов роботи окремих механізмів і їх ролі в технологічному процесі, що здійснюється машиною, значно полегшує наявність схем і технологічних карт машини. Технологічна карта пакувальної машини зі стреч-плівки (згідно рис. 2.2) представлена в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Технологічна карта пакувальної машини зі стреч-плівки

Технологічний процес	Технологічна операція або її елементи	Робочий орган, що виконує операцію або елемент	Номер	
			Робочого органу	Позиції
Транспортування товару в лотку по конвеєру	Переміщення лотка	Лоток з товаром Конвеєр	1 2	I
Піднімання товару до зони пакування	Підйом піднімального столика	Лоток Піднімальний столик	1 3	II
Підготовка стреч-плівки до пакування	Розмотування плівки з рулону	Рулон з плівкою Затискач Ролики	4 5 6	III
	Формування з плівки ластівчинного хвоста	Напрявні	7	III
	Розтягування плівки в поперечному напрямку	Затискач	8	III
Пакування продуктів	Повернення затискач під продуктом	Затискач Затискач Піднімальний столик	8 7 3	III
	Відрізання плівки	Ніж	9	IV
Видача упаковки з автомата	Транспортування і спаювання підшови упаковки	Тефлоновий конвеєр	10	V

Технологічна схема і карта автомата дають уявлення про послідовність проведення технологічних операцій, місце розташування продукції і положення робочих органів, а також кількість основних і допоміжних операцій та робочих органів та напрямки їх переміщення.

## 2.4 Проектування структурної і кінематичної схеми автомата

### Схема конструкції автомата

Складання структурної схеми є одним з початкових етапів проектування автомата.

Структура автомата - це сукупність його елементів і зв'язків між ними. Конструкція верстата пояснюється конструктивною схемою, на якій, крім основних елементів і з'єднань, показані шляхи передачі енергії від двигуна до механізмів, а також шляхи переміщення оброблюваного матеріалу, тому це використовується для визначення загальної ефективності машини, рівня її надійності, повноти та інших даних.

Конструктивна схема машини наведена на рис. 2.3.

### Кінематична схема автомата

Іншим важливим етапом проектування автомата є розробка кінематичної схеми автомата, яка є вихідним документом для кінематичних і силових розрахунків.

Кінематична схема автомата — це умовно-плоско або аксонометричне зображення всіх його механізмів і ланок їх взаємозв'язку. Він дає уявлення про послідовність кріплення механізмів, розподіл енергії, кінематичні зв'язки елементів машини та їх взаємне розташування.

Кінематична схема машини зображена на рис. 2.3.

					КРБ 0037.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						26
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

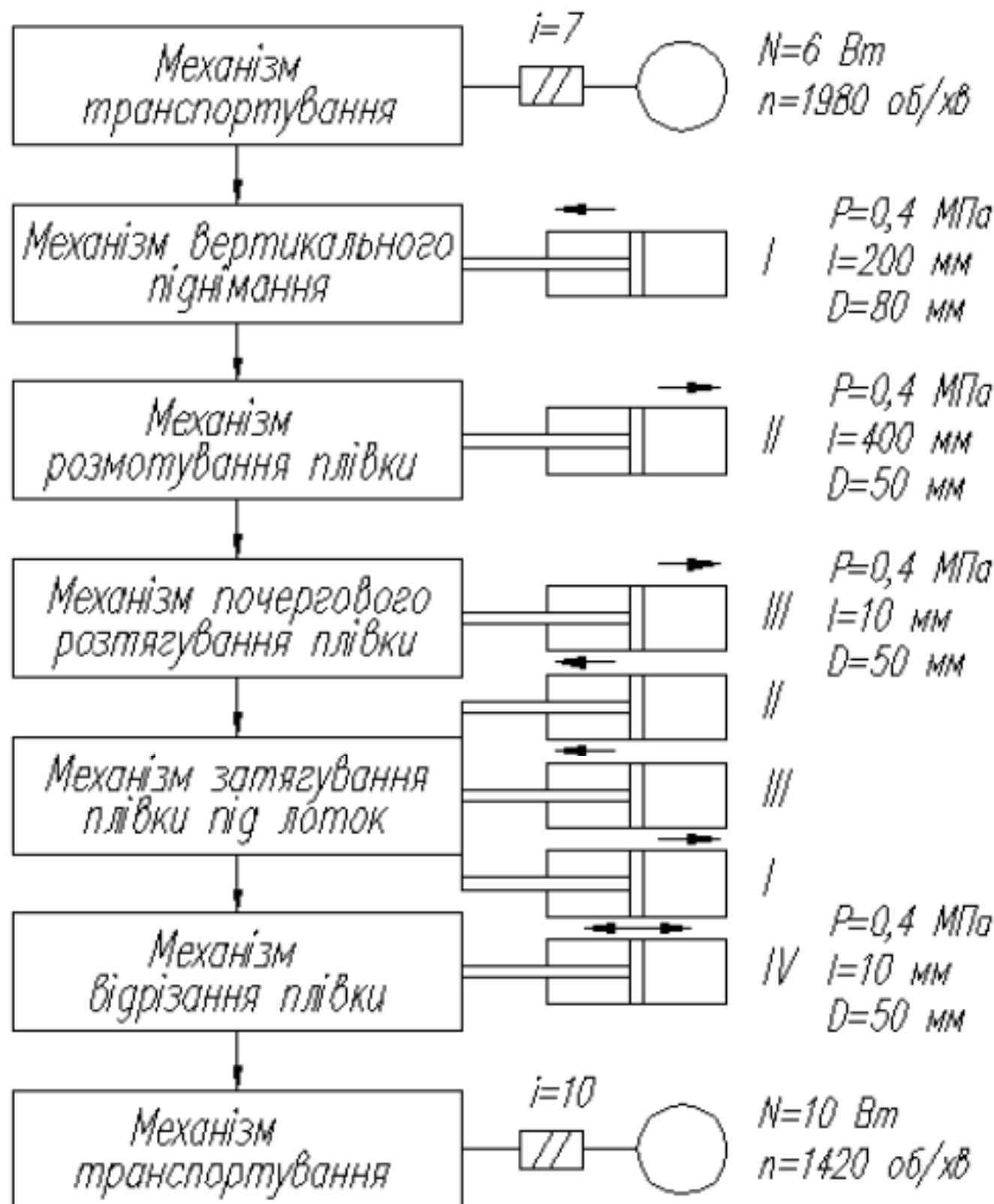


Рис. 2.3 – Автомат для пакування в стреч-плівку. Схема структурна

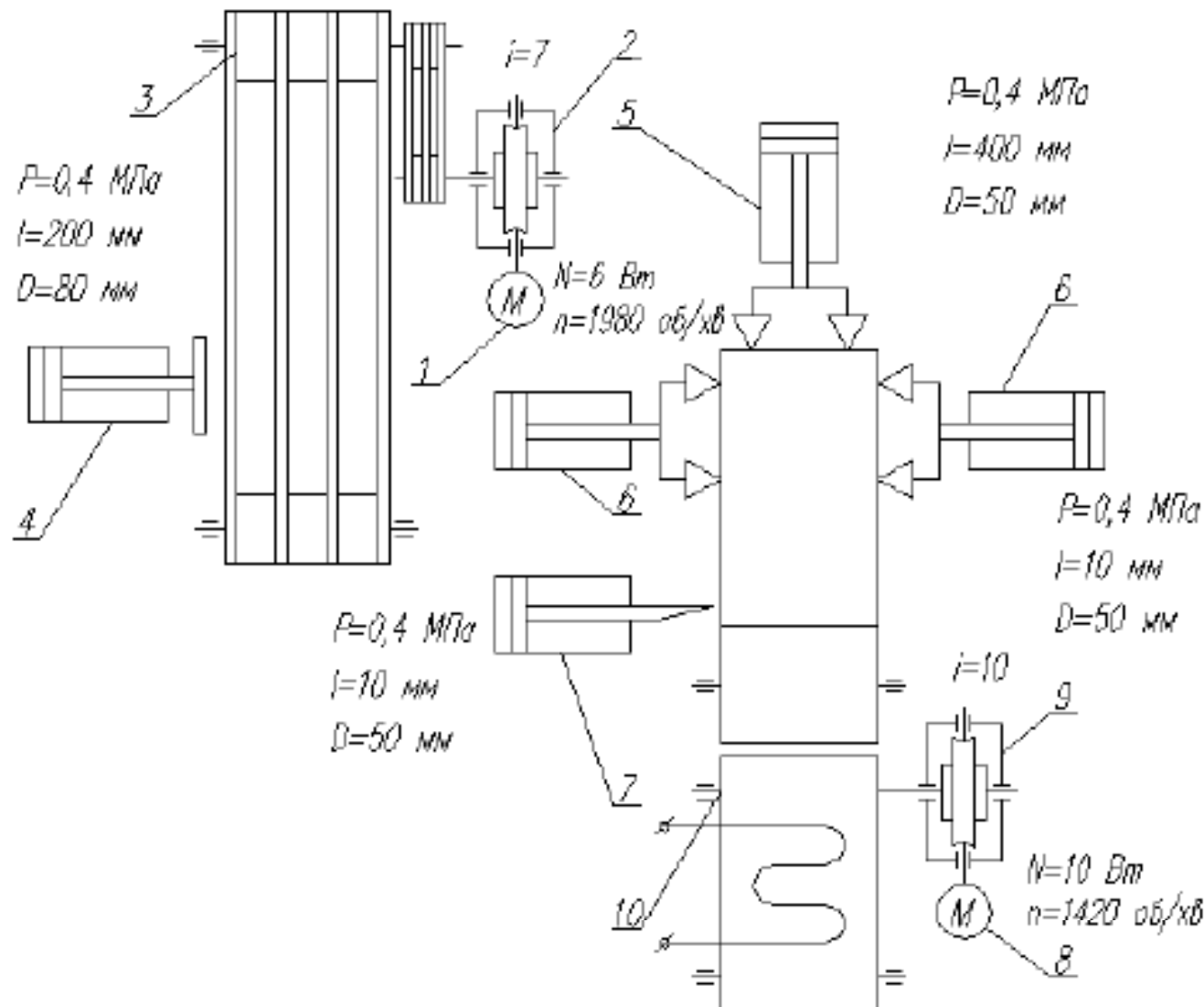


Рис. 2.4 – Привода автомата для пакування в стреч-плівку. Схема кінематична:  
 1 – електродвигун, 2 – редуктор черв'ячний, 3 – привідний вал, 4 – пневмоциліндр піднімального столика; 5 – пневмоциліндр механізму розмотування, 6 – пневмоциліндр повздовжнього розтягу; 7 – пневмоциліндр механізму відрізання, 8 – електродвигун, 9 – редуктор черв'ячний, 10 – привідний вал.

## 2.5 Розрахунок пневмоприводу механізму піднімального столика

Вихідні дані:

$m_{\epsilon} = 1,50$  кг – маса вантажу (продукції);

$m_{пл} = 1$  кг – маса площадки;

$S = 200$  мм – хід поршня;

$T = 0,65$  с – час переміщення вантажу;

					КРБ 0037.00.00.00.000 ПЗ	Арк. 28
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

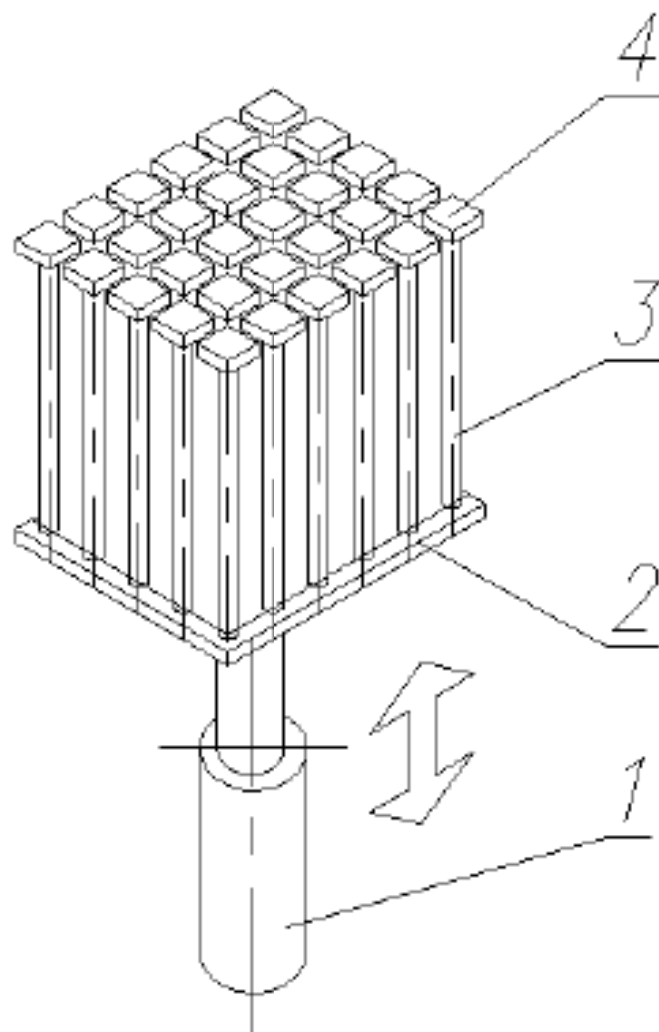


Рис. 2.4 – Піднімальний столик:

1 – пневмоциліндр; 2 – площина; 3 – штирі; 4 – площадки.

Закон змінення прискорення руху – синусоїдальний.

Визначимо наближене значення сили корисного опору:

$$P_k(t) = (m_v + m_{пл}) \cdot g = (1,5 + 1,0) \cdot 9,81 = 24,525 \text{ Н.} \quad (2.1)$$

Приймаємо магістральний тиск  $P_M = 0,4$  МПа. За номограмами [ 7 ] діаметр пневмоциліндра  $D = 80$  мм. За даними табл. 8 [ 7 ] приймаємо параметри пневмоциліндра: діаметр штока  $d = 25$  мм; діаметр вхідного отвору  $d_1 = 10$  мм; площа отвору  $f_1 = 8 \cdot 10^{-5} \text{ м}^2$ ; площа поршня у робочій порожнині  $F_1 = 5 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2$ ; площа поршня у вихлопній порожнині  $F_2 = 4,5 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2$ .

										Арк.
										29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	КРБ 0037.00.00.00.000 ПЗ					

Враховуємо, що цим параметрам пневмоциліндра відповідають такі числові значення додаткових параметрів: зведені початкова і кінцева координата положення поршня  $X_{01} = X_{02} = 0,02$  м, маса рухомих частин пневмоциліндра  $m_{\pi} = 2,0$  кг, зведена маса рухомих частин пневмоприводу:

$$m = m_{\epsilon} + m_{\text{пл}} + m_{\pi} = 1,5 + 1 + 2 = 4,5 \text{ кг.}$$

Сила опору рухомих частинок пневмоприводу  $P_c = 20,0$  Н, атмосферний тиск  $P_a = 98100 \text{ Н/м}^2$ .

Закон змінення прискорення руху – синусоїдальний.

Аналітичні залежності для визначення кінематичних параметрів вантажу мають такий вигляд :

$$\dot{X} = \frac{2 \cdot \pi \cdot S}{T^2} \cdot \sin \left( \frac{2 \cdot \pi}{T} t \right) \quad (2.2)$$

$$\dot{X} = \frac{S}{T} \cdot \left[ 1 - \cos \left( \frac{2 \cdot \pi}{T} t \right) \right] \quad (2.3)$$

$$X = S \cdot \left[ \frac{t}{T} - \frac{1}{2 \cdot \pi} \cdot \sin \left( \frac{2 \cdot \pi}{T} t \right) \right] \quad (2.4)$$

Враховуючи початкові умови: при  $t = 0$ ;  $X = 0$  і  $\dot{X} = 0$ ; при  $t = T$ ;  $X = S$  і  $\dot{X} = 0$ , маємо:

$$\dot{X} = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 0,2}{1^2} \cdot \sin \left( \frac{2 \cdot 3,14}{1} t \right) = 1,2566 \cdot \sin (6,28 t)$$

$$\dot{X} = \frac{0,2}{1} \cdot \left[ 1 - \cos \left( \frac{2 \cdot 3,14}{1} t \right) \right] = 0,2 \cdot [1 - \cos (6,28 t)]$$

$$X = 0,2 \cdot \left[ \frac{t}{1} - \frac{1}{2 \cdot \pi} \cdot \sin \left( \frac{2 \cdot 3,14}{1} t \right) \right] = 0,2 \cdot \left[ t - \frac{\sin (6,28 t)}{6,28} \right]$$

Визначаємо тиск магістралі для забезпечення безударної зупинки:

$$P_1 = \frac{P_2 \cdot F_2 + m \cdot \dot{X} + P_c}{F_1} = \frac{98100 \cdot 4,5 \cdot 10^{-3} + 4,5 \cdot 1,2566 + 20}{5 \cdot 10^{-3}} = \quad (2.5)$$

$$= 93420,94 \text{ Па} = 0,0934 \text{ МПа}$$

Приймаємо, що процес виконується при температурі 293,0 К, тоді  $k = 1,4$ ,

$$R = 287,14 \frac{\text{Н} \cdot \text{м}}{\text{кг} \cdot \text{К}} \text{ і } K = 2,646.$$

									Арк.
									30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	КРБ 0037.00.00.00.000 ПЗ				

Визначаємо результуючу всіх сил опору :

$$P(e) = (b_{\epsilon} + b_{\text{пл}} + b_{\text{п}}) \cdot n + 3_c + 3_{\phi} \cdot (A_1 - A_2) =$$

$$= (1,5 + 1 + 2) \cdot 9,81 + 20 + 98100 \cdot (5 - 4,5) \cdot 10^{-3} = 113,195 \text{ Н.} \quad (2.6)$$

## 2.6 Розрахунок пневмоприводу механізму повздовжнього переміщення плівки

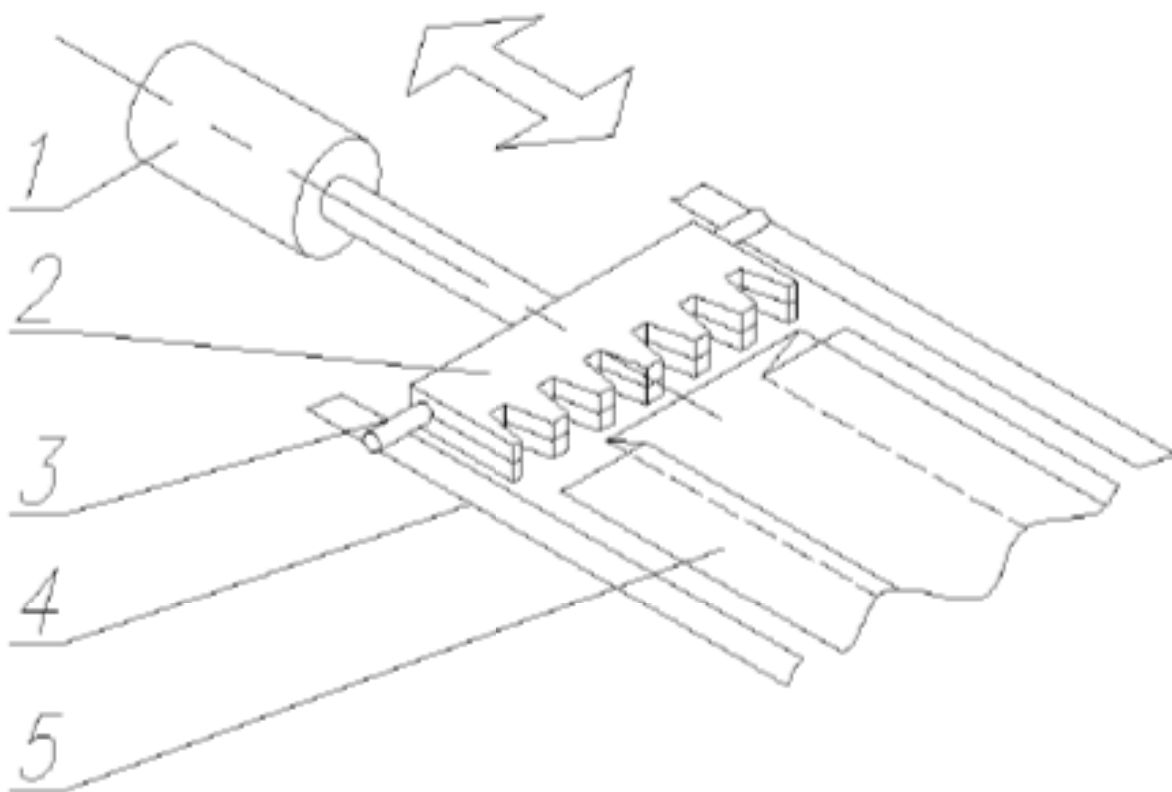


Рис. 2.4 – Механізм повздовжнього переміщення стреч-плівки:

1 – пневмоциліндр; 2 – губки; 3 – осі; 4 – напрямні; 5 – стреч-плівка.

Вихідні дані :

$m_{\epsilon} = 0,60 \text{ кг}$  – маса губок з осями;

$S_{\text{зб}} = S_{\text{оп}} = S_{\epsilon} = 70,0 \text{ Н}$  – опір натягу стрічки;

$T = t_{\text{зрх}} = 0,7 \text{ с}$  – час переміщення;

$L = S = 400 \text{ мм}$  – шлях переміщення захвату;

$f = 0,3$  – коефіцієнт тертя осів по напрямним.

Закон прискорення руху губок – синусоїдальний.

									КРБ 0037.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						31

Аналітичні залежності для розрахунку кінематичних параметрів вантажу формули 2.2. – 2.4.

Враховуючи початкові умови: при  $t = 0$  ;  $X = 0$  і  $\dot{X} = 0$ ; при  $t = T$ ;  $X = S$  і  $\dot{X} = 0$ , маємо:

$$\begin{aligned}\dot{X} &= 5,12910 \cdot \sin (8,9760 t), \\ \dot{X} &= 0,6 \cdot [1 - \cos (8,9760 t)], \\ X &= 0,60 \cdot t - 0,0668 \cdot \sin (8,9760 t).\end{aligned}$$

Визначимо наближено значення сили корисного опору:

$$P_n(t) = (m_{\epsilon} \cdot g + S_{\text{зб}}) \cdot f = (0,6 \cdot 9,81 + 70) \cdot 0,3 = 22,76 \text{ Н.} \quad (2.7)$$

Приймаємо магістральний тиск  $P_{\text{м}} = 0,4$  МПа. За номограмами [7] діаметр пневмоциліндра  $D = 63,0$  мм. За табл.8 [7] приймаємо параметри пневмо-циліндра: діаметр штока  $d = 16,0$  мм; діаметр вхідного отвору  $d_1 = 8,0$  мм; площа отвору  $f^{\circ}_1 = 5 \cdot 10^{-5} \text{ м}^2$ ; площа поршня у робочій порожнині  $F_1 = 3,1 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2$ ; площа поршня у вихлопній порожнині  $F_2 = 2,9 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2$ .

Враховуємо, що цим параметрам пневмоциліндра відповідають такі вимоги, числові значення додаткових параметрів: зведені початкова і кінцева координати положення поршня  $X_{o1} = X_{o2} = 0,02$  м, маса рухомих частин пневмоциліндра  $m_n = 2,0$  кг, зведена маса рухомих частин пневмоприводу:

$$m = m_{\epsilon} + m_n = 0,6 + 2 = 2,60 \text{ кг.}$$

Сила опору рухомих частинам пневмоприводу  $P_{\epsilon} = 20$  Н, атмосферний тиск  $P_a = 98100 \text{ Н/м}^2$ .

Уточнюємо тиск магістралі для забезпечення безударної зупинки за формулою 3.5.:

$$P_1 = \frac{98100 \cdot 2,9 \cdot 10^{-3} + 2,6 \cdot 5,129 + 20,0}{3,1 \cdot 10^{-3}} = 102524,4 \text{ Па} = 0,1 \text{ МПа}$$

Визначаємо результуючу всіх сил опору за формулою 2.7:

$$P(t) = (0,6 \cdot 9,81 + 70) \cdot 0,3 + 20 + 98100 \cdot (3,1 - 2,9) \cdot 10^{-3} = 62,380 \text{ Н.}$$

									Арк.
									32
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	КРБ 0037.00.00.00.000 ПЗ				

## 2.7 Розрахунок пневмоприводу механізму поперечного розтягування плівки

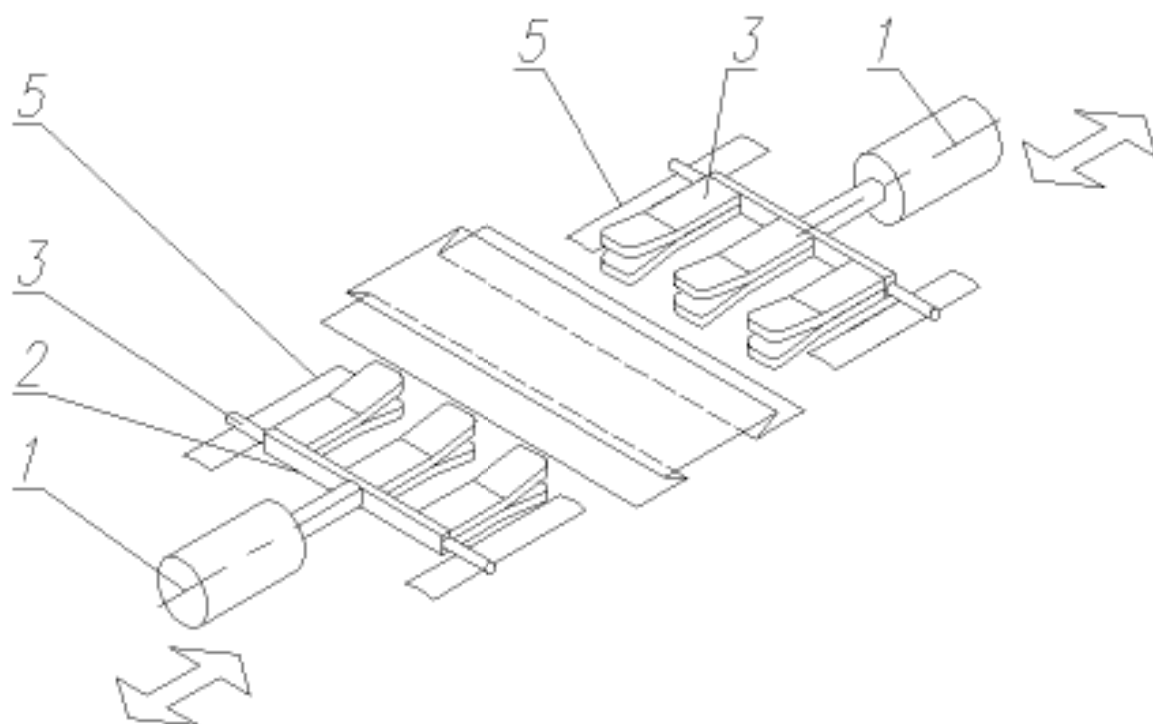


Рис. 2.5 – Механізм поперечного розтягу плівки.

1 – пневмоциліндр; 2 – рама; 3 – захоплювальні губки; 4 – вісь; 5 – напрямні.

Вихідні дані :

$m_{\epsilon} = 0,80$  кг – маса рами з губками;

$T = t_{\text{дрх}} = 0,35$  с – час переміщення;

$S = 10,0$  мм – шлях переміщення захвату;

$f = 0,3$  – коефіцієнт тертя осів по напрямним.

Закон прискорення руху – синусоїдальний.

Враховуючи початкові умови маємо:

$$\dot{X} = 0,5129 \cdot \sin(17,9519 t),$$

$$X = 0,0286 \cdot [1 - \cos(17,9519 t)],$$

$$X = 0,0286 \cdot t - 0,0016 \cdot \sin(17,9519 t).$$

Визначимо наближено значення сили корисного опору:

$$P_{\kappa}(t) = m_{\epsilon} \cdot g \cdot f = 0,8 \cdot 9,81 \cdot 0,3 = 2,350 \text{ Н} \quad (2.8)$$

									КРБ 0037.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата						33

Приймаємо магістральний тиск  $P_m = 0,40$  МПа. За номограмами [7] діаметр пневмоциліндра  $D = 63,0$  мм. За табл. 8 [7] приймаємо параметри пневмо-циліндра: діаметр штока  $d = 16$  мм; діаметр вхідного отвору  $d_1 = 8$  мм; площа отвору  $f_{e1} = 5 \cdot 10^{-5} \text{ м}^2$ ; площа поршня у робочій порожнині  $F_1 = 3,1 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2$ ; площа поршня у вихлопній порожнині  $F_2 = 2,9 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2$ .

Уточнюємо тиск магістралі для забезпечення безударної зупинки за формулою 3.5.:

$$P_1 = \frac{98100 \cdot 2,9 \cdot 10^{-3} + 2,6 \cdot 5,129 + 20}{3,1 \cdot 10^{-3}} = 102524,40 \text{ Па} = 0,1 \text{ МПа}$$

Визначаємо результуючу всіх сил опору за формулою 2.8:

$$P(t) = (0,6 \cdot 9,81 + 70) \cdot 0,3 + 20 + 98100 \cdot (3,1 - 2,9) \cdot 10^{-3} = 62,38 \text{ Н.}$$

## 2.8 Розрахунок на міцність вісі приводного конвеєра подачі продукції

Вісь, на якій знаходиться приводний барабан конвеєра подачі продукції сприймає лише поперечні навантаження. Вісь розраховується лише на згин.

Визначимо згинальний момент від всіх поперечних зусиль:

Вертикальна площина:

$$\sum M_A = 0 \quad G_{\text{тб}} \cdot 0,24 - R_B^B \cdot 0,38 = 0 \quad (2.9)$$

$$R_B^B = \frac{G_{\text{тб}} \cdot 0,24}{0,38} = \frac{15 \cdot 0,24}{0,38} = 9,47 \text{ Н} \quad (2.10)$$

$$\sum M_B = 0 \quad -G_{\text{тб}} \cdot 0,14 + R_A^B \cdot 0,38 = 0 \quad (2.11)$$

$$R_A^B = \frac{G_{\text{тб}} \cdot 0,14}{0,38} = \frac{15,0 \cdot 0,14}{0,38} = 5,53 \text{ Н} \quad (2.12)$$

Перевірка

$$\sum Z = 0 \quad R_A^B - G_{\text{тб}} + R_B^B = 0 \quad 5,53 - 15,0 + 9,47 = 0 \quad (2.13)$$

$$M_{\text{зг}}^B = R_A^B \cdot 0,24 = 5,53 \cdot 0,24 = 1,330 \text{ Н}\cdot\text{м.} \quad (2.14)$$

Горизонтальна площина:

$$\sum M_A = 0 \quad Q_{\text{нас}} \cdot 0,05 + Q_{\text{стп}} \cdot 0,24 - R_B^F \cdot 0,38 = 0 \quad (2.15)$$

$$R_B^F = \frac{Q_{\text{нас}} \cdot 0,05 + Q_{\text{стп}} \cdot 0,24}{0,38} = \frac{7 \cdot 0,05 + 6,21 \cdot 0,24}{0,38} = 4,84 \text{ Н} \quad (2.16)$$

					КРБ 0037.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		34

$$\Sigma M_B=0 \quad -Q_{nac} \cdot 0,33 - Q_{cmp} \cdot 0,14 + R_A^r \cdot 0,38 = 0 \quad (2.17)$$

$$R_A^r = \frac{Q_{nac} \cdot 0,33 + Q_{cmp} \cdot 0,14}{0,38} = \frac{7 \cdot 0,33 + 6,21 \cdot 0,14}{0,38} = 8,37 \text{ Н} \quad (2.18)$$

Перевірка

$$\Sigma Y=0 \quad R_A^r - Q_{nac} - Q_{cmp} + R_B^r = 0 \quad 8,37 - 7 - 6,21 + 4,84 = 0 \quad (2.19)$$

I ділянка  $0 \leq x_1 \leq 0,05$  м,  $M_{z_2}^z = R_A^r \cdot x_1$ ,

$$x_1 = 0, \quad M_{z_2}^z = 0;$$

$$x_1 = 0,05 \text{ м}, \quad M_{z_2}^z = 8,37 \cdot 0,05 = 4,19 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

II ділянка  $0,05 \leq x_1 \leq 0,24$  м,  $M_{z_2}^z = R_A^r \cdot x_2 - Q_{nac} \cdot (x_2 - 0,05)$

$$x_2 = 0,05 \text{ м}, \quad M_{z_2}^z = 8,37 \cdot 0,05 - 7 \cdot (0,05 - 0,05) = 4,19 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

$$x_2 = 0,24 \text{ м}, \quad M_{z_2}^z = 8,37 \cdot 0,24 - 7 \cdot (0,24 - 0,05) = 0,68 \text{ Н} \cdot \text{м}.$$

III ділянка  $0,24 \leq x_1 \leq 0,38$  м,  $M_{z_2}^z = R_A^r \cdot x_3 - Q_{nac} \cdot (x_3 - 0,05) - Q_{cmp} \cdot (x_3 - 0,24)$

$$x_2 = 0,24 \text{ м}, \quad M_{z_2}^z = 8,37 \cdot 0,24 - 7 \cdot (0,24 - 0,05) - 6,21 \cdot (0,24 - 0,24) = 0,68 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

$$x_2 = 0,38 \text{ м}, \quad M_{z_2}^z = 8,37 \cdot 0,38 - 7 \cdot (0,38 - 0,05) - 6,21 \cdot (0,38 - 0,24) = 0.$$

Сумарний згинальний момент:

$$M_{z_2C}^{сум} = \sqrt{(M_{z_2C}^B)^2 + (M_{z_2C}^r)^2} = \sqrt{0,028^2 + 4,185^2} = 4,1850 \text{ Н} \cdot \text{м}, \quad (2.20)$$

$$M_{z_2D}^{сум} = \sqrt{(M_{z_2D}^B)^2 + (M_{z_2D}^r)^2} = \sqrt{1,33^2 + 0,68^2} = 1,490 \text{ Н} \cdot \text{м}. \quad (2.21)$$

Діаметр вісі по довжині:

$$d = \sqrt[3]{\frac{M_{z_2}}{0,1 \cdot [\sigma_{z_2}]}} = \sqrt[3]{\frac{4,185 \cdot 10^3}{0,1 \cdot 45,0}} = 9,76 \text{ мм}$$

Матеріал з якого виготовлено вал – сталь ст. 5, з характеристиками  
 $[\sigma_\epsilon] = 500 \text{ мПа}$ ,  $[\sigma_{z_2}] = 45,0 \text{ мПа}$  [2].

З конструктивних міркувань приймаємо вісі в опорах профілі квадрати  
 стороною 10,0 мм.

									Арк.
									35
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	КРБ 0037.00.00.00.000 ПЗ				

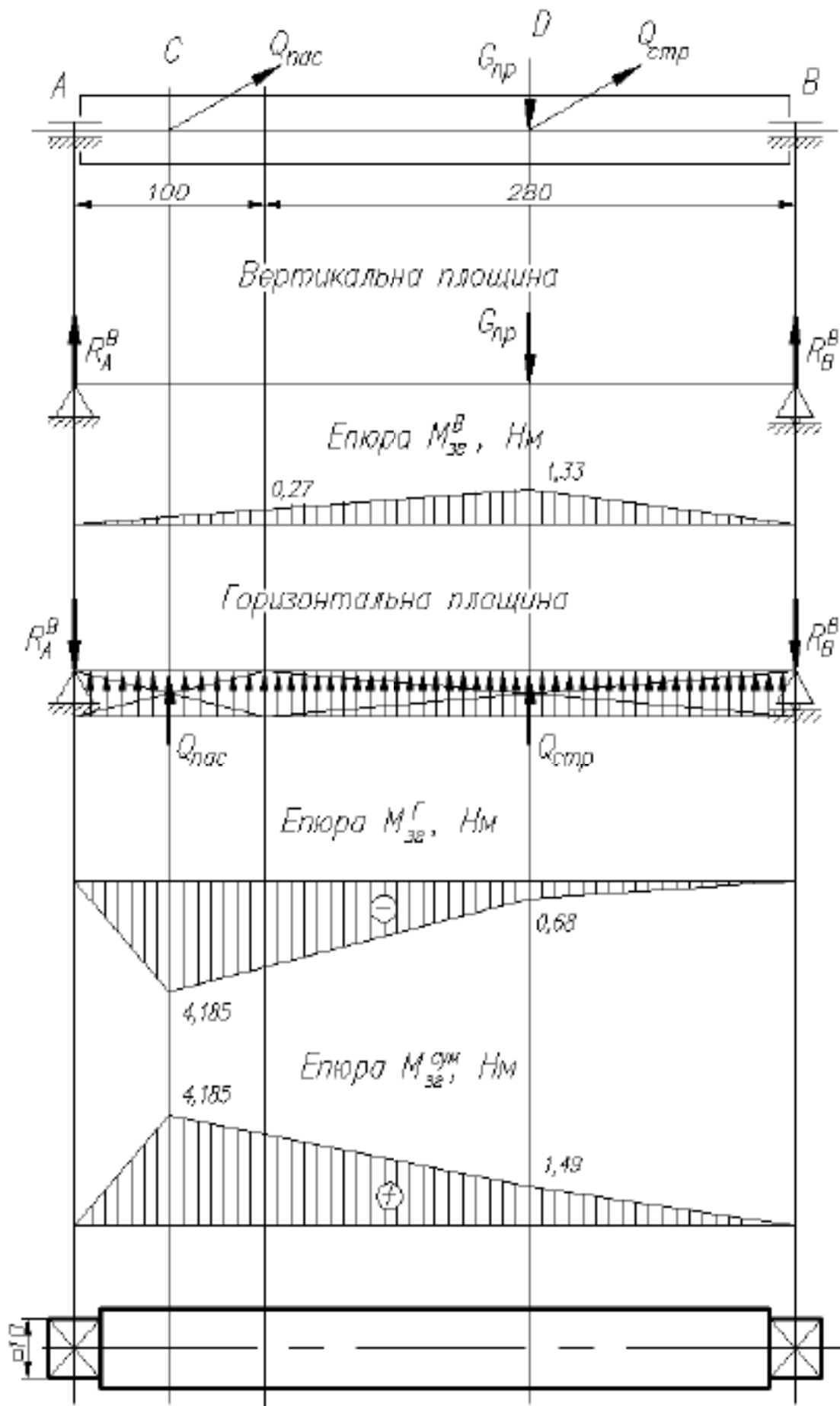


Рис. 2.6 – Розрахункова схема вісі привідного барабана конвеєра подачі продукції

					КРБ 0037.00.00.00.000 ПЗ	Арк. 36
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 2.9 Розрахунок на міцність привідного вала конвеєра відводу продукції

На рис. 2.7. розрахункова схема вала представлена як статично визначена балка на двох опорах, де представлені вектори зосереджених сил.

З рівнянь рівноваги моментів визначаємо реакції опор кожної з площин.

$F_{t6} = 23,747$  Н – тягове зусилля на приводному барабані;

$F_t, F_r, F_a$  – тягове, радіальне та осеве зусилля черв'ячної передачі;

$d_{\omega 1} = 25,0$  мм,  $d_{\omega 2} = 45,0$  мм – дільні діаметри відповідно черв'яка і черв'ячного колеса;

$d = 70,0$  мм – діаметр привідного барабана;

$\eta = 0,70$  – ккд черв'ячного мотор-редуктора;

$N_{\text{вих}} = 10,0$  Вт – потужність на вихідному валу;

$n_{\text{вих}}$  – частота обертів на вихідному валу;

$$F_t = \frac{2 \cdot T_2}{d_{\omega 2}} = \frac{2 \cdot 0,98}{0,045} = 43,50 \text{ Н} \quad (2.23)$$

$$F_r = F_t \cdot \operatorname{tg} \alpha = 43,50 \cdot \operatorname{tg} 40^\circ = 36,50 \text{ Н}, \quad (2.24)$$

$$F_a = \frac{2 \cdot T_1}{d_{\omega 1}} = \frac{2 \cdot 1,40}{0,025} = 112,0 \text{ Н} \quad (2.25)$$

$$T_2 = 9,55 \cdot \frac{N_{\text{вих}}}{n_{\text{вих}}} = 9,55 \cdot \frac{10,0}{97,12} = 0,98 \text{ Н} \cdot \text{м} \quad (2.26)$$

$$n_{\text{вих}} = \frac{60,0 \cdot \vartheta}{\pi \cdot d} = \frac{60,0 \cdot 0,356}{3,14 \cdot 0,07} = 97,12 \frac{\text{об}}{\text{хв}} \quad (2.27)$$

$$T_1 = \frac{T_2}{\eta} = \frac{0,98}{0,7} = 1,4 \text{ Н} \cdot \text{м} \quad (2.28)$$

Вертикальна площина:

$$\sum M_A = 0 \quad F_a \cdot \frac{d_{\omega 1}}{2} + F_r \cdot 0,1 - R_B^B \cdot 0,2 = 0 \quad (2.29)$$

$$R_B^B = \frac{1}{0,2} \cdot \left( F_a \cdot \frac{d_{\omega 1}}{2} + F_r \cdot 0,1 \right) = \frac{1,0}{0,2} \cdot \left( 112 \cdot \frac{0,045}{2,0} + 36,5 \cdot 0,1 \right) = 30,85 \text{ Н} \quad (2.30)$$

$$\sum M_B = 0 \quad F_a \cdot \frac{d_{\omega 1}}{2} + F_r \cdot 0,3 - R_A^B \cdot 0,2 = 0 \quad (2.31)$$

					КРБ 0037.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		37

$$R_A^B = \frac{1}{0,2} \cdot \left( F_a \cdot \frac{d_{\text{вв1}}}{2} + F_r \cdot 0,3 \right) = \frac{1}{0,2} \cdot \left( 112 \cdot \frac{0,045}{2,0} + 36,5 \cdot 0,30 \right) = \quad (2.32)$$

$$= 67,35 \text{ H}$$

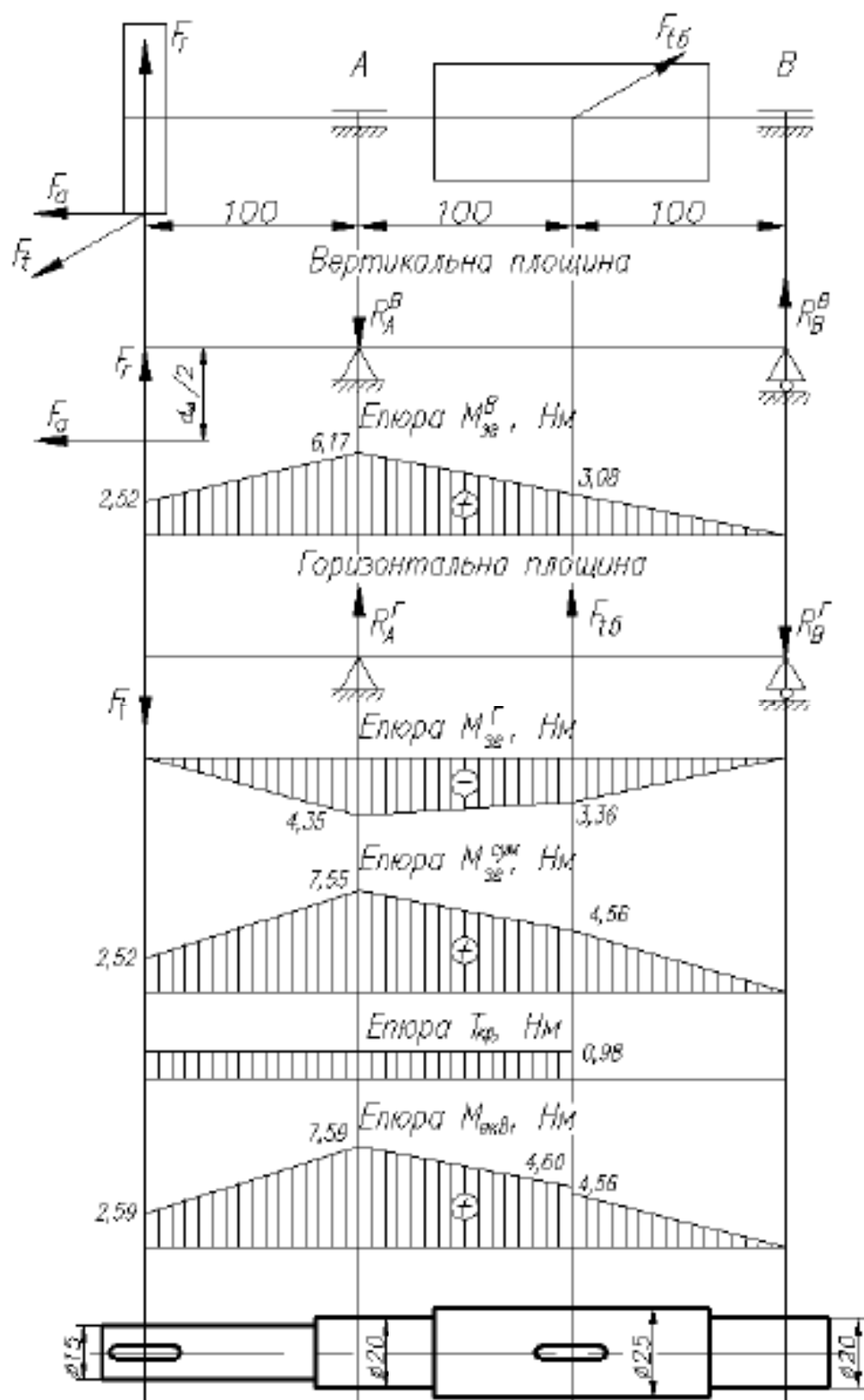


Рис. 2.7 – Розрахункова схема вала привідного барабана конвеєра відводу продукції

					Арк.
КРБ 0037.00.00.00.000 ПЗ					38
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	

Перевірка

$$\Sigma Z = 0 \quad F r - R_A^B + R_B^B = 0 \quad 36,5 - 67,35 + 30,85 = 0. \quad (2.33)$$

I ділянка  $0 \leq x_1 \leq 0,2$  м,  $M_{z_2}^B = R_B^B \cdot x_1$ ,

$$x_1 = 0, \quad M_{z_2}^B = 0;$$

$$x_1 = 0,2 \text{ м}, \quad M_{z_2}^B = 30,85 \cdot 0,2 = 6,17 \text{ Н}\cdot\text{м}.$$

II ділянка  $0,2 \leq x_1 \leq 0,3$  м,  $M_{z_2} = R_B^B \cdot x_2 - R_A^B \cdot (x_2 - 0,2)$

$$x_2 = 0,2 \text{ м}, \quad M_{z_2}^B = 30,85 \cdot 0,2 - 67,35 \cdot (0,2 - 0,2) = 6,17 \text{ Н}\cdot\text{м};$$

$$x_2 = 0,3 \text{ м}, \quad M_{z_2}^B = 30,85 \cdot 0,3 - 67,35 \cdot (0,3 - 0,2) = 2,52 \text{ Н}\cdot\text{м}.$$

Горизонтальна площина:

$$\Sigma M_A = 0 \quad -F_t \cdot 0,1 - F_{t6} \cdot 0,1 + R_B^F \cdot 0,2 = 0 \quad (2.34)$$

$$R_B^F = \frac{1,0}{0,2} \cdot (F_t \cdot 0,1 + F_{t6} \cdot 0,1) = \frac{1,0}{0,2} \cdot (43,5 \cdot 0,1 + 23,75 \cdot 0,1) = 33,62 \text{ Н} \quad (2.35)$$

$$\Sigma M_B = 0 \quad -F_t \cdot 0,3 + F_{t6} \cdot 0,1 + R_A^F \cdot 0,2 = 0 \quad (2.36)$$

$$R_A^F = \frac{1,0}{0,2} \cdot (F_t \cdot 0,3 + F_{t6} \cdot 0,1) = \frac{1,0}{0,2} \cdot (43,5 \cdot 0,3 - 23,75 \cdot 0,1) = 53,37 \text{ Н} \quad (2.37)$$

Перевірка

$$\Sigma Y = 0 \quad -F_t + R_A^F + F_{t6} - R_B^F = 0 \quad -43,5 + 53,37 + 23,75 - 33,62 = 0 \quad (2.38)$$

I ділянка  $0 \leq x_1 \leq 0,1$  м,  $M_{z_2}^2 = -F_t \cdot x_2$ ,

$$x_1 = 0, \quad M_{z_2}^2 = 0;$$

$$x_1 = 0,1 \text{ м}, \quad M_{z_2}^2 = -43,5 \cdot 0,1 = -4,35 \text{ Н}\cdot\text{м}.$$

II ділянка  $0,1 \leq x_1 \leq 0,2$  м,  $M_{z_2}^2 = -F_t \cdot x_2 + R_A^F \cdot (x_2 - 0,1)$

$$x_2 = 0,1 \text{ м}, \quad M_{z_2}^2 = -43,5 \cdot 0,1 + 53,37 \cdot (0,1 - 0,1) = -4,35 \text{ Н}\cdot\text{м};$$

$$x_2 = 0,2 \text{ м}, \quad M_{z_2}^2 = -43,5 \cdot 0,2 + 53,37 \cdot (0,2 - 0,1) = -3,36 \text{ Н}\cdot\text{м};$$

III ділянка  $0,2 \leq x_1 \leq 0,2$  м,  $M_{z_2}^2 = -F_t \cdot x_3 + R_A^F \cdot (x_3 - 0,1) + F_{t6} \cdot (x_3 - 0,2)$

$$x_2 = 0,2 \text{ м}, \quad M_{z_2}^2 = -43,5 \cdot 0,2 + 53,37 \cdot (0,2 - 0,1) + 23,75 \cdot (0,2 - 0,2) = -3,36 \text{ Н}\cdot\text{м};$$

$$x_2 = 0,3 \text{ м}, \quad M_{z_2}^2 = -43,5 \cdot 0,3 + 53,37 \cdot (0,3 - 0,1) + 23,75 \cdot (0,3 - 0,2) = 0.$$

					КРБ 0037.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		39

Сумарний згинальний момент:

$$M_{32A}^{сум} = \sqrt{(M_{32A}^B)^2 + (M_{32A}^F)^2} = \sqrt{6,17^2 + 4,35^2} = 7,55 \text{ Н} \cdot \text{м}, \quad (2.39)$$

$$M_{32B}^{сум} = \sqrt{(M_{32B}^B)^2 + (M_{32B}^F)^2} = \sqrt{3,08^2 + 3,36^2} = 4,56 \text{ Н} \cdot \text{м}. \quad (2.40)$$

Еквівалентний момент:

$$M_{сумА} = \sqrt{(M_{32A}^{сум})^2 + (\alpha \cdot T_{кр})^2} = \sqrt{7,55^2 + (0,6 \cdot 0,98)^2} = 7,59 \text{ Н} \cdot \text{м}, \quad (2.41)$$

$$M_{сумВ} = \sqrt{(M_{32B}^{сум})^2 + (\alpha \cdot T_{кр})^2} = \sqrt{4,56^2 + (0,6 \cdot 0,98)^2} = 4,60 \text{ Н} \cdot \text{м}. \quad (2.42)$$

$$M_{сумС} = \sqrt{(M_{32C}^{сум})^2 + (\alpha \cdot T_{кр})^2} = \sqrt{2,52^2 + (0,6 \cdot 0,98)^2} = 2,59 \text{ Н} \cdot \text{м}. \quad (2.43)$$

Діаметр вала під підшипникову опору :

$$d = \sqrt[3]{\frac{M_{екв}}{0,1 \cdot [\sigma_{зг}]}} = \sqrt[3]{\frac{7,59 \cdot 10^3}{0,1 \cdot 55}} = 11,13 \text{ мм} \quad (2.44)$$

Матеріал з якого виготовлено вал – сталь 45, з характеристиками  $[\sigma_s] = 600 \text{ мПа}$ ,  $[\sigma_{зг}] = 55 \text{ мПа}$  [ 2].

З конструктивних міркувань приймаємо діаметр вала під підшипникові опори 20 мм.

## 2.10 Вибір підшипників

Основні характеристики підібраних підшипників приведені в табл. 2.2.

Таблиця 2.2 – Основні характеристики підібраних підшипників

					КРБ 0037.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		40

	№ підшипника	d, мм	D, мм	B, мм	[C], Н
Вісь конвеєру подачі продукції	202 шариковий радіальний однорядний ГОСТ 8335-75	15	35	11	7800
Вал конвеєру відводу продукції	80204 шариковий радіальний однорядний з ущільненням ГОСТ 8882-75	20	47	14	8390

### 2.11 Кінематичний розрахунок конвеєра подачі виробів

На рис. 2.8. приведена розрахункова схема конвеєра.

Визначення лінійних навантажень:

від стрічки

$$q_{стр\ 1} = V_{пос} \cdot \rho = 1,6 \cdot 10^{-5} \cdot 1200,0 = 1,92 \cdot 10^{-2} = 0,0192 \text{ кг/м} = 0,188 \text{ Н/м} \quad (2.45)$$

де  $V_{пос}$  – лінійний об'єм паса.

$$V_{пос} = a \cdot b \cdot l = 0,008 \cdot 0,002 \cdot 1,0 = 1,6 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3.$$

де  $l = 1,0$  м – довжина;

$a = 8,0$  мм – ширина паса;

$b = 2,0$  мм – товщина паса;

$\rho = 1,20$  г/мм<sup>3</sup> – густина полістірола.

					КРБ 0037.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		41



Рис. 2.8 – Розрахункова схема конвеєра

Лінійне навантаження від 6 пасів (рис.2.9):

$$q_{стр} = 6 \cdot q_{стр1} = 6 \cdot 0,1880 = 1,130 \text{ Н/м.} \quad (2.46)$$

Прийmemo максимально-допустиму вагу товару, враховуючи вагу лотка – 1,50 кг.

Тоді лінійна вага товару:

$$q_{пр} = \frac{m_{пр} \cdot g}{l} = \frac{1,5 \cdot 9,81}{0,8} = 18,39 \text{ Н/м} \quad (2.47)$$

Розраховуємо натяги в точках 1–4:

$$S_1 = S_{36} = S_{\min}; \quad (2.48)$$

$$\begin{aligned} S_2 &= S_1 + W_{1-2} = S_1 + q_{стр} \cdot l \cdot \omega' = S_1 + 1,13 \cdot 0,8 \cdot 0,15 = \\ &= S_1 + 0,13560 \end{aligned} \quad (2.49)$$

де  $\omega' = 0,15$  – коефіцієнт опору переміщення стрічки по напрямній [ 2 ] ;

					КРБ 0037.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		42

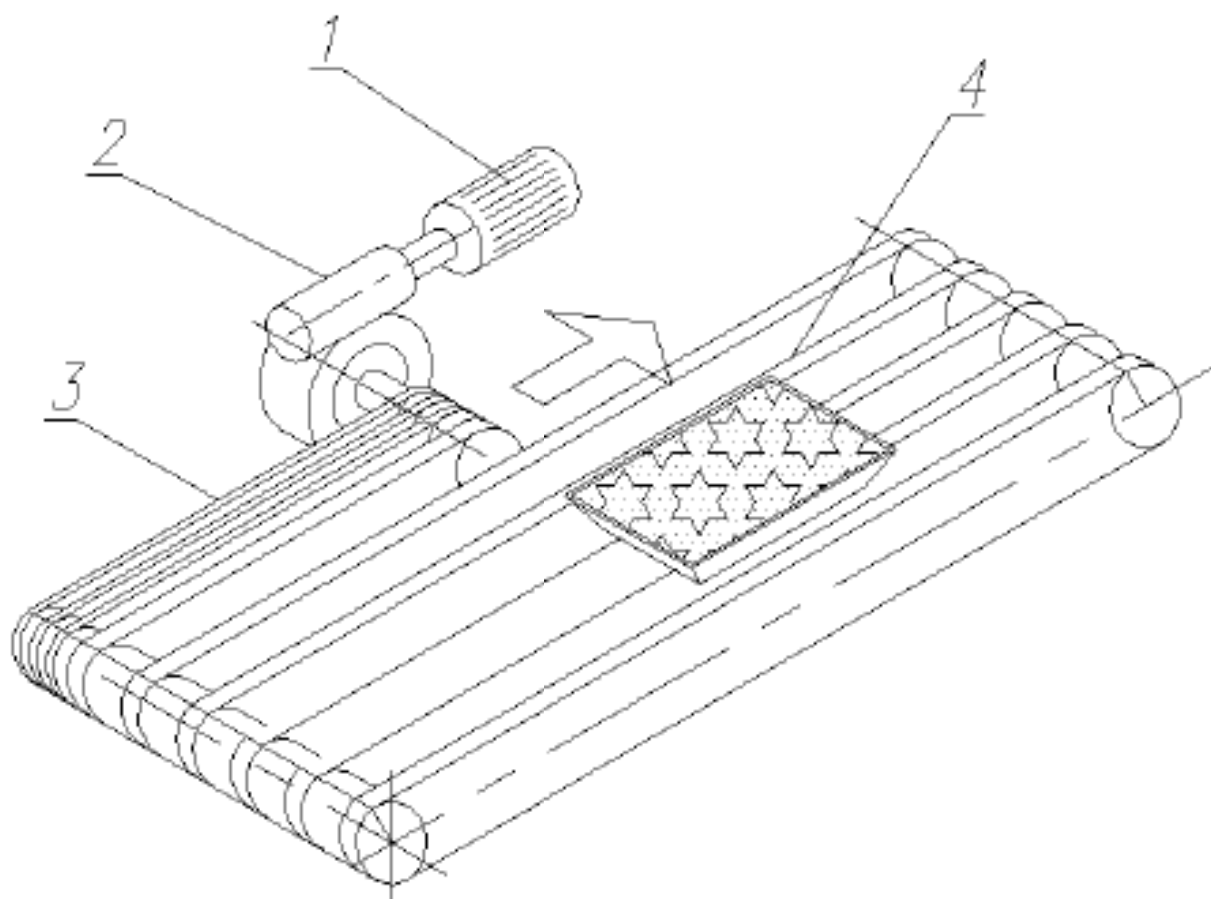


Рис. 2.9 – Загальний вигляд конвеєра:

1 – електродвигун, 2 – редуктор черв'ячний, 3 – пасова передача, 4 – конвеєр.

$$S_3 = \lambda \cdot S_2 = 1,04 \cdot (S_1 + 0,1356) = 1,04 \cdot S_1 + 0,141 \quad (2.50)$$

де  $\lambda = 1,03 - 1,06$  – коефіцієнт опору переміщення стрічки при огинанні барабану [2];

$$\begin{aligned} S_4 = S_{нб} = S_{\max} = S_3 + (q_{лр} + q_{стр}) \cdot l \cdot \omega' &= 1,04 \cdot S_1 + 0,141 + (18,39 + 1,13) \cdot 0,8 \cdot 0,15 = \\ &= 1,04 \cdot S_1 + 2,4834 \end{aligned} \quad (2.51)$$

Справедливе рівняння Ейлера:

$$S_{нб} \leq S \cdot e^{f \cdot \alpha} \quad (2.52)$$

де  $f=0,85$  – коефіцієнт тертя ковзання між пасами і барабаном [11].

З системи рівняння знаходимо  $S_{зб}$ , потім  $S_{нб}$ :

$$S_{нб} = 1,04 \cdot S_1 + 2,4834; \quad (2.53)$$

$$S_{нб} \leq S_1 \cdot e^{0,85 \cdot 3,14};$$

$$1,04 \cdot S_1 + 2,4834 = S_1 \cdot 14,4451;$$

					КРБ 0037.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

$$S_1 = \frac{2,4834}{14,4451 - 1,04} = 0,1852 \text{ Н};$$

$$S_{нб} = 1,04 \cdot 0,1852 + 2,4834 = 2,6760 \text{ Н}.$$

Тягове зусилля на приводному барабані:

$$F = S_{нб} - S_{зб} + k \cdot (S_{нб} + S_{зб}) = 2,676 - 0,1852 + 1,3 \cdot (2,676 + 0,1852) = 6,21 \text{ Н} \quad (2.54)$$

Необхідна потужність привода:

$$N_p = \frac{F \cdot \vartheta}{1000,0 \cdot \eta} = \frac{6,21 \cdot 0,80}{1000,0 \cdot 0,92} = 5,4 \cdot 10^{-3} \text{ кВт} = 5,4 \text{ Вт} \quad (2.55)$$

де  $\eta = 0,92$  – ккд привода;

$\vartheta$  – швидкість руху конвеєра;

$$\vartheta = \frac{L}{t} = \frac{0,8}{1,0} = 0,8 \text{ м/с} \quad (2.56)$$

де  $L = 0,8$  м – відстань між осями барабанів;

$t = t_{1px} = 1$  с – час робочого ходу конвеєра.

## 2.12 Динамічний розрахунок механізму розмотування стреч-плівки

На рис. 2. 10 приведено розрахункову схему механізму розмотування плівки.

Вихідні дані:

$$H_1 = 170,0 \text{ мм}; H_2 = 200,0 \text{ мм}; H_3 = 40,0 \text{ мм}.$$

Приймаємо стреч-плівку ПВХ товщиною 8,0 мкм, шириною 280,0 мм з стандартною довжиною 1500,0 м, намотану на картонну трубку .

Вага плівки на бобіні тоді становить:

$$m_6 = a \cdot b \cdot l \cdot \rho = 8 \cdot 10^{-6} \cdot 0,28 \cdot 1500,0 \cdot 800,0 = 2,7 \text{ кг} \quad (2.57)$$

де  $\rho = 0,8 \text{ г/мм}^3 = 800,0 \text{ кг/м}^3$  – густина плівки.

$$G = m_6 \cdot g = 2,7 \cdot 9,81 = 26,4 \text{ Н} \quad (2.58)$$

Зусилля в точці 6 повинно бути меншим допустимого зусилля на розтяг (розрив) :

$$P < [P]. \quad (2.59)$$

З умови міцності на розтяг маємо:

					КРБ 0037.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		44

$$\sigma_p = \frac{[P]}{F} \leq [\sigma_p] \quad (2.60)$$

де  $[\sigma_p] = 150,0 \text{ Н/мм}^2$  – допустиме напруження на розрив (розтяг);

$F$  – площа поперечного перерізу:

$$F = \delta \cdot S = 8 \cdot 10^{-6} \cdot 0,28 = 2,24 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2. \quad (2.61)$$

Допустиме зусилля:

$$[P] = F \cdot [\sigma_p] = 2,24 \cdot 10^{-6} \cdot 150,0 \cdot 10^6 = 336,0 \text{ Н} \quad (2.62)$$

Задаємося  $S_6 = 330,0 \text{ Н}$ , тоді:

$$S_5 = S_6 - q_{пл} \cdot H_3 \cdot \omega' = 330,0 - 0,0176 \cdot 0,04 \cdot 1,20 = 329,999 \text{ Н}. \quad (2.63)$$

де  $\omega' = 1,20$  – коефіцієнт, що враховує ковзання стреч-плівки об нерухому дерев'яну напрямну;

$q_{пл}$  – лінійне навантаження від плівки:

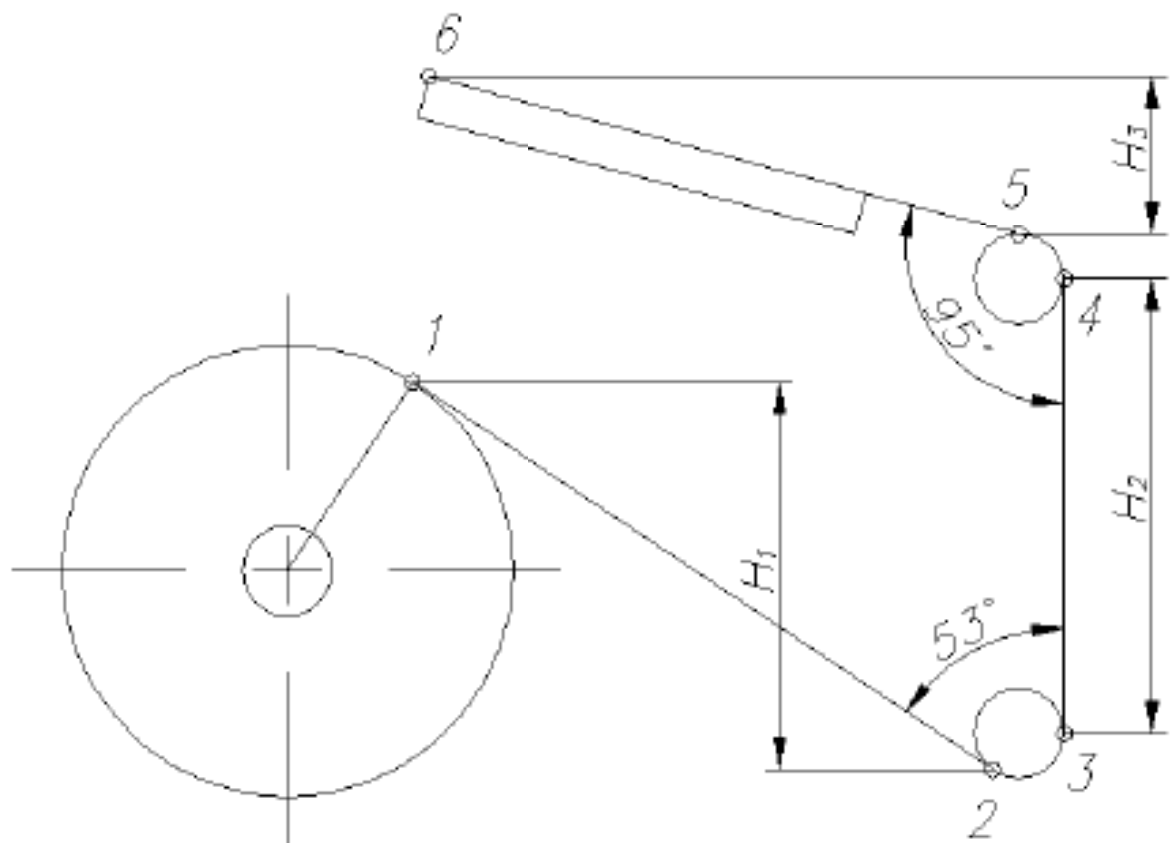


Рис. 2. 10 – Розрахункова схема механізму розмотування плівки

$$q_{пл} = a \cdot b \cdot l' \cdot \rho \cdot g = 8 \cdot 10^{-6} \cdot 0,28 \cdot 1,0 \cdot 800 \cdot 9,81 = 0,0176 \text{ Н/м} \quad (2.64)$$

					КРБ 0037.00.00.00.000 ПЗ	Арк. 45
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$S_4 = \frac{S_5}{e^{f \cdot \alpha}} = \frac{329,999}{e^{0,8 \cdot \frac{3,14}{180} \cdot 95,0}} = 87,588 \text{ Н} \quad (2.65)$$

$$S_3 = S_4 - q_{пл} \cdot H_2 = 87,588 - 0,0176 \cdot 0,2 = 87,584 \text{ Н} \quad (2.66)$$

$$S_2 = \frac{S_3}{e^{f \cdot \alpha}} = \frac{87,584}{e^{0,8 \cdot \frac{3,14}{180} \cdot 53}} = 41,787 \text{ Н} \quad (2.67)$$

$$S_1 = S_2 + q_{пл} \cdot H_1 = 41,787 + 0,0176 \cdot 0,17 = 41,79 \text{ Н} \quad (2.68)$$

Вага одного рулону разом з картонною трубкою становить 35,0 Н. Приймавши до уваги тертя кочення підшипників на валу в конусах, що утримують рулон можна вважати, що

$$S_1 > [S] = k_3 \cdot 35,0 \quad (2.69)$$

$$41,79 > k_3 \cdot 35,0.$$

Коефіцієнт запасу складає:

$$k_3 = \frac{41,79}{35,0} = 1,20.$$

### 2.13 Динамічний розрахунок механізму фіксування рулону

Схема з прикладеними силами до конусів рулонтримача представлена на рис. 2.11.

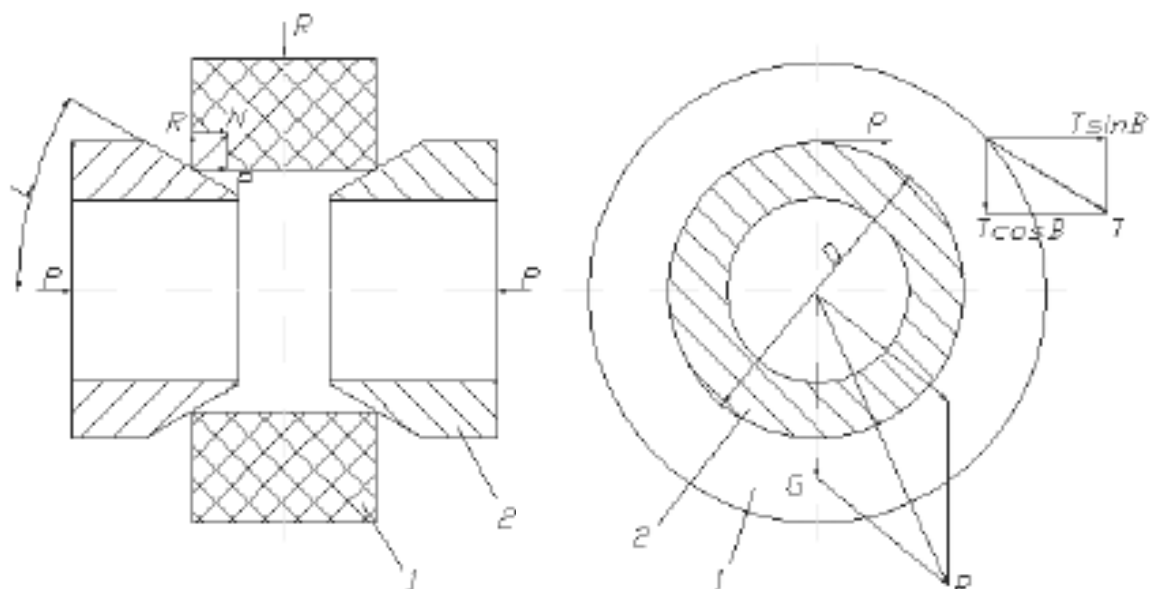


Рис. 2.11 – Схема прикладення сил до конусів рулон тримача: 1 – конус; 2 – рулон.

Осьове зусилля створюється в різних конструкціях роlikової системи кріплення по-різному. У системах із фіксуєчим гвинтом або самоблокуєчим роlikовим затискаєчем необхїдне осьове зусилля створюється безпосередньо вручну.

Для кріплення рулон необхїдно затиснути конусами, щоб уникнути зсуву рулону і тримача, що призводить до пульсаєій натягу в розмотанїй плївці. Осьова сила намотування повинна долати вагу рулону  $G$ , орієнтованого вертикально, і плївки  $T$ , прикладеної до рулону і спрямованої під кутом до вертикалі. У бїльшості випадків рулон гальмується гальмуванням рулонотримача. При цьому осьова сила повинна створювати момент сил тертя на колї контакту ролика з конусом діаметром  $D$  не меншим за силу гальмування, інакше ролик під час гальмування буде обертатися на конусах.

Після того, як рулон на мить звільняється від натягу фольги, що розмотується, момент, необхїдний для прискорення рулону разом із обертанням тримача рулону, і момент, необхїдний для подолання опору руху тримача рулону, який завжди набагато менше гальмівного моменту. Якщо момент натягу плївки, необхїдний для обертання рулону, перевищує гальмівний момент, який може виникати при рїзних ривках у системї подаєчі, то гальмо прослизає. Тому момент, що передається рулонотримачем за рахунок сил тертя об втулку рулону, в цьому випадку рївний сумї гальмівного моменту  $M_m$  і моменту опору обертання рулонотримача  $M_c$ .

Таким чином максимальний момент  $M_\Sigma$ , який повинен передати рулонотримач рївний сумї моментів, гальмівного і моменту опору обертання рулонотримача:

$$M_\Sigma = M_m + M_c = P_{тр} \cdot D . \quad (2.70)$$

Рївнодїюча ваги  $G$  і натягу  $T$ :

$$\begin{aligned} R &= \sqrt{(G + T \cdot \cos \beta)^2 + (T \cdot \sin \beta)^2} = \\ &= \sqrt{(35 + 41,79 \cdot \cos 53^\circ)^2 + (41,79 \cdot \sin 53^\circ)^2} = 68,79 \text{ Н} . \end{aligned} \quad (2.71)$$

Осьова складова реакєії конусів:

					КРБ 0037.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		47

$$P_R = R \cdot \operatorname{tg} \alpha = 68,70 \cdot \operatorname{tg} 60^\circ = 43,360 \text{ Н} \quad (2.72)$$

Сила тертя, що викликається нормальною реакцією конусів:

$$P_{тр} = \frac{f \cdot P_M}{\sin \alpha} \quad (2.73)$$

де  $P_M$  – осьове зусилля, яке необхідне для передачі максимального моменту  $M_\Sigma$ .

$$P_M = \frac{M_m + M_c}{f \cdot D} \sin \alpha \quad (2.74)$$

Необхідне осьове зусилля  $P_o$  затискання рулону конусами рулонотримача повинно бути не менше, ніж більша із сил  $P_M$  і  $P_R$ .

## 2.14 Кінематичний розрахунок конвеєра відводу продукції

Розрахункова схема конвеєра приведена на рис. 2.12.

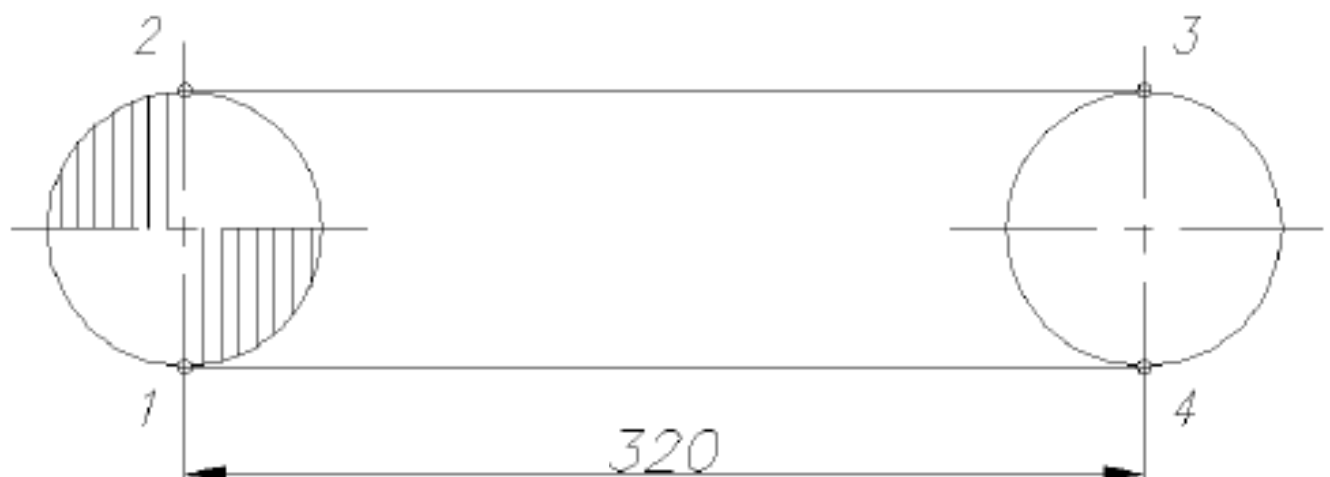


Рис. 2.12 – Розрахункова схема конвеєра

Лінійне навантаження від стрічки:

$$q_{стр 1} = V_{поз} \cdot \rho = 3,6 \cdot 10^{-4} \cdot 4000,0 = 1,440 \text{ кг/м} = 14,126 \text{ Н/м} \quad (2.75)$$

де  $V_{поз}$  – погонний об'єм стрічки.

$$V_{поз} = a \cdot b \cdot l = 0,3 \cdot 0,0012 \cdot 1 = 3,6 \cdot 10^{-4} \text{ м}^3.$$

де  $l = 1 \text{ м}$  – довжина;

$a = 300,0 \text{ мм}$  – ширина стрічки;

$b = 1,20 \text{ мм}$  – товщина стрічки;

					КРБ 0037.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		48

$\rho = 4 \text{ г/мм}^3$  - густина тефлона.

Лінійна вага від продукції  $q_{пр} = 18,39 \text{ Н/м}$  (що розраховано вище).

Визначимо натяги в точках 1-4.

$$S_1 = S_{3\theta} = S_{min} \quad (2.76)$$

$$S_2 = S_1 + W_{1-2} = S_1 + q_{стр} \cdot l \cdot \omega' = S_1 + 14,126 \cdot 0,32 \cdot 0,15 = \\ = S_1 + 0,678 \quad (2.77)$$

$$S_3 = \lambda \cdot S_2 = 1,04 \cdot (S_1 + 0,678) = 1,04 \cdot S_1 + 0,705 \quad (2.78)$$

$$S_4 = S_{нб} = S_{3 пр стр max} = \\ = 1,04 \cdot S_1 + 0,705 + (18,39 + 14,126) \cdot 0,32 \cdot 0,15 \\ = 1,04 \cdot S_1 + 2,266 \quad (2.79)$$

Загальний вигляд конвеєра відводу товару приведено на рис. 2.13.

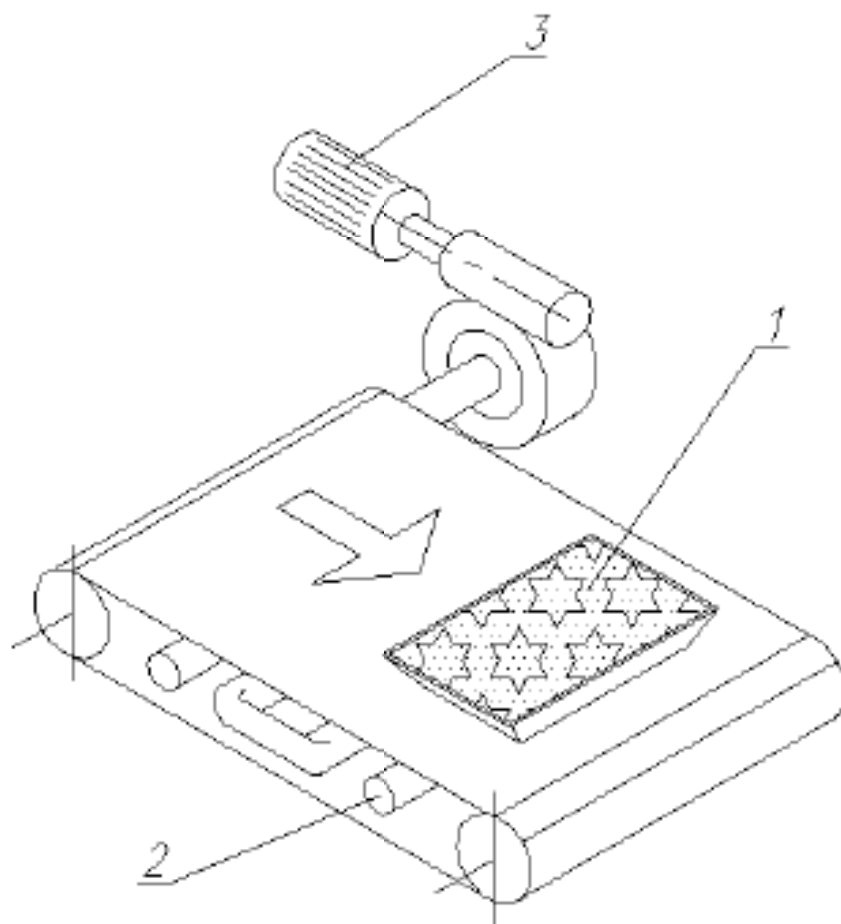


Рис. 2.13 – Загальний вигляд конвеєра відводу товару:  
1 – стрічковий конвеєр, 2 – тефлоновий ТЕН; 3 – привод.

					КРБ 0037.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		49

Справедливе рівняння Ейлера:

$$S_{нб} \leq S \cdot e^{f \cdot \alpha} \quad (2.80)$$

де  $f = 0,10$  – коефіцієнт тертя ковзання між пасами і барабаном.

З системи рівняння знаходимо  $S_{зб}$ , потім  $S_{нб}$ :

$$S_{нб} = 1,04 \cdot S_1 + 2,266 \quad (2.81)$$

$$S_{нб} \leq S_1 \cdot e^{0,1 \cdot 3,14}$$

$$1,04 \cdot S_1 + 2,266 = S_1 \cdot 1,3691$$

$$S_1 = \frac{2,266}{1,3691 - 1,04} = 6,8854 \text{ Н}$$

$$S_{нб} = 1,04 \cdot 6,8854 + 2,266 = 9,4269 \text{ Н}$$

Тягове зусилля на приводному барабані:

$$\begin{aligned} F &= S_{нб} - S_{зб} + k \cdot (S_{нб} + S_{зб}) = \\ &= 9,4269 - 6,8854 + 1,3 \cdot (9,4269 + 6,8854) = 23,747 \text{ Н} \end{aligned} \quad (2.82)$$

Необхідна потужність привода:

$$N_p = \frac{F \cdot \vartheta}{1000 \cdot \eta} = \frac{23,747 \cdot 0,356}{1000 \cdot 0,920} = 9,18 \cdot 10^{-3} \text{ кВт} = 9,18 \text{ Вт} \quad (2.83)$$

де  $\eta = 0,92$  – ккд привода;

$\vartheta$  – швидкість руху конвеєра:

$$\vartheta = \frac{L}{t} = \frac{0,32}{0,90} = 0,356 \text{ м/с} \quad (2.84)$$

де  $L = 0,32$  м – відстань між осями барабанів;

$t = t_{1рх} = 0,9$  с – час робочого ходу конвеєра.

					КРБ 0037.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		50

## 3 РЕКОМЕНДАЦІЇ З ЕКСПЛУАТАЦІЇ ОБЛАДНАННЯ

### 3.1 Уникнення виробничого травматизму на дільниці

Транспортні роботи, технічне обслуговування окремих видів технологічного та електрообладнання, ремонтні, вантажно-розвантажувальні, а також транспортно-складські роботи є одними з найбільш небезпечних на пакувальних станціях.

Значну частину припадає на електротравматизм, який характеризується високим відсотком летальних випадків. Основними причинами сильного ураження електричним струмом працівників під час обслуговування електроустаткування і при роботі поблизу електрообладнання є заборонена робота під напругою, дефекти монтажу електропроводів, електрообладнання, використання проводів з неякісною ізоляцією, механічні пошкодження силових ізоляція силових кабелів, проводів заземлення.

На керівників комплексу, технічних служб, завідуючих магазинами, виробництвами, змінами та ділянками покладено певні обов'язки в галузі охорони праці.

Наприклад, начальник зміни відповідає за безпечне ведення технологічного процесу, контролює дотримання працівниками інструкцій по застосуванню засобів індивідуального захисту на робочих місцях, інструктує працівників з техніки безпеки і т. д. Головний механік керує охороною праці в підпорядкованих служб, організовує технічний нагляд за безпечним станом будівель, пристроїв тощо.

Для кожної посади в штатному розкладі повинна бути розроблена програма навчання, яка фіксує знання та інструкції для роботи. Як правило, програми навчання розробляють і затверджують відділи підготовки кадрів, а робочі інструкції знаходяться на контролі виробничо-технічних відділів.

Велика кількість нещасних випадків зі смертельним наслідком, виробничих травм або випадків з тяжкими наслідками відбувається під час ремонтно-будівельних робіт (особливо на висоті) і при незадовільній організації вантажно-розвантажувальних робіт, при експлуатації непрацюючого обладнання та

					КРБ 0037.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		51

відсутності проекту організації робіт, що регламентує послідовність і безпеку їх виконання, відсутність нагляду за виконанням цих робіт і допуск до них осіб, які не пройшли навчання техніці безпеки.

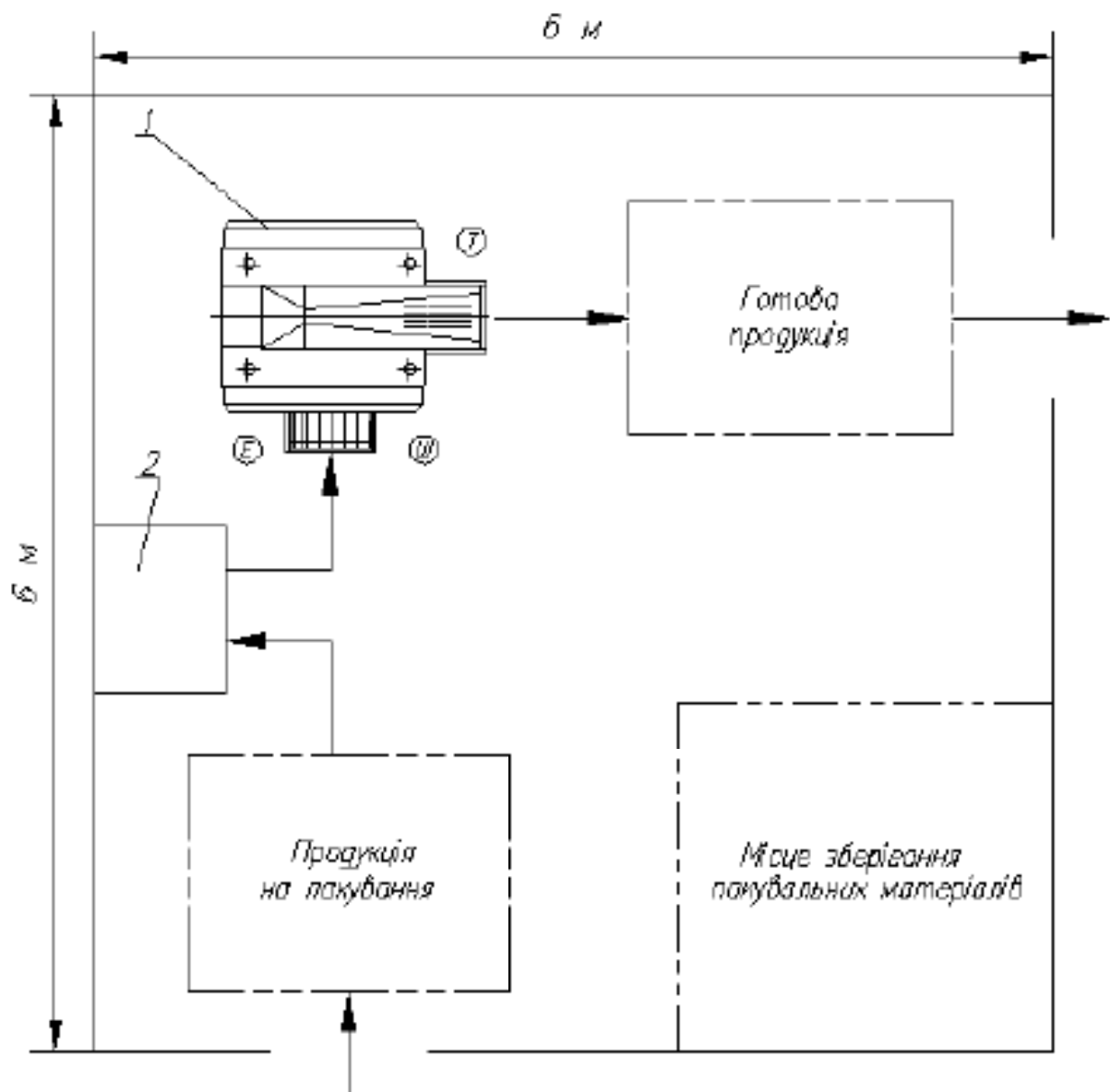


Рис. 3.1 Технологічна схема пакування в стреч-плівку: 1 – автомат для пакування в стреч-плівку; 2 – стіл підготовки до пакування продукції. Умовні позначення шкідливих і небезпечних чинників: Ш – шум; Т – тепловиділення; Е – електробезпека.

Понад 20% від загальної кількості нещасних випадків у галузі становлять травми, пов'язані з падінням людей з навісних драбин, роботою зі шлангами, на слизькій підлозі, подоланням перешкод і падінням у ями.

									Арк.
									52
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	КРБ 0037.00.00.00.000 ПЗ				

Аналіз виробничого травматизму, який систематично проводиться з року в рік на фабриках і тарних підприємствах, показує, що близько 80% від загального числа нещасних випадків відбувається з організаційних причин. Тому для зниження рівня нещасних випадків на виробництві необхідно в першу чергу проводити організаційні заходи, а також намагатися підвищити трудову та виробничу дисципліну.

### **3.2 Санітарні умови на дільниці**

Багато співробітників працюють в умовах підвищеного фонового шуму на робочих місцях. Джерелами шуму є компресори, двигуни, пакувальні машини. На робочих місцях, у допоміжних приміщеннях, на території багатьох торговельних комплексів освітлення не відповідає вимогам чинних стандартів, санітарно-технічні вимоги до пакувальних мереж і торговельних комплексів побутового обслуговування регламентуються національним законодавством, спеціальними та галузевими нормативно-технічними документами. Основні гігієнічні вимоги до технологічних процесів та обладнання наведені в нормативному документі - Санітарні правила організації технологічних процесів та гігієнічні вимоги до технологічного обладнання. Крім цих документів МОЗ України видає санітарні норми, принципи, методичні вказівки та рекомендації, а також накази з окремих важливих питань.

### **3.3 Рекомендації з техніки безпеки при користуванні обладнанням**

1. Експлуатацію та роботу на машині можуть виконувати лише особи, які пройшли відповідне навчання та ознайомлені з правилами техніки безпеки та інструкцією з експлуатації.

2. Для роботи з верстатом оператори та наладчики повинні бути у спеціальному одязі та захисних окулярах.

3. Місце роботи машини повинно бути позначене знаком безпеки згідно з ДСТУ 12.4.026-76.

4. Проходи не повинні бути захаращені ящиками, лотками та іншими

					КРБ 0037.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		53

сторонніми предметами.

5. Для забезпечення електробезпеки електропроводка від шафи до машини повинна прокладатися тільки в металевій трубі.

6. Надійно заземліть шасі машини та електричну шафу. Для заземлення машини з контуром заземлення на рамі передбачений спеціальний гвинт з позначкою «Заземлення».

7. Перевірку надійності заземлення металевих частин машини необхідно проводити відповідно до правил і вимог, що містяться в правилах прокладки електроустановок (П У Е) і правилах технічної експлуатації ( ПТ Е).

8. Корпуси та корпуси машин повинні бути встановлені на місці та надійно закріплені.

9. Перед початком роботи перевірити придатність захисних пристроїв. Категорично забороняється працювати з пошкодженими електричними кнопками керування машиною.

10. Забороняється займати або пересувати тару з продуктом під час роботи машини.

11. Зупиняйте машину та запобігайте її випадковому запуску під час усунення незначних проблем під час робочої зміни та прибирання. Забороняється залишати інструмент та інші предмети на верстаті під час роботи.

12. Стежити за придатністю запобіжних пристроїв для автоматичної зупинки машини в разі перевантаження. Для аварійної ( аварійної ) зупинки машини використовується кнопка «Стоп» з червоним грибоподібним штовхачем.

13. Після закінчення робочої зміни очистіть верстат і звільніть робочу зону.

14. При виконанні ремонтних робіт, а також при огляді електрообладнання вимкнути верстат і переконатися у відсутності напруги на корпусі верстата. Утримувати в справному стані металеві труби та металорукава, що захищають електропроводку від пошкоджень.

15. Систематично контролювати заземлення механічних частин, які можуть опинитися під напругою в разі замикання на землю.

16. Обслуговуючий персонал не повинен: без попередження вмикати верстат

					КРБ 0037.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		54

і не переконавшись у його технічній справності; робота з несправними захисними пристроями; робота розстібнута.

### **3.4 Шум, вібрація та вентиляція в робочому приміщенні**

#### **Шум.**

Одним із найпоширеніших негативних факторів, що впливають на людину, є шум. Це завдає великої шкоди здоров'ю людей і виробництву. Внаслідок втому, викликаній шумом, збільшується кількість помилок у роботі, підвищується ризик травматизму, знижується ефективність праці.

Шум - це поєднання звуків різної частоти та інтенсивності, що шкідливо чи подразнююче діють на організм людини.

Допустимі рівні шуму на робочих місцях регламентуються згідно з ГОСТ 12.1.003- 83. « Шум . Загальні вимоги до засобів безпеки».

Шум від технологічного обладнання може бути викликаний механічними, аеродинамічними та електромагнітними процесами. Механічний виникає внаслідок вібрації під час роботи механізмів і пристроїв, а також ударів у місцях з'єднання деталей і конструкцій. Аеродинаміка виникає, коли газ або повітря подається через трубопроводи, вентиляційні системи або впорскується в атмосферу. Електромагнітні викликані коливаннями елементів електромеханічних пристроїв під впливом змінних магнітних полів.

Найбільш раціональним методом боротьби з шумом є його зниження в джерелі. Для цього вживаються наступні заходи:

- по можливості ударні взаємодії частин будуть замінені неударними;
- виконання балансування та статичного та динамічного балансування;
- звукоізоляція оточуючих конструкцій;
- своєчасна заміна підшипників;
- змащування деталей, що труться і б'ються, в'язкими рідинами;
- у місцях викиду стисненого повітря в атмосферу встановлюються шумозаглушники для придушення аеродинамічних шумів.

У мережі торгово-тарних комплексів вимірювання рівня шуму на робочих

										Арк.
										55
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	КРБ 0037.00.00.00.000 ПЗ					

місцях необхідно проводити не рідше одного разу на рік.

#### Вібрація.

Вібрації — це механічні коливання машин, механізмів та їх вузлів. Основними нормативними документами з охорони праці щодо вібрації є ГОСТ 12. 1.012 -90 і ДС Н 3 .3 .6.0 39- 99. Машина повністю відповідає всім вимогам ГОСТу, встановлена на окремій платформі, деталей, що працюють на дуже високих швидкостях, немає.

#### Вентиляція.

Під вентиляцією розуміють комплекс заходів і заходів, спрямованих на забезпечення метеорологічних умов і чистоти повітря, які відповідають гігієнічним і технічним вимогам на робочих місцях і в службових приміщеннях промислових об'єктів. Основним завданням вентиляції є видалення з приміщення забрудненого, вологого або нагрітого повітря та подача чистого свіжого повітря.

Вентиляція робочого приміщення майстерні повинна бути достатньою

ГОСТ 12. 100 -76 SS B t. У магазині передбачена припливно-витяжна вентиляція з механічним і природним рухом повітря. Місцева екстракція відбувається з центрифуг за допомогою відцентрових вентиляторів.

Побутові приміщення на підприємстві відповідають вимогам СН 245 -71, СНиП 2 .09 .04 -87. Вони розташовані в головній будівлі на другому поверсі. Підлога в житлових приміщеннях повинна бути стійкою до вологи. Приміщення обладнані душовими, гардеробами, а також приміщеннями для сушіння робочого одягу. У гардеробній — гумові килимки, а в душових — дерев'яні сходи.

Двічі на рік ( весною та восени ) всі виробничі будівлі та споруди проходять технічний огляд, який проводить комісія, призначена завідувачем виробництвом.

					КРБ 0037.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		56

## ВИСНОВКИ

Метою кваліфікаційної роботи була розробка машини для пакування товарів промисловості в стреч-плівку.

На основі проведеного в першій частині огляду зразків існуючого обладнання для пакування продукції визначено шляхи розробки нового обладнання для цієї операції. Також оглядова частина роботи висвітлює закономірність, що основна частина конструкції цих апаратів працює за рахунок покриття лотка з товаром стреч-плівкою, а потім виконує функцію спаювання ворота. Недоліком цього обладнання є недосконала конструкція виконавчих механізмів його приводів. Тому це було враховано при розробці машини. У даній кваліфікаційній роботі спроектована високопродуктивна машина для пакування товарів промисловості в стреч-плівку, принцип роботи якої полягає в тому, що стреч-плівка подається з рулону, розміщеного під приймальним конвеєром.

Друга частина кваліфікаційної роботи була присвячена розробці конструкції пакувальної машини. Розроблено її основні вузли, технологічну схему і карту обладнання, циклограму його роботи, конструктивну та кінематичну схеми. Також виконано розрахунки машини та окремих її механізмів, а саме: розрахунок пневмоприводу механізму підйомного столу; розрахунок механізму пневматичного приводу поздовжнього та поперечного розтягування плівки; кінематичні та динамічні розрахунки окремих механізмів тощо.

У третій частині кваліфікаційної роботи було розглянуто дано рекомендації з експлуатації при роботі з даною машиною.

У роботі розроблена високоефективна машина для пакування товарів для промисловості, яка відрізняється від прототипу компактністю та наявністю пневматичних приводів робочих органів.

					КРБ 0037.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		57



Харків: Фоліо, 2021. — 320 с.

14. Швиданенко Г. О. Економіка та управління підприємством: Навчальний посібник. — К.: КНЕУ, 2022. — 440 с.
15. Тарасюк Г. М. Планування діяльності підприємства. — К.: Каравела, 2020. — 424 с.
16. Боголюбов В. М. Екологія: Навчальний посібник. — К.; Херсон: Олді-Плюс, 2021. — 520 с.
17. Офіційний каталог рішень Festo (Україна) [Електронний ресурс]. — Режим доступу: <https://www.festo.com/ua/uk/> — 2024.
18. Проценко С. П. Технологічне обладнання галузі: пакувальне устаткування. — Суми: СумДУ, 2021. — 156 с.
19. ДСТУ EN 13427:2018 Упаковка. Вимоги щодо застосування європейських стандартів у сфері упаковки та відходів упаковки. — К.: ДП «УкрНДНЦ», 2019.

					КРБ 0037.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
						59
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

# ДОДАТКИ

					КРБ 0037.00.00.00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		60