

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

магістр

(назва освітнього ступеня)

на тему: Модернізація вакуумної етикетувальної машини марки 3353 BEMB

Виконав(ла): студент(ка) 6 курсу, групи МОМ-61
спеціальності 133 Галузеве машинобудування

(шифр і назва спеціальності)

Сигіль Б.Р.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник Зварич Н.М.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Нормоконтроль Ворощук В.Я.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри Ворощук В.Я.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Рецензент
(підпис) (прізвище та ініціали)

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет інженерії машин, споруд та технологій

(повна назва факультету)

Кафедра обладнання харчових технологій

(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ОХ

Ворощук В.Я.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

« »

20__ р.

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ

на здобуття освітнього ступеня магістр

(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю G11 Машинобудування

(шифр і назва спеціальності)

студенту Сигілю Богдану Романовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Модернізація вакуумної етикетувальної машини марки 3353 BEMB

Керівник роботи Зварич Наталія Михайлівна, к.т.н., доц.

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від «__» _____ 20__ року № _____

2. Термін подання студентом завершеної роботи 20 грудня 2025 року

3. Вихідні дані до роботи Технічний паспорт та інструкції з експлуатації, монтажу та технічного обслуговування і ремонту вакуумної етикетувальної машини марки 3353 BEMB

4. Зміст роботи (перелік питань, які потрібно розробити)

Анотація. Вступ. 1. Огляд обладнання для маркування пляшок. 2. Техніко-економічне обґрунтування. 3. Опис вакуумної етикетувальної машини. 4. Визначення функціональних і технічних параметрів розроблюваної вакуумної етикетувальної машини. 5. Аналіз міцності з допомогою спеціалізованого ПЗ. 6. Забезпечення безпеки праці під час роботи на етикетувальній машині лінійного типу. Висновки. Перелік посилань

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

Машина етикетувальна (1 л. ф. А1). Транспортер накатний (2 л. ф. А1). Механізм поділу (1 л. ф. А1). Машина етикетувальна. Схема кінематична принципова (1 л. ф. А1).

Машина етикетувальна. Схема електрична принципова (1 л. ф. А1). Деталювання (2 л. ф. А1)

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
<i>Охорона праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях</i>	<i>Кравець О.І. – к.т.н., доц. Стадник І.Я. – д.т.н., проф.</i>		
<i>Нормоконтроль</i>	<i>Ворощук В.Я. – к.т.н., доц.</i>		

7. Дата видачі завдання

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

[illegible]

Студент

(підпис)

Сигіль Б.Р.
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Зварич Н.М.
(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Автор кваліфікаційної роботи – Сигіль Богдан Романович

Тема кваліфікаційної роботи: Модернізація вакуумної етикетувальної машини марки 3353 ВЕМВ.

Кваліфікаційна робота виконана у Тернопільському національному технічному університеті імені Івана Пулюя в 2025 році

Структура кваліфікаційної роботи складається із розрахунково пояснювальної записки об'ємом 85 сторінки (10 рисунків) та графічної частини обсягом 8 листів А1.

У даній кваліфікаційній роботі запропоновано заходи щодо удосконалення серійної машини, в якій необхідно знизити швидкість обертання вакуумного барабана вдвічі, щоб виконати завдання продуктивності машини в 3000 пляшок/год.

Для модернізації конвеєра необхідно:

1. Встановити шнек з правого боку від входу.
2. Змінити будову шнека і його кріплення.
3. У кінематичну схему ввести зміну, пов'язану з введенням другого накатного транспортера;
4. Розробити ролики прокатного конвеєра.

Ключові слова: вода, пляшка, клей, шнек, удосконалення.

ABSTRACT

Bohdan Syhil. Modernization of the Vacuum Labeling Machine Model 3353 VEMV.

This qualification (undergraduate) thesis was completed at Ternopil Ivan Puluj National Technical University in 2025.

The structure of the thesis includes an explanatory and calculation report with a total volume of 85 pages (10 figures) and a graphic section consisting of 8 A1-format sheets.

The presented qualification project proposes a set of engineering measures aimed at improving the design of a serially produced vacuum labeling machine. The primary objective is to reduce the rotational speed of the vacuum drum by 50% in order to ensure the required machine productivity of 3000 bottles per hour.

The modernization of the conveyor system involves the following steps:

1. Installation of a screw (auger) on the right side of the inlet.
2. Modification of the screw's structure and mounting system.
3. Adjustment of the kinematic scheme to include an additional pressing conveyor.
4. Design and implementation of rollers for the rolling conveyor.

Keywords: water, bottle, adhesive, screw, modernization.

ЗМІСТ

АНОТАЦІЯ	4
ABSTRACT	5
ЗМІСТ	6
ВСТУП	8
1 ОГЛЯД ПРОЦЕСУ МАРКУВАННЯ ПЛЯШОК	9
1.1 Властивості клеїв, наклеює і пляшок	9
1.2 Огляд існуючих конструкцій етикетувальних машин	9
1.2.1 Етикетувальна машина AI-ACT 18	9
1.2.2 Етикетувальна машина J5-BE2-M	11
1.2.3 Етикетувальна машина AI-VE2S-V	14
1.2.4 Лінійні етикетувальні машини фірми Johann Weiss	16
1.2.5 Етикетувальна машина AI-EEF	18
1.3 Призначення і компоновальні рішення етикетувальних машин	20
1.4 Теоретичні передумови проектування етикетувальних машин	22
2 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ	26
2.1 Технічне обґрунтування	26
2.2 Економічне обґрунтування	27
3 ОПИС ВАКУУМНОЇ ЕТИКЕТУВАЛЬНОЇ МАШИНИ	29
3.1 Призначення модернізованого верстата 3352 BEMB-301.00.000	29
3.2 Експлуатація машини	30
3.3 Конструкція і принцип дії вузлів машин	31
3.4 Опис схеми підключення	33
3.5 Встановлення етикетувальної машини	34
4 ВИЗНАЧЕННЯ ФУНКЦІОНАЛЬНИХ І ТЕХНІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ РОЗРОБЛЮВАНОЇ ВАКУУМНОЇ ЕТИКЕТУВАЛЬНОЇ МАШИНИ	38
4.1 Технологічний розрахунок	38
4.1.1 Розрахунок частоти обертання вакуумного барабана	38
4.1.2 Розрахунок швидкості переміщення пляшок за допомогою шнека	38

4.2 Енергетичний розрахунок	39
4.2.1 Визначення потужності приводу машини	39
4.3 Кінематичний розрахунок	43
4.3.1 Розрахунок частоти обертання вакуумного барабана	43
4.3.2 Розрахунок передаточних чисел кожної ведучої передачі	44
4.3.3 Розрахунок частоти обертання кожного валу	45
5 АНАЛІЗ МІЦНОСТІ З ДОПОМОГОЮ СПЕЦІАЛІЗОВАНОГО ПЗ	48
5.1 Розрахунок клинопасової передачі	48
5.2 Розрахунок конічної зубчастої шестерні	52
5.3 Розрахунок ланцюгової передачі	56
6 БЕЗПЕЧНА ТА ЕКОЛОГІЧНО ЧИСТА ВАКУУМНА МАРКУВАЛЬНА МАШИНА	59
6.1 Забезпечення безпеки праці під час роботи на етикетувальній машині лінійного типу	59
6.2 Електрична безпека	61
6.3 Захист від шуму та вібрації	63
6.4 Пожежна безпека	64
6.5 Забезпечення нормованих метеорологічних умов на робочих місцях	65
6.6 Забезпечення нормативного рівня освітленості на робочих місцях	66
6.7 Способи і засоби захисту атмосфери	67
6.8 Вказівка на заходи безпеки	68
ВИСНОВКИ	70
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ	72
ДОДАТКИ	74
Специфікації	

ВСТУП

Основним завданням харчової промисловості України є забезпечення населення якісними, поживними продуктами харчування в достатній кількості та різноманітному асортименті. Для досягнення цієї мети необхідно здійснювати технічне переоснащення підприємств галузі шляхом впровадження поточкових ліній і високоефективного обладнання, яке забезпечує комплексну переробку сировини. Це дозволяє підвищити продуктивність праці, скоротити частку ручної роботи у виконанні технологічних, транспортних і вантажно-розвантажувальних операцій, що, у свою чергу, сприяє зменшенню собівартості готової продукції.

Виробництво харчових продуктів у розфасованому та запакованому вигляді покращує процеси торгівлі та сприяє зменшенню надлишків у товарообігу.

За останні десятиліття харчова промисловість демонструє значний технічний прогрес, який відбувається стрімкими темпами. Виробництво продукції активно переходить на поточкові форми організації із застосуванням сучасного технологічного обладнання, де всі режими роботи та параметри технологічних процесів контролюються автоматичними пристроями й електронно-обчислювальними системами. Цей технічний прорив досягається завдяки впровадженню новітніх науково-технічних розробок, над створенням яких працюють численні наукові центри, деякі з яких мають міжнародне визнання.

Таким чином, збільшення виробництва харчових продуктів має ґрунтуватися не лише на будівництві нових підприємств, але й на підвищенні ефективності виробництва та зростанні продуктивності праці.

1 ОГЛЯД ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ МАРКУВАННЯ ПЛЯШОК

1.1 Властивості клеїв, наклейок і тари

Етикетувальні машини є провідним обладнанням ліній упаковки харчових рідин, ефективність роботи якого багато в чому впливає на роботу всієї лінії.

Наклеювання етикеток є однією з найбільш трудомістких операцій в процесі упаковки продукції. Основними факторами, що впливають на процес етикетування, є якість скляної тари, етикеток, клею, надійність роботи машини, а також кваліфікація обслуговуючого персоналу. Скляна тара, як основний вид тари для харчових рідин, постійно вдосконалюється: інтенсифікується технологічний процес її виробництва, розширюється асортимент, поліпшуються фізичні та хімічні властивості, внаслідок чого підвищується експлуатаційна надійність. З усіх видів етикеток, кольєреток і контретикеток (штучні паперові, які виготовлені з рулону з попередньо нанесеним клеєм і термопластичні) широкого застосування знайшли тільки паперові штучні етикетки, на які в процесі маркування наноситься клей.

Для виробництва таких етикеток відповідно до ГОСТ 16353-70 і М, вага 1 кв.м. яких становить 70 - 100, 70, 45 і 100 - 120 г відповідно.

Правильно підібраний дизайн надає виробу не тільки естетичний вигляд, але і містить всю необхідну інформацію: назву, якість і характеристики напою, дату приготування, термін придатності, спосіб вживання. Для наклеювання етикеток, кольєреток і контретикеток на пляшки використовується клей, який швидко застигає на пляшці. При його приготуванні використовують декстрин, крохмаль і воду, желатин, казеїновий клей в різних співвідношеннях. Останнім часом став використовуватися синтетичний поліаридний клей. Робоча температура клеїв становить 15 - 22°C.

1.2 Огляд існуючих конструкцій етикетувальних машин

1.2.1 Етикетувальна машина AI-АСТ 18

Етикетувальна машина AI-АСТ 18 призначена для наклеювання однієї прямокутної етикетки на циліндричну частину пляшки.

Машина складається з станини з приводом та вакуум-насосу, транспортера, ділильника, вакуумного барабана, касети для етикеток, механізму притискання етикеток. Пляшки підводяться конвеєрною лінією, проходять роздільник і подаються з постійним кроком у вакуумний барабан, на якому знаходиться етикетка з нанесеним на неї клеєм. Етикетка попередньо знімається з касети і переноситься за допомогою вакууму в вакуумний барабан, який переносить етикетку в зону нанесення клею, а потім в зону перенесення на пляшку. Далі пляшка передається транспортером в область накатаних пасів, за допомогою яких етикетка остаточно приклеюється до пляшки. Після виходу з накатованих стрічок пляшка знімається транспортером лінії. У зоні роздільника пляшок і в зоні нанесення клею на етикетку є замкові замки: «Немає пляшки - немає етикетки», «Немає етикетки - немає клею». На випадок попадання в вихід лежачої пляшки передбачено пристрій, що зупиняє машину.

Машина оснащена вакуумним насосом.

У таблиці 1.1 наведені технічні характеристики машини.

Таблиця 1.1 – Технічна характеристика етикетувальної машини АІ-АСТ

18

Тип машини	Лінійна
Продуктивність, пляшок/год	1500, 3000
Тип оброблюваних пляшок За ГОСТ 10117-80 За ГОСТ 26586-85	I-K-700, III-K-500 I-B-500, I-B-710, I-B-750
Етикетки по ГОСТ 16353-70, мм	80x110; 90x110; 90x120; 110x90; 120x90
Кількість переносників, шт	3
Витрата клею, кг/год	0,8
Встановлена потужність, кВт	3,3
Потужність приводу встановленої машини, кВт	1,1
Потужність приводу встановленого вакуумного насосу, кВт	2,2

Габаритні розміри, мм	3400x920x1290
Вага, кг	950

1.2.2 Етикетувальна машина Л5-ВЕ2-М

Призначена для нанесення корпусних етикеток по ГОСТ 16353-70 на циліндричну частину пляшок ємністю від 250 до 750 см (типи 1, ШДУ, У, УШ і Х по ГОСТ 10117-80), що встановлюються в лініях розливу продуктивністю 3 і 6 тисяч пляшок / год.

Таблиця 1.2 – Технічна характеристика етикетувальної машини Л5-ВЕ2-М

Технічна продуктивність, пляшок/год	7800
Межі контролю продуктивності, пляшок/год	2600 - 7800
Тип машини	Лінійна, однокасетна з вакуумним барабаном для перенесення етикеток
Застосовні етикетки	Тип 1 розмір 110x90, 90x110 Тип 2 розміром 70x110 мм
Клей (основа)	Декстрин кукурудзяний або картопляний, екстра або першого класу 6034-74
Привід машини	Електромеханічний
Привідний двигун	4А100С8/6У3
Встановлена потужність, кВт	0,7/0,9
Частота обертання, с ⁻¹ (об/хв)	12,5/16,7 (750/1000)
Двигун вакуумного насоса	4А90А4У3
Встановлена потужність, кВт	2,2
Частота обертання, с ⁻¹ (об/хв)	23,75 (1425)

Встановлена потужність електродвигуна, кВт	3,1
Відстань від транспортної машини до рівня підшипника транспортерного ланцюга, мм	950
Величина регулювання, мм	±50
Споживання електроенергії, кВт·год	2,25
Витрата клею, кг/год	1,56
Габаритні розміри, мм	2400x1000x1240
Вага, кг	750

Машина (рисунок 1.1) складається з наступних вузлів: транспортер (1), вакуумний барабан (2), журнал етикеток з приводом (7), штампувальний (6) і запірний механізми, клейова ванна з приводом (5), станина (3) з приводом, комплект огорожень (8), електрообладнання (9).

Будова і принцип дії етикетувальної машини Л5-BE2-M

Транспортер, до складу якого входять напрямні, шнек, накатний транспортер, переміщує пляшки в процесі етикетування. Вакуумний барабан використовується для перенесення етикеток з магазину етикеток на пляшки, банки і закатування на них.

Магазин етикеток - це сам магазин і його привід. Складний рух магазину етикеток забезпечує правильну подачу етикеток з магазину в вакуумний барабан, а також блокування «немає пляшки - немає етикетки». У клейовій ванні розміщується запас рідкого клею, який наноситься смугами на внутрішню сторону етикетки в момент її проходження в зоні ванни: він включає в себе ванну з клейовим валиком, намазуючий валик і привід.

Опорними частинами машини є станина і плита, до останньої кріпляться всі вузли з приводними елементами.

У середині станини знаходиться привід механізмів з електродвигунами, двоступінчаста клинопасова передача, конічна передача і ланцюгова передача. Електрообладнання - магнітні пускачі, трансформатори, пакетні та кінцеві

вимикачі, електромагніт, кнопки управління, запобіжники, блоки затискачів, проводка, пульт управління.

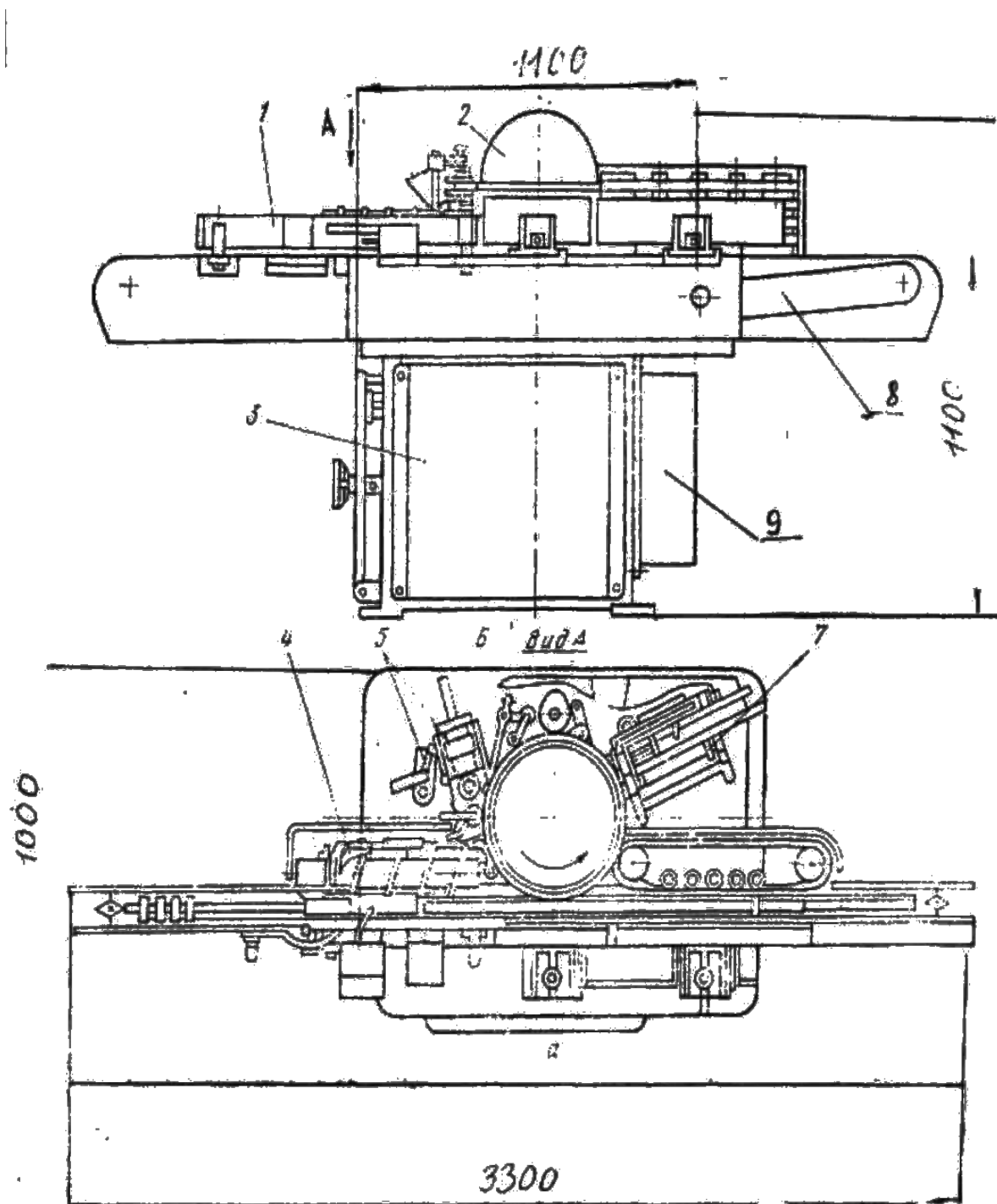


Рисунок 1.1 – Загальний вигляд етикетувальної машини Л5-ВЕ2-М

Штампувальний магазин призначений для нанесення штампа на зворотну сторону етикеток шляхом прокатки барабана зі знаками на їх поверхні. Комплект захисних кожухів захищає машину від попадання всередину сторонніх предметів.

З транспортера пляшки, банки подаються по дотичній шнеку з певним кроком в вакуумний барабан. При цьому магазин етикеток притискає клапан за допомогою ролика, з'єднуючи присоски тримачів етикеток з вакуумною магістраллю. Завдяки рівності лінійних швидкостей, розрідження барабана і журналу етикеток, на певній ділянці шляху їх руху етикетки всмоктуються в барабан і видаляються з магазину. При подальшому обертанні барабана етикетки штампуються і змащуються клеєм, в момент нанесення клею його утримують гребінкою. При зіткненні пляшок (банок) і етикеток, пляшки (банки) входять в клин між губчастою гумовою подушкою і барабаном, захоплюються або зачочуються етикетки. Потім пляшки (банки) розміщують між прокатним транспортером і майданчиком, де етикетки згладжуються [12].

1.2.3 Етикетувальна машина AI-VE2S-V

Карусельна етикетувальна машина AI-BE2C-B, призначена для нанесення етикеток на циліндричну форму і кольєреток на перехідну частину пляшок. Встановлюється в лініях розливу «тихих» вин. Вона складається з: конвеєрної рами, каруселі, стелажів, станини, журналу етикеток, комір'їв, шнека, його приводу, завантажувальних і розвантажувальних зірочок, згладжуючого пристрою, пульта управління, грейферного барабана і клейового насоса.

Транспортер (рисунок 1.2) подає потік пляшок на шнек машини, який розміщує їх з певним кроком. У зоні шнека є блокуючий зонд «немає пляшки - немає етикетки» Якщо є пляшка, її стискають, подається сигнал на електромагніт, який керує золотником розподільника повітря, останній подає стиснене повітря в циліндри платформи журналу етикеток. одна етикетка і кольєретка. Якщо в районі шнека немає пляшок, магазин не контактує з носіями. З району шнека пляшки потрапляють в завантажувальну зірочку, яка переносить їх на столи каруселі. Тут вони затискаються зверху дзвіночками, по ходу руху

каруселі грейферний барабан пропускає до них етикетку і кольєретку. Щоб розгладити їх щітками, столи повертають пляшки на 90°.

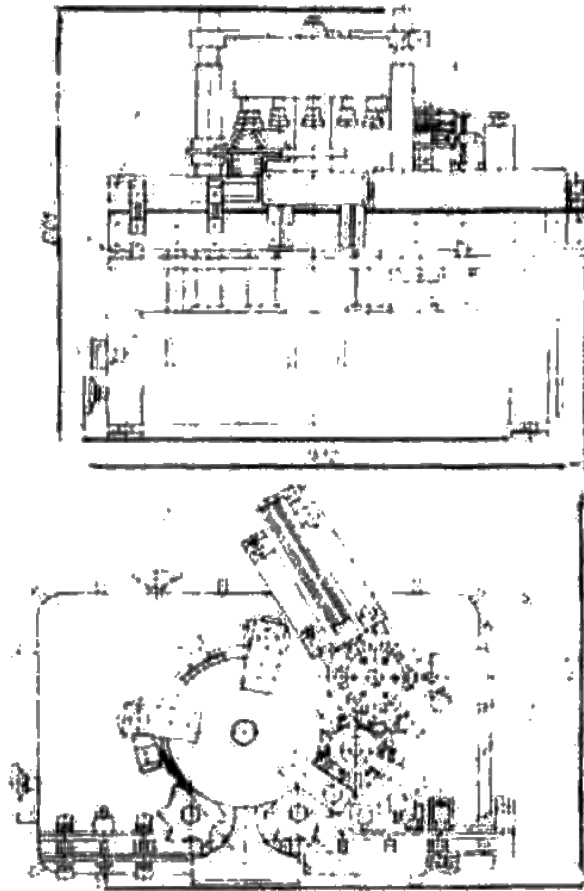


Рисунок 1.2 – Етикетувальна машина AI-BE2C-B:

1 – рама транспортера, 2 – карусель, 3 – стелажі, 4 – станина, 5 – журнал етикеток і кольєреток, 6 – електрошафа, 7 – механізм для перенесення етикеток і хомутів, 8 – шнековий привід, 9 – шнек, 10 – завантажувально-розвантажувальні зірочки, 11 – розгладжуючий пристрій, 12 – пульт управління, 13 – грейферний барабан

Після цього дзвоники піднімаються, а оформлення пляшки передається шляхом вивантаження зірочок на конвеєр лінії. Машина має приводні пристрої, які відключають привід при попаданні пляшок в зону шнека, переповненні транспортер на виході або перевантаженні електродвигуна [7,8].

Таблиця 1.3 – Технічна характеристика етикетувальної машини AI-BE2C–

В

Продуктивність	7800
Тип пляшки	1-K-700 (ГОСТ 10117-80)
Розміри етикеток:	
Тип I	120x90; 110x90
Тип II	90x120; 90x110 (ГОСТ 16353-70)
Розміри кольєретки (тип II), мм.	80x30 (ГОСТ 16353-70)
Привід	Електромеханічний від мережі трифазний струм 220/380 В
Приводний двигун:	
Тип	4A 100C 8/4 K3
Потужність, кВт.	1/1,7
Швидкість, с ⁻¹	11,8/23,8
Споживана електроенергія, кВт * год.	0,6
Щільність паперу (по ГОСТ 16353-70) г/м ²	
Етикетки	70....90
Кольєретки	70....80
Споживання:	
Клею, кг/год	4,8
Повітря стиснутого, м ³ /год	3
Тиск повітря в магістралі, МПа	0,3
Відстань від підлоги до несучого рівня транспортера, мм	950±50
Габаритні розміри, мм	2150x1300x1750
Вага, кг	1550

1.2.4 Лінійні етикетувальні машини фірми Johann Weiss

Для оформлення виробів в пляшках, з однією корпусною етикеткою, як правило, використовуються лінійні машини [12]. Фірма Johann Weiss виробляє

ряд лінійних етикетувальних машин продуктивністю 4000, 8000, 12000, 15000, 22500 і 30000 пляшок/год.

На модульних машинах Jowe-8 етикетки механічно видаляються з касети, яка використовується для утримання етикетки на етикетувальному циліндрі. Висота приклеювання етикетки від дна пляшки не менше 3 мм.

Експлуатація машини Jowe-8 здійснюється в наступному порядку. Контейнери проходять через вигнуту направляючу для скидання тиску по конвеєру до зони передачі етикетки. Швидкість руху пляшок така ж, як і окружна швидкість маркувального циліндра, що забезпечує хороші умови маркування. Коли упаковка проходить через зону шнека, датчик подає сигнал на рух магазину етикеток. Магазин підходить до клейового циліндра і, перекочуючись по ньому, пропускає етикетку тильною стороною до сектора циліндра. Клей наноситься на циліндр за допомогою спеціальної станції, на яку по шлангу з бака насоса постійно подається клей.

Надлишки клею, які зчищаються ножом, стікають назад в бак. Потім етикетка проходить через датувальний пристрій, який наносить деталі на передню частину етикетки. Покрита клейкими смужками етикетка переноситься з клейового циліндра в циліндр для етикетування за допомогою гребінчастої гребінки і вакууму. Циліндр переносить етикетку на ємність, відключаючи вакуум. Разом з циліндром обертаються паси, які обертають контейнер і допомагають плавно накочувати етикетку на контейнер. Повне прокатування етикетки здійснюється при зіткненні тари з гумовими накладками і накатним транспортером.

Таблиця 1.4 – Технічна характеристика машини Jowe-8

Регульована продуктивність, пляшок/год	600-4000
Параметри використовуваних пляшок, мм	від 45-90
Діаметр	від 120-300
Висота	
Розміри наклеєних етикеток, мм	
Довжина	До 360
Висота	від 40 до 225

Висота транспортувального пристрою, мм	1000+50
Встановлена потужність, кВт	1,7
Витрата стисненого повітря, м/год (при тиску 0,35 МПа)	15
Габаритні розміри, мм	2296x1000x1300
Вага, кг.	600

1.2.5 Етикетувальна машина АІ-ЕЕФ

Призначення автомату.

Автомат АІ-ЕЕФ призначений для наклеювання однієї прямокутної етикетки на скляні флакони парфумів. Машина встановлена в лініях розливу парфумерних рідин продуктивністю 6000 фл/год. [12].

Технічні характеристики етикетувальної машини АІ-ЕЕФ.

Таблиця 1.5 – Технічна характеристика етикетувальної машини АІ-ЕЕФ

Технічні показники, флаконів/год	6000
Тип машини	Лінійний, безперервний
Спосіб видалення етикеток з магазину	Вакуумом
Спосіб маркування пляшки - плоскі - циліндричні	Затиск Накатка
Кількість тримачів етикеток, шт.	6
Асортимент флаконів з маркуванням	NN 13 0-5014.13 0-5 03 (циліндричні) НН 130-334, 130-346 (плоскі) виготовлені за ГОСТ 18-101-73
Розмір наносимих етикеток, мм (довжина, висота)	Плоскі флакони 25 x 60 (для круглих флаконів)
Допуски на розмір етикетки не повинні перевищувати $\pm 0,5$ мм	
Щільність маркувального паперу,	70-80 (з напрямком волокон уздовж

г/м ²	довжини етикетки)
Використовуваний клей	Декстрин, в'язкої консистенції
Глибина вакууму не менше мПа (мм рт. ст.)	0,053 (400)
Автоматичний привід	Електромеханічний від мережі трифазного струму, з напругою 380 В
Привідний двигун	Б 7 І А 4У 2
Інсталяційне проектування	М120
Конструкція вибухозахисту	В4Т5
Потужність, кВт	0,55
Частота обертання валу, С ⁻¹ (об/хв)	25 (1500)
Габаритні розміри автомату, мм	
довжина (на конвеєрі)	3280
(по станині)	1100
ширина	820
висота	1215
Вага, кг	980

Будова і принцип дії етикетувальної машини.

Машина складається з наступних складальних одиниць (рисунок 1.3): конвеєра (1), вакуумного барабана (2), механізму передачі етикеток (3), клейової ванни (4), станини (5), механізмів стикування і блокування (6), запірною механізму «немає пляшки - немає етикетки» (7), огорожі (8), електрообладнання (9).

Транспортер переміщує потік флаконів на шнек, який розділяє його на поодинокі і виставляє через певний проміжок часу на робочий транспортер, а потім на вакуумний барабан. При цьому, якщо є флакон, замикаючий щуп стискається, магазин підходить до вакуумного барабана, натискаючи ролик на циліндричний золотник. Присоски тримачів етикеток підключаються до вакуумної лінії, етикетка всмоктується і виймається зі сховища, потім штамп і

поздовжні порожнини клею наносяться на етикетку за допомогою лакофарбового валика клейової ванни. Коли носій етикетки та плоский флакон стикаються, етикетка притискається до флакона, присоски носіїв етикетки зв'язуються з атмосферою, і етикетка переходить на флакон.

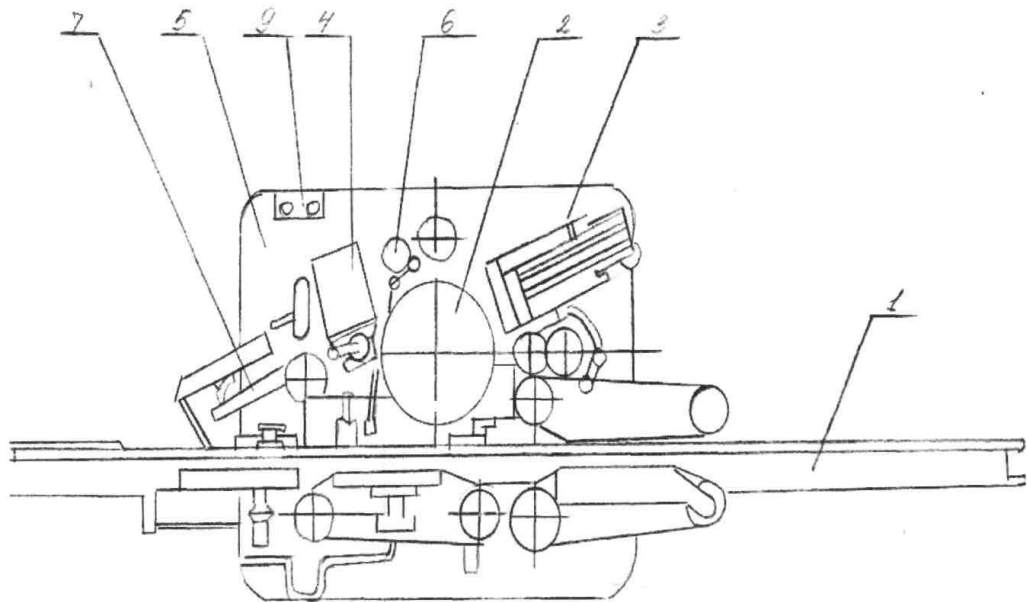


Рисунок 1.3 – Загальний вигляд етикетувальної машини AI-EEF

При роботі з круглими флаконами тримач етикетки не має можливості радіального переміщення. Коли кругла пляшка стикається з носієм етикетки, етикетка наочується на пляшку. Далі етикетка потрапляє в зону накатних стрічок, де відбувається остаточне згладжування етикетки на поверхні флакона. При роботі на плоских флаконах обкатні стрічки встановлюються з лівого і правого боку транспортера, швидкість руху стрічок однакова, що запобігає зміщенню етикеток щодо флакона. При роботі на круглих флаконах з одного боку транспортера встановлюються обкатні паси, а з іншого боку - гумова подушка, що забезпечує обертання круглого флакона і згладжування етикетки.

1.3 Призначення і конструювальні рішення етикетувальних машин

Машини етикетувальні призначені для наклеювання паперових етикеток, кольєреток і зворотних етикеток (ТУ 10-24-10-89) на продукцію пивобезалкогольної, лікєро-горілочаної, виноробної та інших галузей промисловості, розфасовану в пляшки по ГОСТ 10117-80 і ГОСТ 26586-85. За

загальною класифікацією машин для виробництва харчових продуктів сучасне маркувальне обладнання відноситься до групи автоматичних машин безперервної дії. В основному це машини агрегатного типу, лінійні і карусельні.

В даний час існує значна кількість етикетувальних машин, що розрізняються за принципом роботи і конструкцією. Загальним для етикетувальних машин є наявність транспортера для пляшок, шнекового розподільника пляшок, касет етикеток і кольєреток, етикетоносіїв, клейових механізмів, пристрою для нанесення дат на етикетки (штампувального механізму), пристрою для згладжування етикеток. Етикетувальні машини можна класифікувати по ряду ознак: характер руху пляшок (лінійні і карусельні); типу використовуваних етикеток (корпусна, горлова, кільцева); кількість етикеток, що наносяться (етикетка, кольєретка, контретикетка); характер руху робочих органів (при переривчастому і безперервному русі); спосіб відбору етикеток з магазину (за допомогою вакууму, клею); спосіб переміщення магазину (нерухомі, такі, що розгойдуються, з зворотньо-поступальним рухом); тип носіїв етикеток (хрестоподібні, поворотні, коливальні); спосіб наклейки етикеток (метод розгладжування і пресування, вальцювання і накатування); продуктивність (1; 1,5; 3; 6; 12; 24; 48 тис. пляшок/год) [12].

Додатково етикетувальні машини можна класифікувати за напрямком руху пляшок по конвеєру (лівий і правий варіанти), за компоновальним рішенням (з прямим транспортером, з виходом пляшок під кутом 90 градусів і паралельними вхідними і вихідними транспортерами). Карусельні етикетувальні машини можна класифікувати за кількістю встановлених механізмів передачі етикеток. Процес нанесення штучних паперових етикеток на пляшку складається з наступних операцій: зняття етикеток з магазину; перенесення міток на передавальний орган (носій етикетки); штампування етикетки; перенесення етикетки на пляшку; розгладження етикетки на пляшці. Послідовність цих операцій може дещо відрізнятися в залежності від конкретної конструкції машини і кількості наклеює і кольєреток, що наносяться.

Сучасні етикетувальні машини для нанесення наклейок на кузов, як правило, випускаються лінійними, за винятком машин великої продуктивності (24, 36 і 48 тис. пляшок/год).

Етичні машини для маркування етикеток на шию, натільних етикеток з намистом і задніх етикеток розроблені у вигляді карусельних етикеток.

1.4 Теоретичні передумови проектування етикетувальних машин

Теоретичні закономірності процесу маркування, що використовується при розробці та функціонуванні, викладені в ряді наукових праць В.Б. Жлобинського, А.А. Бежанішвілі, Н.Ф. Харитонова та Д.А. Ярмолінського. Однак бажано узагальнити їх і представити в спрощеному вигляді.

Теоретична продуктивність машини лінії етикетування (пляшок/год) визначається за формулою:

$$\Pi = 3600 \cdot m \cdot n, \quad (1.1)$$

де m - кількість сегментів носія етикетки на барабані (вакуумні або грейферні), шт;

n - частота обертання барабана, с^{-1} [3].

Теоретична потужність карусельної етикетувальної машини (пл/год) визначається за формулою:

$$\Pi = 3600 \cdot Z \cdot n, \quad (1.2)$$

де: Z - кількість позицій столиків на карусельному столі, шт;

n - швидкість обертання валу каруселі, с^{-1} [3].

Швидкість переміщення пляшок шнеком (U) слід визначати з виразу, м/с :

$$U = \frac{t \cdot n_{\text{шн}}}{60}, \quad (1.3)$$

де t - крок шнека (береться в залежності від найбільшого діаметра оброблюваних пляшок d_{max} плюс товщина лопаті шнека), м ;

$$t = (d_{\text{max}} + 0,005); \quad (1.4)$$

Частота обертання шнека, об/хв :

$$n_{\text{шн}} = \frac{\Pi}{60}; \quad (1.5)$$

Швидкість руху пластинчастого транспортера етикетувальної машини розраховується за формулою, м/с:

$$U_{т.р} = K \cdot U, \quad (1.6)$$

де K - коефіцієнт, що враховує проковзування пляшок по конвеєру;

K (приймається рівним 1,2 – 1,3 в залежності від стандартних розмірів пляшок і швидкості руху транспортерної стрічки).

Розрахунок потужності приводу етикетувальної машини N (кВт) зводиться до визначення потужності, необхідної для приводу кожного механізму. Отже, для вакуумної машини для лінійного маркування застосовна наступна формула:

$$N = (N_{в.б} + N_{к.р} + N_{д.м} + N_{к.м} + N_{п.м} + N_{н.тр} + N_{тр}) \cdot \frac{1}{\eta_{кл.пас} \cdot \eta_{ред} \cdot \eta_3}, \quad (1.7)$$

де $N_{к.р}$ - потужність, що витрачається на обертання клейового валика, кВт;

$N_{в.б}$ - потужність, споживана на обертання барабана, кВт;

$N_{д.м}$ - потужність, що витрачається на обертання датуючого механізму, кВт;

$N_{к.м}$ - потужність, що витрачається на привід механізму прокатки магазину етикеток, кВт;

$N_{п.м}$ - потужність, що витрачається на привід механізму переміщення магазину етикеток, кВт;

$N_{н.тр}$ - потужність, що витрачається на обертання накатного конвеєра, кВт;

$N_{тр}$ - потужність, що витрачається на привід механізму транспортного пристрою, кВт;

$\eta_{кл.пас}, \eta_{ред}, \eta_3$ - ефективність роботи приводу машини (клинопасова передача, редуктор, зубчаста передача).

Розрахунок потужності N (кВт) приводу етикетувальної машини клейової каруселі, проводиться за формулою, кВт:

$$N = N_{кар} + N_{ц} + N_{з.зв} + N_{р.зв} + N_{м.п.ет} + N_{шн}, \quad (1.8)$$

де $N_{кар}$ - потужність, що витрачається на обертання каруселі, без урахування опору роликів централізатора, кВт;

$N_{ц}$ - потужність, що витрачається на прокатку роликів централізатора по копіру, кВт;

$N_{з.зв}$ і $N_{р.зв}$ - потужність, що витрачається на обертання вантажних і розвантажувальних зірочок, кВт;

$N_{м.п.ет}$ - потужність, що витрачається на обертання вантажних і розвантажувальних зірочок, кВт;

$N_{шн}$ - потужність, що витрачається на обертання шнека-дільника, кВт;

$N_{кар}$ - потужність, що витрачається на обертання каруселі (ротора) без урахування опору роликів центратора, кВт.

Потужність, витрачена на обертання каруселі (ротора) без урахування опору роликів центратора, визначається за формулою:

$$N_{кар} = \frac{(G_k \cdot f_y \cdot \Pi \cdot d_{пк} \cdot W)}{1000}, \quad (1.9)$$

де G_k - вага каруселі з центраторами, Н;

f_y - умовний коефіцієнт тертя підшипника каруселі, $f_y = 0,8$ м;

$d_{пк}$ - діаметр кола в центрах кульок упорного підшипника каруселельного валу, м;

W - швидкість обертання каруселі, c^{-1} .

Потужності $N_{з.зв}$, $N_{р.зв}$, $N_{м.п.ет}$ і $N_{шн}$ визначають за аналогічною формулою, де для розрахункового механізму підставляються значення G , d і W .

Потужність $N_{ц}$, що використовується на перекочування роликів централізатора по копіру, визначається з виразу:

$$N_{ц} = \frac{P \cdot U}{1000} = \frac{P \cdot W \cdot R}{1000}, \quad (1.10)$$

$$P = P_1 + P_2. \quad (1.11)$$

Сила опору P_x (Н) перекочування роликів централізатора на горизонтальній ділянці копіра розраховується за формулою:

$$P = \frac{Z_1 \cdot (G_1 + G_2) \cdot (2K + f_y \cdot d)}{D}, \quad (1.12)$$

де Z_1 - кількість центраторів, що одночасно переміщаються уздовж горизонтальної ділянки копіра;

G_1 - сила притискання горловини пляшки до центратора, Н;

K - коефіцієнт тертя кочення роликового підшипника, м;

f_y - умовний коефіцієнт тертя підшипника, зведеного до валу;

d - діаметр кола в центрах підшипника, м;

D - діаметр ролика, м.

Сила опору P_2 (Н) коченню роликів централізатора по висхідному перерізу копіра визначається за формулою:

$$P_2 = Z_2 \cdot [(G_1 + G_2) \cdot \sin \alpha + \cos \alpha \frac{(2K + 1Y + d)}{D}] \cdot \frac{(1)}{\cos \alpha}, \quad (1.13)$$

де Z_2 - кількість центраторів, які одночасно переміщаються по висхідній ділянці копіювального апарату;

α - кут підйому профілю копіра, град.

Визначивши сумарну потужність N , робимо вибір електродвигуна. $N_{\text{дв}}$ підбирається з урахуванням ефективності приводу машини і коефіцієнта запасу міцності K :

$$N_{\text{дв}} = K \cdot \left(\frac{N}{\eta_{\text{пр}}} \right), \quad (1.14)$$

де K - можна прийняти рівним 1,3.

Загальний ККД приводу розраховується в залежності від конкретної конструкції механізму.

2 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ

2.1 Технічне обґрунтування

У таблиці 2.1 узагальнені технічні характеристики етикетувальних машин, вивчені в огляді.

Як видно з даних в таблиці по продуктивності підходить в якості аналога А1-АКТ-8, але машина має великі габаритні розміри і вагу.

Карусельна машина А1-ВЕ2С-В занадто складна за конструкцією.

За своїми габаритними розмірами перша машина краща з двох машин Л5-ВЕ2М і А1-ЕЕФ. Завдання проектування буде полягати в підвищенні експлуатаційної надійності, техніко-економічних показників обладнання, ступеня автоматизації: збільшення одиничної потужності етикетувальних машин з одночасним зниженням метало- і енергоємності; необхідність максимальної уніфікації машин.

Збільшення кількості пластикових деталей (шнек, напрямні, зірочки, проміжні шестерні, форматні деталі) з метою зниження шуму, збільшення довговічності машини.

Машини Л5-ВЕ2М і А1-ЕЕФ обидві лінійні і вакуумними, конструкція Л5-ВЕ2М простіше, але машина А1-ЕЕФ має два рухомих транспортера, що дає можливість обжимати етикетки на плоских пляшках. Етикетувальна машина Lowe-81 має геніальне рішення для подачі плоских пляшок в несучий барабан. Шнек має довжину і переміщує плоску та квадратну пляшку до тих пір, поки вона не зустрінеється з етикеткою. Таким чином, в якості бази обрана серійна машина, в якій необхідно знизити швидкість обертання вакуумного барабана вдвічі, щоб виконати завдання продуктивності машини в 3000 пляшок/год.

Необхідно провести модернізацію транспортера:

1. Встановити шнек з правого боку від входу.
2. Змінити будову шнека і його кріплення.
3. У кінематичну схему ввести зміну, пов'язану з введенням другого накатного транспортера;
4. Розробити ролики прокатного конвеєра.

На рисунку 2.1 показані розміри пляшки, що підлягає обробці.

Таблиця 2.1 – Технічна характеристика етикетувальних машин для наклеювання корпусних етикеток

Показники	Марка				
	AI-AKT-8	L5-VE2M	AI-EEF	Jowe-81	AI-EФ
Технічна продуктивність, пляшок/год	3000	7800	7800	4000	6000
Тип машини	Лінійна, клейова	Лінійна, вакуумна	Карусельна, клейова	Лінійна, вакуумна	Лінійна, вакуумна
Кількість носіїв, шт.	3	6	12	6	6
Встановлена потужність, кВт	3,3	3,1	1,7	1,7	3,8
Габаритні розміри, мм					
Довжина	3400	2400	2150	2296	3280
Ширина	920	1000	1300	1000	820
Висота	1290	1240	1750	1300	1215
Вага, кг	950	750	1550	600	800
Витрата стисненого повітря, м ³ /год	-	-	3	15	-

2.2 Економічне обґрунтування

Виробництво мінеральної води в скляній тарі, а особливо в плоских або квадратних пляшках в Україні не здійснюється. Навіть при умові здійснення випуску мінеральної води у скляних плоских пляшках усі роботи будуть проводитись на обладнанні, вартість якого в 3-4 рази перевищує вітчизняне, або маркування буде проводитися вручну.

Можливе використання апарату AI-EEF, вартість якого становить 650000 гривень. Машина відрізняється складним обслуговуванням і низькою надійністю.

Таким чином, при модернізації машини очікується зниження вартості машини.

Отже, після модернізації вартість готових виробів зросте, від більш естетичного дизайну. Скорочення відразу декількох працівників на ділянці також принесе прибуток. Середня заробітна плата становить 20000 гривень. Отже, від скорочення робочих очікується щомісячний прибуток в розмірі 60000грн.

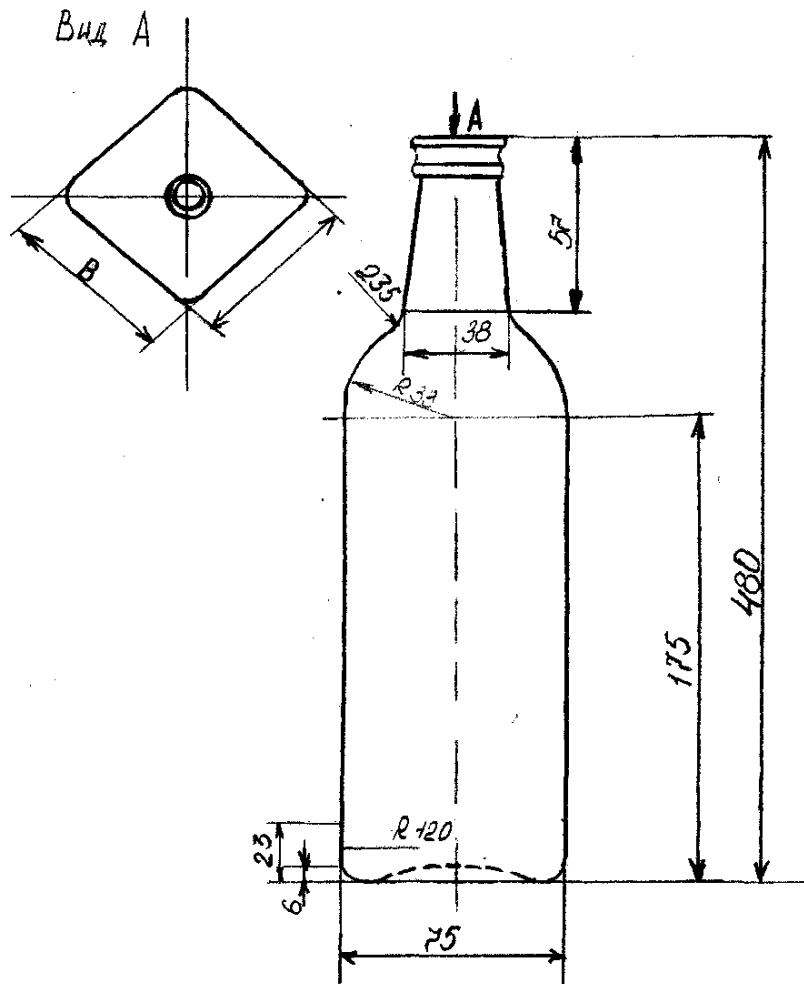


Рисунок 2.1 – Розміри оброблюваної пляшки.

3 ОПИС ВАКУУМНОЇ ЕТИКЕТУВАЛЬНОЇ МАШИНИ

3.1 Призначення модернізованої машини 3352 ВЕМВ-301.00.000

Етикетувальна машина 3352 ВЕМВ-3 01.00.000 призначена для наклеювання однієї прямокутної етикетки на циліндричну частину прямокутної пляшки зі штампом на зворотному боці етикетки. Пристрій штампувального пристрою етикетувальної машини ВЕМВ дозволяє наносити штамп на зворотну сторону етикетки, крім того, він має вакуумну установку зовні станини. Дана машина може використовуватися в наступних галузях харчової промисловості: лікєро-горілочана, виноробна, виробництво мінеральних вод, пива і безалкогольних напоїв, консервування, в лініях упаковки рослинних масел.

Таблиця 2.1 – Технічна характеристика машини, що модернізується 3352 ВЕМВ - 301.00.000

Технічна продуктивність, пляшок/год	3000 - 3600
Межі контролю продуктивності, пляшок/год	2800 - 4000
Тип етикеток по ТУ 1024-10-89	1,11
Розміри етикетки, мм	
Висота	90
Довжина	70
Види пляшок по ГОСТ 10117-91 місткістю 500 і 700 см ³	XIII
Тиск вакууму, МПа, не менше	0,06
Мережа трифазного змінного струму з глухозаземленою нейтраллю	
Напруга, В	380±38
Частота, Гц	50±1
Привід механізмів машини:	
Потужність двигуна, кВт	2,2
Частота обертання валу, об/хв	1500

Привід вакуумного насоса ВВН 1 – 0,7:	
Потужність двигуна, кВт	2,2
Частота обертання валу, об/хв	1500
Споживання:	
Електроенергія, кВт·год, не більше	2,3
Клей, кг/год, не більше	1,56
Габаритні розміри, мм, не більше	
Довжина	2400
Ширина	1000
Висота	1240
Маса, кг, не більше	750
Тип машини	Лінійна, однокасетна з вакуумним барабаном для перенесення етикеток
Клей (основа)	Декстрин кукурудзяних або картопляних квасців вищого або першого класу ГОСТ 6034-79
Допустиме відхилення паралельності етикеток по відношенню до поверхні підставки пляшки повинно бути не більше 2 мм в крайніх точках для 95% пляшок номінальної місткості машини і 3 мм для 5% пляшок номінальної місткості машини	

Машина складається з: транспортера (2), вакуумного барабана (1), приводу для переміщення магазину етикеток, приводу клейового механізму, станини з приводом (8), електрообладнання (3), механізму датування та блокування (6), комплекту захисних кожухів (5), вакуумної насосної установки, клейової ванни (7), магазину етикеток (4), розеткового блоку, датувального пристрою (6).

3.2 Експлуатація машини

Пляшки на транспортері розміщуються шнеком з певним кроком і надходять по дотичній до вакуумного барабана (див. Складальне креслення).

При цьому магазин етикеток при русі вперед натискає важіль на клапані золотникового пристрою, тим самим з'єднуючи отвори присосок вакуумного барабана з вакуумом. Завдяки рівності швидкостей вакуумного барабана і сховища етикеток на певній ділянці їх руху, етикетка засмоктується в вакуумний барабан і видаляється з магазину. З подальшим обертанням вакуумного барабана етикетка штампується і промащується клеєм. У момент нанесення клею етикетка утримується на вакуумному барабані за допомогою гребінки. Коли пляшка і етикетка стикаються, перша входить в клин між шнеком сепаратора і вакуумним барабаном, захоплюється вакуумним барабаном і етикетка пресується на пляшку, потрапляючи між двома прокатними транспортерами. У момент зустрічі етикетки і пляшки вакуум закривається, а присоски сполучаються з атмосферою.

При подальшому переміщенні пляшки між накатними транспортерами етикетка на пляшці притискається і розгладжується.

3.3 Конструкція і принцип дії вузлів машин

Транспортер складається з напрямних, шнека, двох роликів транспортерів і призначений для переміщення пляшок по машині в процесі маркування. Для запобігання поломки посуду в разі падіння внутрішня напрямна транспортера виконана у вигляді підпружиненої заслінки, яка при розмиканні впливає на контакти кінцевого вимикача, розмикаючи ланцюг приводного електродвигуна і машина зупиняється.

Вакуумний барабан призначений для перенесення етикеток з магазину етикеток на пляшку. Вакуумний барабан оснащений золотниковим пристроєм, який служить для розподілу вакууму по його присосках. Золотниковий пристрій складається з рухомих і нерухомо горизонтально розташованих дисків. Клапани нерухомого диска з'єднуються з присосками вакуумного барабана за допомогою штуцерів і прокладок. Підключення вакууму до присосок вакуумного барабана забезпечується тільки при наявності пляшки.

Механізм етикетування складається з магазину і його приводу. Складний рух магазину етикеток забезпечує правильну передачу етикетки з магазину в вакуумний барабан, а також блокування «немає пляшки - немає етикетки».

Табличка магазину етикеток несе на собі важіль, який управляє клапанами золотникового пристрою. Якщо на транспортері знаходяться пляшки, щуп кінцевого вимикача розмикає ланцюг електромагніту, сердечник витягується назовні і не заважає руху магазину до вакуумного барабана. Цим рухом важіль магазину натискає на клапан золотникового пристрою, тим самим з'єднуючи присоски вакуумного барабана з вакуумом. При відсутності пляшок ланцюг електромагніту знаходиться під струмом, сердечник виштовхується назовні і перешкоджає переміщенню магазину до вакуумного барабана. Важіль магазину не натискає на клапани золотникового пристрою, присоски вакуумного барабана не сполучаються з вакуумом і етикетка не переноситься на вакуумний барабан.

Клейова ванна призначена для розміщення в ній запасу рідкого клею і нанесення його смугами на внутрішню сторону етикетки в момент її проходження в районі клейової ванни. Ванна включає в себе ванну з клейовим валиком, розкидним валиком і їх приводом, що забезпечує обертання клейового і розстеленого валиків і тангенціальний рух ванни. Остання умова створює передумови для створення замку «без етикетки, без клею». Робочий хід ванни (вперед) здійснюється пружиною, а зворотний - кулачком.

Опорна частина машини складається з станини і плити. Всі агрегати зі своїми приводними елементами кріпляться до плити. Усередині станини встановлений привід механізму, що складається з електродвигуна, двоступеневої клинопасової передачі, конічної, зубчастої і ланцюгової передачі. Усередині станини також встановлений вакуумний насос з електродвигуном. Його можна встановити зовні машини або використовувати центральну вакуумну станцію.

Електрообладнання машини включає магнітні пускачі, вимикач трансформатора, кінцеві вимикачі, електромагніт, кнопки управління, запобіжники, блоки затискачів, встановлені в шафі управління, електропроводку, пульт управління.

Механізм штампування призначений для нанесення на зворотну сторону етикетки штемпелю. Штампування етикеток здійснюється шляхом прокатки барабана зі знаками на їх поверхні. Знаки (шрифт) змащуються штемпельною фарбою за допомогою фетрового кільця. Штампувальний механізм здійснює

коливальний рух, що дозволяє здійснити блокування «немає етикетки - немає штампа». Запірний механізм «без етикетки - без штампа» призначений для блокування механізму штампування, а запірний механізм «без етикетки - без клею» призначений для блокування клейової ванни, коли на вакуумному барабані немає етикетки. Щуп запірного механізму під дією пружини, що підтримує контакт кулачка і ролика, потрапляє в щілину вакуумного барабана, обертається з жорстко з'єднаним з ним упором, в який впирається барабан з знаками або клейова ванна.

Комплект захисних кожухів захищає механізми від попадання сторонніх предметів, а також дозволяє забезпечити дотримання необхідних норм безпеки для оператора. Блокування переповнення на виході встановлюється на лінії споживачем, не менше ніж на відстані одного метра від краю транспортера машини.

Машина приводиться в рух електродвигуном через двоступеневу клинопасову передачу. Повна взаємодія вузлів і механізмів машини характеризується кінематичною схемою (зображено на листах графічної частини).

3.4 Опис схеми підключення

Живлення електричних апаратів машин здійснюється змінним струмом напругою 380/220 В, 50 Гц. У ланцюгах управління напруга становить 34 - 42 В. Включення живлення електрообладнання машини здійснюється автоматичним вимикачем QS 1 (див. ВЕМВ 01.00.000 Е 3).

З захист електродвигунів М1 і М2 від короткого замикання здійснюється запобіжниками ФУ 1 і ФУ 3, а від перевантаження - тепловими реле КК1, КК2, КК3. Захист від короткого замикання забезпечується запобіжниками FU 4 і FU5.

Коли машина працює, захисний кожух закривається. При цьому блокування електроприводу механізмів знімається включенням кінцевого вимикача SQ 1.

Схема включає замки SQ 2, SQ 3, SQ 4. При виникненні аварійних режимів: перевантаження на виході, спрацьовують кінцеві вимикачі SQ 2 або SQ 3, що

знеструмлюють електродвигун механізмів. При відсутності пляшок кінцевий вимикач SQ 4 зчитує електромагніт. Натисканням кнопки SB 2 двигун М1 запускається на першій швидкості. Напруга 37В подається на котушку пускача КМ 1. Пускач приводить в дію і замикає свої контакти в ланцюзі живлення електродвигуна М 1. Аналогічно натисканням кнопки SB 3 здійснюється старт на другій швидкості. Живлення в ланцюзі електродвигуна М 1 подається через замкнуті контакти пускача КМ 3. Схема має електричне блокування від одночасного включення пускачів КМ 1 і КМ 3. Зупинка двигуна М 1 здійснюється натисканням кнопки SB' 1. В результаті знеструмлення котушки стартера КМ 1 розмикаються її контакти в ланцюзі живлення електродвигуна М 1.

Таким же чином зупиняється електродвигун М 1 при роботі на другій передачі.

Вакуумний насос активується натисканням кнопки SB 5. Стартер КМ 4 спрацьовує і замикає свої контакти в ланцюзі живлення електродвигуна М 2. Зупинка здійснюється натиснувши кнопку SB 4.

Для вмикання аварійної зупинки машини використовується кнопка «СТОП» з штовхачем у формі червоного гриба, розташована на панелі управління.

3.5 Встановлення етикетувальної машини

Звільняємо машину від упаковки і перевіряємо комплектність.

Вимиваємо з гасом і протираємо поверхні машини, покриті на заводі, захисним мастилом.

При монтажі машини в лінію необхідно зняти захисний кожух приводу етикеткового магазину і перевести магазин в крайнє праве положення за допомогою маховичка ручного повороту машини. Замінити технологічні заглушки з верхньої плити машини на ремонтні болти.

Машина встановлюється в опалювальному взимку приміщенні на горизонтально регульовану жорстку основу. Під час монтажу необхідно забезпечити строго вертикальне положення. Відхилення від вертикалі становить не більше $\pm 1^\circ$. Ступінь затягування гайок фундаментних болтів або, при

відсутності останнього, спосіб кріплення машини до фундаменту повинен забезпечувати стійке положення машини. Перед запуском машини спочатку потрібно перевірити її механізми вручну за маховик і перевірити правильність підключення електродвигуна до електромережі.

Транспортування до місця установки здійснюється автотранспортом



Рисунок 3.1 - Автотранспорт

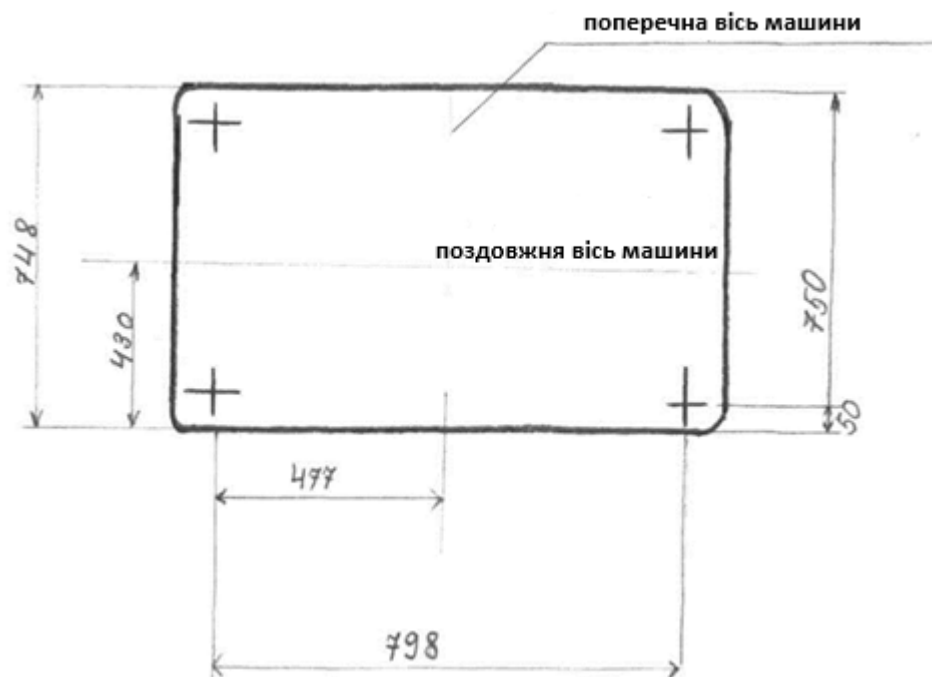


Рисунок 3.2 – План фундаменту

Визначення розмірів фундаменту.

На габарити фундаменту впливають: вага машини, динамічні коливання обладнання, а також несуча здатність ґрунту.

Середній тиск під фундаментом:

$$P_{cp} \leq m_0 \cdot m_1 \cdot R_0, \quad (3.1)$$

де m_0 - коефіцієнт динамічного навантаження, $m_0 = 0,8$;

m_1 - коефіцієнт можливих деформацій, $m_1 = 1$;

R_0 - номінальний розрахунковий тиск, $R_0 = 0,15$.

$$P_{cp} \leq 0,8 \cdot 1 \cdot 0,15 = 0,12 \text{ МПа.}$$

Розміри фундаменту:

$$G = a \cdot Q, \quad (3.2)$$

$$G = \rho \cdot B \cdot H \cdot L, \quad (3.3)$$

де ρ - щільність фундаменту, $\rho = 2000$;

B, H, L - розміри фундаменту машини;

Q - вага машини;

a - коефіцієнт навантаження.

$$H = \frac{a \cdot Q}{\rho \cdot B \cdot L}, \quad (3.4)$$

$$H = \frac{2 \cdot 750}{2000 \cdot 1000 \cdot 2400} = 0,8 \text{ м.}$$

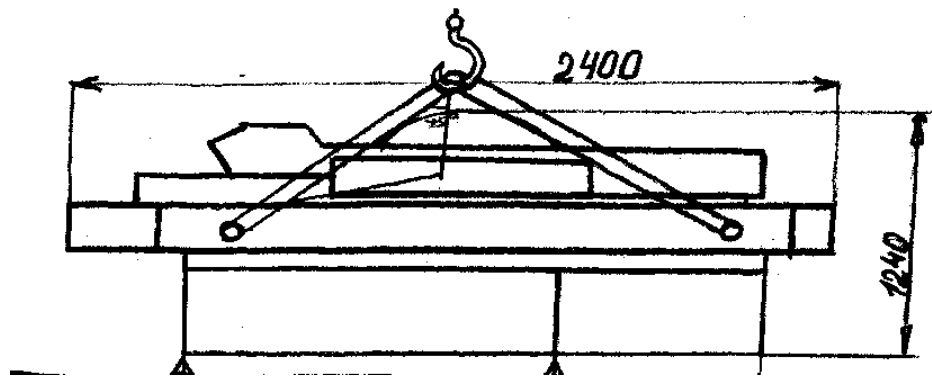


Рисунок 3.3 – Схема стропування

Розрахунок на міцність строп:

$$S = \frac{Q}{n} \cdot \frac{1}{\cos \alpha} = S = \frac{\alpha}{n}, \quad (3.5)$$

де S - натяг гілки стропа, кг;

α - коефіцієнт кута нахилу гілок;

n - кількість гілок, $n = 4$;

Q - вага обладнання;

α - кут нахилу гілок, $\alpha = 45^\circ$.

$$S = 1,42 \cdot \frac{750}{4} = 266,3 \text{ кг.}$$

Вибрати марку стану УСК-6,3-1;

$L = 3000 - 2500 \text{ мм}$;

$I = 400 \text{ мм}$;

$I_1 = 700 \text{ мм}$;

$d_k = 27 \text{ мм}$;

Вантажопідйомність – 0,8 тонни;

Розрахункове зусилля на розрив не менше 378 кН.

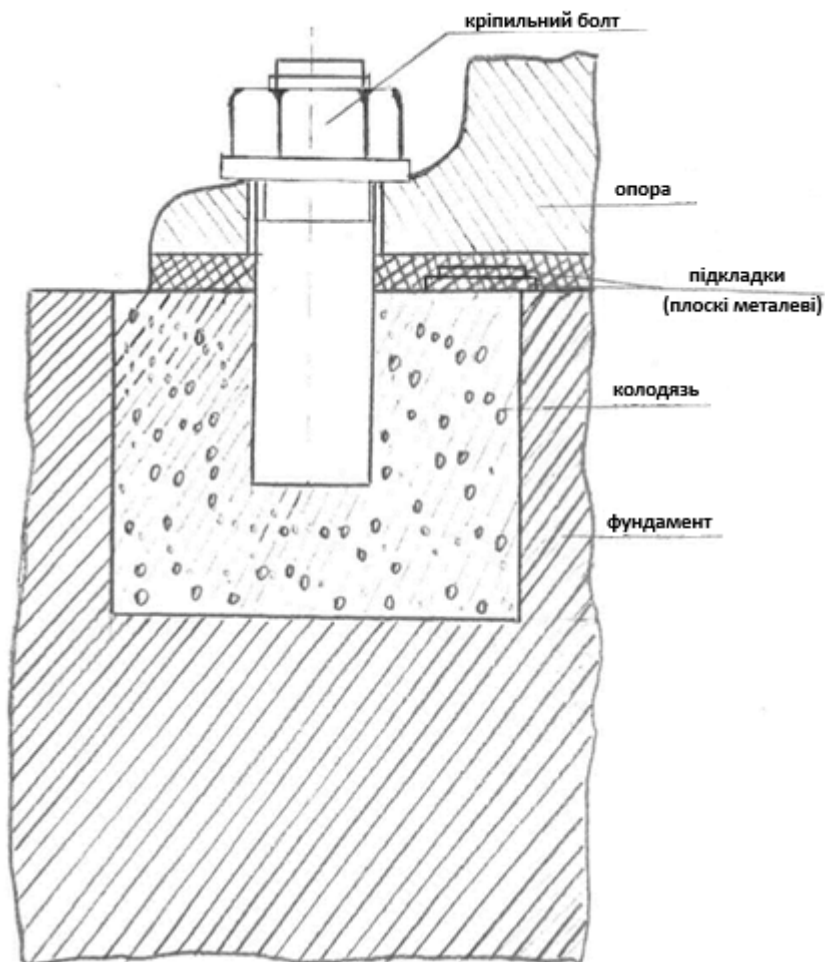


Рисунок 3.4 – Кріплення етикетувальної машини до фундаменту

4. ВИЗНАЧЕННЯ ФУНКЦІОНАЛЬНИХ І ТЕХНІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ РОЗРОБЛЮВАНОЇ ВАКУУМНОЇ ЕТИКЕТУВАЛЬНОЇ МАШИНИ

4.1 Технологічний розрахунок

4.1.1 Розрахунок частоти обертання вакуумного барабана

Розрахункові задачі: визначити параметри споживаної потужності машини і вибрати електродвигун.

Дані для розрахунку:

Технічні показники, $nл/год - 3000$;
 $П_{max} - 3900$;
 $П_{min} - 3000$.

Тип машини - лінійна, безперервної роботи.

Кількість положень вакуумного носія, шт. - 6

Швидкість обертання вакуумного барабана повинна розраховуватися за формулою:

$$n = \frac{П}{60 \cdot m}, c^{-1}, \quad (4.1)$$

де $П$ - годинна продуктивність машини, пляшок/год;

m - кількість сегментів несучої етикетки, $m = 6$ шт.

4.1.2 Розрахунок швидкості переміщення пляшок за допомогою шнека

Швидкість руху пляшок за допомогою шнека можна визначити з виразу за формулою:

$$v = \frac{t \cdot n_{шн}}{60}, \quad (4.2)$$

де t - крок шнека (береться по найбільшому діаметру пляшки, що підлягає обробці, плюс товщина гвинта шнека, плюс запас на нахил шнека.

$$t = (d_{max} + 0.005 + 0.02), м. d_{пляшки} = 83 мм.$$

То,

$$n_{\min} = \frac{3000}{60 \cdot 6} = 8,33 \text{ об / хв} (0,139 \text{ c}^{-1})$$

$$n_{\max} = \frac{3900}{60 \cdot 6} = 10,83 \text{ об / хв} (0,80 \text{ c}^{-1})$$

$$v = \frac{t \cdot n_{\min \max}}{60} = \frac{0,11 \cdot 10,83}{60} 0,1 \text{ м / с}$$

Пластинчатого конвеєра визначається за формулою:

$$v_{mp} = K \cdot v, \quad (4.3)$$

Де K – коефіцієнт, що враховує проковзування пляшок на конвеєрі, $K = 1,2 - 1,3$;

То:

$$v_{mp} = 1,2 \cdot 0,1 = 0,12$$

4.2 Енергетичний розрахунок

4.2.1 Визначення потужності приводу машини

Розрахунок споживаної етикетувальною машиною енергії зводиться до визначення всіх витрат на потужність, необхідних для приводу кожного механізму і визначається за формулою:

$$N = N_B + N_K + N_{K.M} + N_{П.М} + N_{Н.ТР} + N_{ТР}, \quad (4.4)$$

де N_B - потужність приводу, вакуумного барабану, кВт;

N_K - потужність приводу клейового механізму, кВт;

$N_{K.M}$ - потужність приводів механізмів гойдання магазину, кВт;

$N_{П.М}$ - привід потужності механізмів руху, кВт;

$N_{ТР}$ - потужність приводу пластинчатого конвеєра, кВт;

$N_{н.тр}$ - потужність приводу накатного транспортера, кВт.

Потужність вакуумного барабанного приводу N_B складається з потужності на подолання сил тертя в упорному підшипнику, потужності на подолання сил тертя труби об нерухомий диск золотникового пристрою і потужності на подолання сил тертя рухомого золотникового диска об нерухомий.

$$N_B = \frac{PF_1 \cdot d_n}{194700} + \frac{\pi P_1 \cdot F_2}{300000} + \frac{\pi \cdot P_3 \cdot F_3}{300000}, \quad (4.5)$$

де P - сила тертя сили тяжіння барабана, $P = 50000 \text{ Н}$;

P_1 - сила тертя золотника, $P_1 = 1600$ Н;

F_1 - приведений коефіцієнт тертя, $F_1 = 0,01$;

F_2 - коефіцієнт тертя чавуну об бронзу, $F_2 = 0,097$;

F_3 - коефіцієнт тертя чавуну об чавун, $F_3 = 0,075$;

d_n - зовнішній діаметр опорного підшипника, $d_n = 95$ мм.

$$N_{\sigma} = \frac{5000 \cdot 0,01 \cdot 95}{194700} + \frac{3,14 \cdot 1600 \cdot 0,097}{300000} + \frac{3,14 \cdot 700 \cdot 0,075}{300000} =$$
$$0,024 + 0,0016 + 0,00055 = 0,0262 \text{ кВт},$$

$$N_{\kappa} = \frac{P_{\kappa} \cdot v_{\kappa}}{102}, \quad (4.6)$$

де P_{κ} - стійкість до обертання клейового валика, $P_{\kappa} = 4$ кг;

v_{κ} - 0,3 м/с.

$$N_{\kappa} = \frac{4 \cdot 0,3}{102} = 0,012 \text{ кВт},$$

Потужність, необхідна для приводу механізму гойдання магазину етикеткового магазину $N_{k.m}$, складається з потужності приводу кулачкового механізму прокатки касети і потужності, необхідної для подолання тертя в ролику і визначається за формулою

$$N_{k.m} = \frac{P_k \cdot n_k \cdot (\pi \cdot r_k + F \cdot r_p)}{30 \cdot 102 \cdot 1000 \cdot g}. \quad (4.7)$$

де P_k - зусилля, що передається від кулачка на ролик (за дослідними даними), $P_k = 90$ Н;

r_k - плече моменту сили щодо осі кулачка, $r_k = 55$ мм;

F - коефіцієнт тертя сталі об бронзу, $F = 0,08$;

n_k - число обертів кулачків, $n_k = 25$ об/хв;

r_p - плече моменту сили щодо осі ролика, $r_p = 21,5$ мм.

То:

$$N_{k.m} = \frac{90 \cdot 25 (3,14 \cdot 55 \cdot 0,08 \cdot 21,5)}{30 \cdot 1402 \cdot 1000 \cdot 9,8} = \frac{2250 (172,7 + 1,72)}{29988000} =$$
$$= \frac{392445}{29988000} = 0,013 \text{ кВт}$$

Потужність переміщення магазину складається з потужності приводу обертання кулачка механізму руху касети, а потужність для подолання сил тертя в ролику визначається за формулою:

$$N_{n.m} = \frac{P_p \cdot \Pi_k (\pi \cdot r_k + f_{ч.p})}{30 \cdot 102 \cdot 1000g}, \quad (4.8)$$

де P_p - зусилля, за допомогою якого пружина притискає ролик до кулачка;

r_k - плече сили щодо осі ролика, $r_k = 36 \text{ мм}$;

$g = 9,8 \text{ м/с}$ – прискорення під дією сили тяжіння.

То:

$$N_{n.m} = \frac{80 \cdot 25(3,14 \cdot 30 \cdot 0,08 \cdot 36)}{30 \cdot 102 \cdot 1000g} = \frac{2000(94,2 + 2,88)}{29988000} = \frac{194160}{2998000} = 0,0065 \text{ кВт}$$

Потужність приводу пластинчастого транспортера визначається за формулою:

$$N_{m.p} = \frac{P_{m.p} \cdot V_{m.p}}{102g}, \quad (4.9)$$

де $P_{m.p}$ - окружне зусилля на ведучу зірочку для довжини транспортера 2400 мм, $P_{m.p} = 160 \text{ Н}$;

$$V_{m.p} = 0,12 \text{ м/с}$$

$$N_{m.p} = \frac{160 \cdot 0,12}{102 \cdot 9,8} = 0,019 \text{ кВт}.$$

Сила приводу накатного транспортера складається з потужності, необхідної для подолання опору під час руху накатного транспортера і потужності для подолання опору пружних сил стрічок з пляшками.

$$N_{n.m.p} = \frac{v_{n.m.p} (P_3 + P_4 \cdot K)}{102}, \quad (4.10)$$

де P_3 - окружне зусилля на приводному ролику;

K - число пляшок, що одночасно проходять по рухомому транспортеру, $K = 6$ шт;

$v_{n.m.p}$ - окружна швидкість ведучого ролика накатного конвеєра, $v_{n.m.p} = 0,16 \text{ м/с}$;

P_4 - сила переміщення по конвеєру.

$$N_{m.mp} = \frac{0,16(100 + 8 \cdot 6)}{102} = \frac{0,16 \cdot 148}{102} = 0,23 \text{ кВт}$$

Розраховуємо потужність (за кінематичною схемою).

За формулою:

$$N_m = \frac{N_{к.м}}{\eta_3 \cdot \eta_n} + \frac{N_{п.м}}{\eta_3 \cdot \eta_n} + \frac{N_{б}}{\eta_3 \cdot \eta_n} + \frac{N_{к}}{\eta_3 \cdot \eta_n} + \frac{N_{м.р}}{\eta_3 \cdot \eta_n} + \frac{2N_{н.тр}}{\eta_3 \cdot \eta_n} \cdot \frac{1}{\eta_{кл.пас}^2 \cdot \eta_{кз} \cdot \eta_n^3}, \quad (4.11)$$

де $N_{к.м}$ - потужність приводу механізмів гойдання магазину, кВт;

$N_{п.м}$ - потужність приводу механізмів руху магазину, кВт;

$N_{м.р}$ - потужність приводу рухомого конвеєра, кВт;

$N_{б}$ - потужність приводу вакуумного барабана, кВт;

$N_{к}$ - потужність приводу клейового механізму, кВт;

η_n - ефективність підшипника ковзання, $\eta_n = 0,99$;

$\eta_{кл.пас}$ - ефективність клинопасової передачі, $\eta_{кл.рем} = 0,95$;

η_3 - ефективність циліндричної зубчастої передачі, $\eta_3 = 0,98$;

$\eta_{кз}$ - ефективність конічного зачеплення, $\eta_{кз} = 0,97$;

$\eta_{ц.п}$ - ефективність роботи ланцюгової передачі, $\eta_{ц.п} = 0,96$.

То

$$\begin{aligned} N_m &= \frac{0,013}{0,98 \cdot 0,99} + \frac{0,0065}{0,98 \cdot 0,99} + \frac{0,0262}{0,98 \cdot 0,99} + \frac{0,012}{0,98 \cdot 0,99} + \frac{0,019}{0,96^2 \cdot 0,99} + \\ &+ \frac{0,23}{0,98 \cdot 0,99^2} \cdot \frac{1}{0,95^2 \cdot 0,97 \cdot 0,99^3} = \frac{0,013}{0,97} + \frac{0,0065}{0,97} + \frac{0,0262}{0,97} + \frac{0,012}{0,97} + \frac{0,019}{0,9} + \\ &+ \frac{2 \cdot 0,23}{0,95} \cdot \frac{1}{0,9 \cdot 0,97 \cdot 0,96} = 0,027 + 0,0124 + 0,021 + 0,48 \cdot \frac{1}{0,84} = \frac{0,56}{0,84} = 0,666 \text{ кВт} \end{aligned}$$

Потужність, споживана машиною $N_m = 0,67 \text{ кВт}$. Беручи до уваги коефіцієнти запасу міцності $K = 1,3$ і можливість експлуатації машини на двох швидкостях (лінії 3000 пляшок / год і 6000 пляшок / год), приймаємо електродвигун 2AI90Л 6/4 з встановленою потужністю $N = 1,32/1,6 \text{ кВт}$ і швидкістю обертання $n = 1000/1500 \text{ об / хв}$.

4.3 Кінематичний розрахунок

4.3.1 Розрахунок частоти обертання вакуумного барабана

У кінематичному розрахунку машини необхідно визначити швидкість обертання кожного валу при найменшій (min) і найбільшій (max) продуктивності машини. Визначення передаточних чисел пар, діаметрів шківів, що задаються розрахунковими номерами зубів шестерень. Щоб визначити передаточне число клинопасової передачі, необхідно розрахувати його і підібрати редуктор під привід машини.

Таблиця 4.1 – Вихідні дані для розрахунку

Продуктивність, пляшок/год	Мінімальна – 3000 Максимальна - 3900
Кількість тримачів етикеток на вакуумному барабані, шт	6
Потужність двигуна машини, кВт	1,32
Частота обертання двигуна машини, (синхронна), c^{-1} (об/хв)	15,66 (940)

Швидкість обертання валу-вакууму барабана машини визначається за формулою:

$$n_{в.б} = \frac{n}{60 \cdot m}, c^{-1}, \quad (4.12)$$

де n - продуктивність машини, пляшок/год;

$n_{\min}$ - мінімально можлива продуктивність машини, $n_{\min} = 3000$ пляшок/год;

$n_{\max}$ - максимально можлива продуктивність машини, $n_{\max} = 3900$ пляшок/год

m - кількість носіїв етикеток вакуумних барабанів, $m = 6$.

То:

$$\begin{aligned} \Pi_{B.B} \min &= \frac{3000}{3600 \cdot 6} = 0,139 c^{-1} & (8,33 \text{ об / хв}), \\ \Pi_{B.B} \max &= \frac{3900}{3600 \cdot 6} = 0,1805 c^{-1} & (10,83 \text{ об / хв}). \end{aligned}$$

4.3.2 Розрахунок передаточних чисел кожної ведучої передачі

Передаточне число від валу I двигуна до валу IV каруселі визначається наступними виразами:

$$i_{I-V \min} = \frac{\Pi_{\partial \delta}}{\Pi_{\text{с.б.} \min}}, \quad (4.13)$$

$$i_{I-V \min} = \frac{15,66}{0,139} = 112,66,$$

$$i_{I-V \max} = \frac{\Pi_{\partial \delta}}{\Pi_{\text{с.б.} \max}}, \quad (4.14)$$

$$i_{I-V \max} = \frac{15,66}{0,1805} = 86,76.$$

Передаточне число від валу до валу каруселі можна виразити за допомогою рівняння:

$$i_{I-VI} = i_{I-II} \cdot i_{II-III} \cdot i_{III-IV} \cdot i_{VI-V}, \quad (4.15)$$

де i_{I-II} и i_{II-III} - передаточні числа клинопасової передачі;

i_{III-IV} - кіничне передаточне число;

$$i_{III-IV} = \frac{Z_2}{Z_1}, \quad (4.16)$$

$$i_{III-IV} = \frac{40}{16} = 2,5.$$

де i_{VI-V} - передаточне число зубчастої передачі (беремо конструктивно за аналогом базової моделі L5-VE2M);

$$Z_3 = 40 \text{ и } Z_4 = 120 \text{ зубів};$$

То

$$i_{VI-V} = \frac{120}{40} = 3.$$

Визначаємо передаточне число клинопасової передачі варіатора:

$$i_{I-II} = \frac{i_{I-VI}}{i_{II-III} \cdot i_{III-IV} \cdot i_{VI-V}}, \quad (4.17)$$

$$i_{I-II \min} = \frac{87}{4,158 \cdot 2,5 \cdot 3,0} = \frac{86,76}{31,188} = 2,782,$$

$$i_{I-II \max} = \frac{112,66}{4,158 \cdot 2,5 \cdot 3,0} = \frac{112,66}{31,188} = 3,612.$$

Швидкість обертання другого валу визначається за формулою:

$$n_{II 3,612} = \frac{n_{\partial 6}}{i_{I-II}}, \quad (4.18)$$

$$n_{II \min} = \frac{15,66}{i_{I-II \max}} = \frac{15,66}{3,612} = 4,33 c^{-1} (260,106 / хв),$$

$$n_{II \max} = \frac{15,66}{i_{I-II \min}} = \frac{15,66}{2,782} = 5,62 c^{-1} (337,7406 / хв).$$

Візьмемо діаметр великого шківів $\varnothing_2 = 240 \text{ мм}$, тоді можна визначити діаметри шківів варіатора:

$$n_{II \min} = \frac{240}{\varnothing_{1 \min}}, \quad (4.19)$$

$$\varnothing_{1 \min} = \frac{240}{3,612} = 66,4 \text{ мм},$$

$$n_{II \max} = 87.$$

4.3.3 Розрахунок частоти обертання кожного валу

III частота обертання валу визначається за формулою:

$$n_{III} = \frac{n_{II}}{i_{II-III}}, c^{-1}, \quad (4.20)$$

$$n_{III \min} = \frac{4,33}{4,158} = 1,04 c^{-1} (62,4806 / хв),$$

$$n_{III \max} = \frac{5,62}{4,158} = 1,35 c^{-1} (81,106 / хв).$$

Швидкість обертання IV валу визначається за формулою:

$$n_{IV} = \frac{n_{III}}{i_{III-IV}}, \quad (4.21)$$

$$\Pi_{III \min} = \frac{1,04}{2,5} = 0,416 c^{-1} \quad (24,95 об / хв),$$

$$\Pi_{III \max} = \frac{1,35}{2,5} = 0,54 c^{-1} \quad (32,4 об / хв).$$

Швидкість обертання валу V вакууму барабана визначається за формулою:

$$\Pi_V = \frac{\Pi_{IV}}{i_{IV-V}}, \quad (4.22)$$

$$\Pi_{V \min} = \frac{0,416}{3} = 0,1387 c^{-1} \quad (8,32 об / хв),$$

$$\Pi_{V \max} = \frac{0,54}{3} = 0,18 c^{-1} \quad (10,8 об / хв).$$

Частота валу VI клейової ванни визначається за формулою:

$$\Pi_{VI} = \frac{\Pi_{III}}{i_{III-IV}}, \quad (4.23)$$

$$\Pi_{VI \min} = \frac{1,04}{0,575} = 1,8 c^{-1} \quad (108,5 об / хв),$$

$$\Pi_{VI \max} = \frac{1,35}{0,575} = 2,35 c^{-1} \quad (140,87 об / хв).$$

Частота валу VII приводного механізму клейової ванни буде визначатися з виразу:

$$\Pi_{VII} = \frac{\Pi_V}{i_{V-VI}}, \quad (4.24)$$

$$i_{V-VII} = \frac{40}{120} = 0,333,$$

$$\Pi_{VII \min} = \frac{0,1387}{0,333} = 0,416 c^{-1} \quad (25 об / хв),$$

$$\Pi_{VII \max} = \frac{0,18}{0,333} = 0,54 c^{-1} \quad (32,4 об / хв).$$

Частота валу VIII приводного механізму клейової ванни буде визначатися з виразу:

$$\Pi_{VIII} = \frac{\Pi_V}{i_{V-VI}}, \quad (4.25)$$

$$i_{III-VIII} = \frac{Z=30}{Z=12} = 2,5,$$

$$\Pi_{VIII \min} = \frac{1,04}{2,5} = 0,416 c^{-1} \quad (24,96 об / хв),$$

$$\Pi_{VIII \max} = \frac{1,35}{2,5} = 0,54c^{-1} \text{ (32,4об / хв)}.$$

Частота обертання валу XI приводу шнека визначається виразом:

$$\Pi_{XI} = \frac{\Pi_{XIII}}{i_{VIII-XI}}, \quad (4.26)$$

$$i_{VIII-XI} = \frac{Z=16}{Z=36} = 0,444,$$

$$\Pi_{IX \min} = \frac{\Pi_{VI \min}}{2,25} = \frac{0,416}{0,444} = 0,937c^{-1} \text{ (56,2об / хв)},$$

$$\Pi_{IX \max} = \frac{\Pi_{VI \max}}{2,25} = \frac{0,54}{0,444} = 1,216c^{-1} \text{ (72,98об / хв)}.$$

Частота валу X (самого гвинта) визначається з виразу:

$$\Pi_X = \frac{\Pi_{XI}}{i_{IX-X}}, \quad (4.27)$$

$$i_{IX-X} = \frac{22}{22} = 1,$$

$$\Pi_{X \min} = \Pi_{X \min} = 0,937c^{-1} \text{ (56,2об / хв)},$$

$$\Pi_{X \max} = \Pi_{X \max} = 1,216c^{-1} \text{ (72,98об / хв)}.$$

Швидкість обертання ведучого валу накатного транспортера XII визначається з виразу:

$$\Pi_{XII} = \frac{\Pi_V}{i_{V-XII}}, \quad (4.28)$$

$$i_{V-XII} = \frac{Z=28}{Z=120} = 0,233,$$

$$\Pi_{XII \min} = \frac{\Pi_{V \max}}{0,233} = \frac{0,11387}{0,233} = 0,595c^{-1} \text{ (35,72об / хв)},$$

$$\Pi_{XII \max} = \frac{\Pi_{V \max}}{0,233} = \frac{0,18}{0,233} = 0,773c^{-1} \text{ (46,35об / хв)}.$$

Частота обертання XV, XIV і XIII валів однакова і може бути записана:

$$\Pi_{XV \min} = \Pi_{XIV \min} = \Pi_{XII \min} = \Pi_{XI \min} = 0,595c^{-1} \text{ (35,75об / хв)},$$

$$\Pi_{XV \max} = \Pi_{XIV \max} = \Pi_{XII \max} = \Pi_{XI \max} = 0,773c^{-1} \text{ (46,35об / хв)}.$$

5 АНАЛІЗ МІЦНОСТІ З ДОПОМОГОЮ СПЕЦІАЛІЗОВАНОГО ПЗ

5.1 Розрахунок клинопасової передачі

Усі розрахунки здійснюємо з допомогою спеціалізованого програмного забезпечення APM WinMachine.

Потужність двигуна, кВт – 1,32;

Частота обертання асинхронного двигуна, $n_{dw} = 15,66 \text{ c}^{-1}$ (940 об/хв);

Приймаємо схему варіатора, в якій зміна частоти обертання буде здійснюватися за рахунок регулювання ведучого шківa, ведений шків приймається таким же діаметром $D_2 = 240 \text{ мм}$.

Так як передана потужність не велика, то припускаємо, що вона буде передаватися звичайним клиновим пасом.

Так як машина повинна забезпечувати дві продуктивності по 3000 і 3900 пляшок/год

Прийняти діаметр $D_2 = 240 \text{ мм}$ /

$$t_{\text{кл.пас.мін}} = 2,782,$$

$$t_{\text{кл.пас.макс}} = 3,612.$$

З кінематичного розрахунку визначаємо діаметри шківів варіатора:

$$d_{\text{макс}} = \frac{D_2}{t_{\text{кл.пас.мін}}}, \quad (5.1)$$

$$d_{\text{макс}} = \frac{240}{2,782} = 86,3 \text{ Мм}$$

$$d_{\text{мін}} = \frac{D_2}{t_{\text{кл.пас.макс}}}, \quad (5.2)$$

$$d_{\text{мін}} = \frac{240}{3,612} = 66,4 \text{ Мм}.$$

Приймаємо $d_{\text{макс}} = 100 \text{ мм}$, $d_{\text{мін}} = 60 \text{ мм}$.

То

$$t_{\text{кл.пас.мін}} = \frac{240}{100} = 2,4,$$

$$t_{\text{кл.пас.макс}} = \frac{240}{60} = 4,0.$$

Тоді швидкість обертання II вала:

$$n_{I \text{Imax}} = \frac{n_{\partial\delta}}{l_{I-I \text{Imin}}}, \quad (5.3)$$

$$n_{I \text{Imax}} = \frac{15,66}{2,4} = 6,52c^{-1} (391,506 / \text{хв}),$$

$$n_{I \text{Imin}} = \frac{n_{\partial\delta}}{l_{I-I \text{Imax}}}, \quad (5.4)$$

$$n_{I \text{Imin}} = \frac{15,66}{4,0} = 3,92c^{-1} (234,906 / \text{хв}).$$

Діапазон регулювання варіатора (D) знаходять з виразу:

$$D = \frac{l_{\max}}{l_{\min}}, \quad (5.5)$$

$$D = \frac{4,0}{2,4} = 1,666.$$

Визначимо швидкість руху стрічки за умовою:

$$v = \frac{\pi D_2 \cdot n_{\max}}{60 \cdot 100}, \quad (5.6)$$

$$v = \frac{3,14 \cdot 240 \cdot 391,5}{60 \cdot 100} = 4,95 \text{ м/с}.$$

Визначимося з міжцентровим відстанню, вибравши його з міркувань дизайну, близьким, але не менше:

$$A = (0,6 \div 0,9) \cdot (D_2 + d_{1\max}), \quad (5.7)$$

$$A = 0,8(240 + 100) = 272 \text{ мм}$$

Для розрахунку беремо $A = 270 \text{ мм}$.

Обчислена довжина пасу в $d_{1\min} = 65 \text{ мм}$ визначається з виразу:

$$L_p = 2A + \frac{\pi}{2}(d_{1\min} + D_2) + \left(\frac{D_2 - d_{1\min}}{4A}\right)^2, \quad (5.8)$$

$$\begin{aligned} L_p &= 2 \cdot 270 + \frac{3,14}{2}(65 + 240) + \frac{(240 - 65)^2}{4 \cdot 240} = \\ &= 540 + \frac{3,14}{2} \cdot 305 + \frac{175^2}{960} = 540 + 478,85 + 2,73 = 1021,58 \text{ мм}. \end{aligned}$$

Найближча довжина пасу за стандартом - Л-1060 мм (ГОСТ 20898-75).

Визначимо нове значення A з урахуванням стандартної довжини пасу $L = 950$.

$$A = 2L - \pi(d_{1\min} + D_2) + \sqrt{[2L - \pi(d_{1\min} + D_2)]^2 - 8(D_2 + d_{1\min})^2}, \quad (5.9)$$

$$\begin{aligned}
A &= \frac{2 \cdot 1060 - 3,14(65 + 240 + \sqrt{[2 \cdot 1060 - 3,14(65 + 240)]^2 - 8(240 - 65)^2})}{8} = \\
&= \frac{2120 - 3,14(305 + \sqrt{[2120 - 3,14 \cdot 305]^2 - 8 \cdot 30625})}{8} = \\
&= \frac{2120 - 957,7 + \sqrt{1162,3^2 - 245000}}{8} = \frac{1162,3 + \sqrt{1105941,3}}{8} = \frac{1162,3 + 1051}{8} = 276,66 \text{ мм}
\end{aligned}$$

Кут обхвату шківів в $d_{\min} = 65$ мм знаходять за формулою:

$$\alpha_1 = 180^\circ - 60^\circ \frac{(D_2 - d_{\min})}{A}, \quad (5.10)$$

$$\alpha = 180^\circ - 60^\circ \frac{(240 - 65)}{276,66} = 180^\circ - 60^\circ \frac{175}{276,66} = 180^\circ - 60^\circ \cdot 0,63 = 180^\circ - 37,8^\circ = 142^\circ 12'.$$

Кількість пасів Z визначається за формулою:

$$Z = \frac{N}{N_0 \cdot K_1 \cdot K_2}, \quad (5.11)$$

де N - потужність приводу, $N = 1,32$ кВт;

N_0 - потужність, що передається одним пасом (визначається по ГОСТ 1284.3 - 80, табл. 3 при $d_{\min} = 65$ мм і $v = 4,92$ м/с);

K_1 - коефіцієнт в залежності від кута обхвату, згідно з таблицею 8 ГОСТ 1284.3 - 80, $K_1 = 0,90$;

K_2 - коефіцієнт з урахуванням характеру навантаження і режиму роботи (згідно з таблицею 10, стор. 26 ГОСТ 1284.3 - 80), $K_2 = 1,4$.

То:

$$Z = \frac{1,3 \cdot 21,51}{1,2 \cdot 0,9 \cdot 1,4} = \frac{1,32}{1,51} = 0,88.$$

Приймаємо кількість пасів $Z = 1$ шт.

Перевіряємо міцність пасу.

Довговічність пасу визначається головним чином його втомною міцністю, яка залежить від величини, а також від частоти циклів напружень, тобто від числа вигинів стрічки за одиницю часу. Перевірка стрічки на міцність за кількістю пробігів в секунду визначається за формулою:

$$N = \frac{v}{L} \leq [N], c^{-1}$$

Беручи $v = 5,0$ м/с.

$L=1,06$ м – довжина пасу.

Обчислюємо:

$$И = \frac{5,0}{1,06} = 472 \text{с}^{-1} < [10] \text{с}^{-1}.$$

Розрахункова довговічність пасу визначається за формулою:

$$H = \frac{10^7 \frac{(\delta_y)^m}{(\delta)}}{2 \cdot 3600 \cdot N}, \quad (5.12)$$

де $m=1$ – кількість пасів,

$\delta_y = 70 \text{кг} / \text{см}^2$ - (для прогумованих стрічок з прошарками),

$\delta = 35 \text{кг} / \text{см}$

$N = 5,0 \text{м} / \text{с}$

$$H = \frac{10^7 \frac{(70)}{(35)}}{2 \cdot 3600 \cdot 5} = \frac{2 \cdot 10^7}{399,6 \cdot 10^2} = \frac{2 \cdot 10^2}{399,6} = 0,005 \cdot 10^{-5} = 5000_{\text{год}}$$
$$H = 5000_{\text{год}}$$

Визначаємо силу стиснення пружини, що забезпечує нормальну роботу варіатора.

Сили стиснення пружини [Т] можна визначити за формулою:

$$T = P_n \cdot \cos \frac{\varphi}{2}, \quad (5.13)$$

Нормальне армування пасу з розрахунковою залежністю від сили окружності: P_H

$$P_H = \frac{\beta \cdot P}{2 \cdot f}, \quad (5.14)$$

$$P = 100 \cdot \frac{1,32}{5,0} = 26,9 \text{кГц}(269 \text{Н}),$$

Де $v=5,0$ м/с визначається при роботі з великим діаметром шківів, тоді:

$$T = \frac{\beta \cdot P}{2 \cdot f} \cos \frac{\varphi}{2}, \quad (5.15)$$

$$T = \frac{1,9 \cdot 26,9}{2,03} \cdot \cos 28 = \frac{51,11}{0,6} \cdot 0,94 = 80 \text{кГц}(800 \text{Н}).$$

5.2 Розрахунок конічної зубчастої шестерні

Дані для розрахунку:

Потужність на валу конічної передачі - 1000 кВт;

III максимальна частота обертання валу – $1,35 \text{ с}^{-1}$ (81,1 об/хв);

Кількість зубів шестерні – $Z_1 = 16$;

Число зубів колеса дорівнює $Z_2 = 40$.

Розглянемо розрахунок конічних коліс з прямими зубами, при центральному куті $\varphi_{\text{ш}} + \varphi_{\text{х}} = 90^\circ$.

Вибираємо матеріал для шестерні - сталь 45 к.с., твердість HB 180-200, після термічної обробки (нормалізація, поліпшення ТВ4). Для розрахунків беремо $\text{HB}_{\text{н}} = 240$.

Матеріал коліс Сталь 35 Н з нормалізацією. Кінцева твердість $\text{HB}_{\text{н}} = 200$. Середній модуль зачеплення визначається з умови міцності зубців на вигин за формулою:

$$m_{\text{ср}} = 10^3 \cdot \frac{1790 \cdot N \cdot K_{\gamma}}{y[\delta]_{\text{ч}} \cdot Z \cdot n \cdot \varphi} = \frac{2,5 \cdot M \cdot R \cdot \gamma}{y[\delta]_{\text{ч}} \cdot Z \cdot \varphi}, \quad (5.16)$$

де M - максимальний крутний момент на передачі, Нм;

R - коефіцієнт навантаження при симетричному (або близькому до нього) розташуванні шестерень щодо опор, $R = 1,3$ [16];

γ - коефіцієнт, що враховує зменшення товщини зуба на його небезпечному ділянці $\gamma = 1,25$;

y - коефіцієнт форми зуба шестерні, $y = 0,56$;

Z - кількість зубів шестерні, $Z = 16$.

Визначаємо коефіцієнт довжини зуба:

$$\psi = \frac{Z_{\text{ш}}}{5 \cdot \sin \varphi_{\text{ш}}}, \quad (5.17)$$

$$\psi = \frac{16}{5 \cdot 0,5} = 6,4.$$

Визначаємо допустиме граничне напруження на вигин, кг/мм, за формулою:

$$[\delta]_{\text{н}} = \frac{(1,4 \div 1,6) \cdot \delta_1 \cdot R_{\text{р.н}}}{[n] \cdot R_{\delta}}, \quad (5.18)$$

де n - необхідний коефіцієнт безпеки, $n = 1,8$ (стальні виливки);

R_δ - ефективний коефіцієнт напружень у кореня зуба, $R_\delta = 1,5$;

δ_1 - межа витривалості в симетричному циклі згинання.

Знаходимо межу витривалості в симетричному циклі згинання:

$$\delta_{-1} = 0,5 \cdot \delta_{\sigma p}, \quad (5.19)$$

$$\delta_{-1} = 0,5 \cdot 60 = 30 \text{ кг/мм}^2,$$

То

$$[\sigma]_H = \frac{1,5 \cdot 30 \cdot 1,5}{1,8 \cdot 1,5} = 25,$$

$$R_{p.и} = \frac{5 \cdot 10^6}{N_\sigma}, \quad (5.20)$$

$$R_{p.и} = \frac{5 \cdot 10^6}{1,19} = 1,5.$$

$$m_{cp} = \frac{2,5 \cdot M \cdot K \cdot Y}{y \cdot [\sigma]_H \cdot Z \cdot \psi}, \quad (5.21)$$

Максимальний крутний момент на передачі визначається за формулою:

$$M = \frac{1000 \cdot N_{дв}}{2\pi \cdot n_{дв}} \cdot t_{p.п1} \cdot \eta_{p.п} \cdot t_{p.п2} \cdot \eta_{кл.п}, \quad (5.22)$$

де $N_{дв}$ - потужність двигуна, $N_{дв} = 1,32$ кВт;

$n_{дв} = 15,66 \text{ с}^{-1}$ (940 об/хв);

$t_{p.п1} = 3,61$;

$t_{p.п2} = 4,16$;

$\eta_{кл.п} = 0,95$.

$$M = \frac{2,5 \cdot 181,8 \cdot 1,3 \cdot 1,25}{0,56 \cdot 25 \cdot 16 \cdot 6,4} = 0,8.$$

Приймаємо по ГОСТ 9563 – 60 Таблица 2 $m = 3$ (з урахуванням запасу).

Визначаємо основні параметри шестерні колеса

Кількість зубів плоского колеса Z_c :

$$Z_c = \sqrt{16^2 + 40^2} = \sqrt{256 + 1600} = 43,08$$

Зовнішня конусна відстань R_e :

$$R_e = 0,5_{me} \cdot Z_c, \quad (5.23)$$

$$R_e = 0,5 \cdot 3 \cdot 43,08 = 64,62(L) \text{ Мм.}$$

Ширина зубчастої коронки, в

$$B \leq 10_{me} = 10 \cdot 3 = 30.$$

Візьмемо $B = 30 \text{ мм.}$

Середня відстань між конусами R_m :

$$R_m = R_e - 0,5B, \quad (5.24)$$

$$R_m = 64,62 - 15 = 49,62.$$

Середній окружний модуль m_H

$$m_H = m_e \cdot \frac{R_m}{R_e}, \quad (5.25)$$

$$m_H = 3 \cdot \frac{49,62}{64,62} = 2,3.$$

Середній ділительний діаметр:

$$D_{m1} = m_m \cdot Z_1 = 2,3 \cdot 16 = 36,8 \text{ мм,}$$

$$D_{m2} = m_m \cdot Z_2 = 2,3 \cdot 40 = 92 \text{ мм.}$$

Кут довгого конуса: δ_1

$$\operatorname{tg} \delta_1 = \frac{Z_1}{Z_2} = 0,4$$

$$\delta_1 = 22^\circ; \delta_2 = 90 - \delta_1 = 68^\circ$$

Передаточне число

$$I = \frac{Z_1}{Z_2} = 2,5.$$

Зовнішня висота голови:

$$h_{ac} = m = 3 \text{ мм,}$$

Зовнішній ділительний діаметр:

$$d_{e1} = m_e \cdot Z_1 = 48$$

$$d_{e2} = m_e \cdot Z_2 = 120$$

Розрахунок на контактну міцність.

Знаходимо величину окружної швидкості, що відповідає середньому діаметру початкового корпусу.

$$v_{cp} = \frac{\pi \cdot m_{a.cp} \cdot Z_{ш} \cdot n_{ш}}{60 \cdot 1000}, \quad (5.26)$$

$$v_{cp} = \frac{3,14 \cdot 3 \cdot 16 \cdot 81,1}{60 \cdot 100} = 0,2 \text{ м/с.}$$

де $n_{ш \max} = 1.35 \text{ с}^{-1} (81,1 \text{ об/мин})$ - частота обертання передачі.

Перевіряємо стандартні робочі контактні напруження при отриманих розмірах зачеплення:

$$\delta_{\kappa} = \frac{1070}{(L - 0.5\epsilon)t} \cdot \frac{(t^2 + 1)^{3/2}}{\epsilon \cdot 0,85\Theta} \cdot KM_{\kappa} \leq [\delta]_{нов}, \quad (5.27)$$

$$\begin{aligned} \delta_{\kappa} &= \frac{1070}{(64,4 - 0,530)2,5} \cdot \frac{(2,5^2 + 1)^{3/2}}{30 \cdot 0,85 \cdot 5} \cdot 1,3 \cdot 181,8 = \\ &= 8,36 \sqrt{19,6 \cdot 1,85} = 8,63 \sqrt{36,26} = 52,8 \text{ кг/мм} \\ \delta_{\kappa} &= 51,8 \text{ кг/мм}^2 < [\delta]_{нов} = 93 \text{ кг/мм}^2 \\ [\delta] &= 3,1 \delta_T = 3,1 \cdot 30 = 93 \text{ кг/мм}^2 \end{aligned}$$

Конструкція міцності зубів від напруження згинання.

Перевірка зубів замкнутих шестерень по напруженнях згину проводиться за формулою:

$$\delta = \frac{1,25P \cdot K}{B \cdot m_{cp} \cdot y} \leq [\delta]_{из}, \quad (5.28)$$

де $K = 1,3$ коефіцієнт навантаження;

P – колова сила, N .

$$\begin{aligned} P &= \frac{102 \cdot N}{v_{cp}}, H \\ P &= \frac{2 \cdot M}{d_{cp.ш}}, H \end{aligned}$$

$B = 30 \text{ мм}$, $m_{cp} = 3$, $y = 0,56$ є коефіцієнтом форми зуба.

$$P = \frac{2 \cdot M_{\partial}}{d_{cp.ш}}, \quad (5.29)$$

$$P = \frac{2 \cdot 181,8 \cdot 9,8}{36,8} = 9,8 H.$$

де $M = 181,8 \text{ Нм}$ (див. розрахунок)

$[\delta]_{зм} = 25$ (див. розрахунок).

$$\delta = \frac{1,25 \cdot 9,8 \cdot 1,3}{30 \cdot 3 \cdot 0,56} = \frac{159,2}{50,4} = 3,2 \text{ кг / мм}^2.$$

Таким чином $\delta = 3,2 \text{ кг / мм}^2 < [\delta]_{из} = 25 \text{ кг / мм}^2$.

5.3 Розрахунок ланцюгової передачі

Вихідні дані:

$$P_1 = 1,1 \cdot 0,96 \cdot 0,82 = 0,87 \text{ кВт}$$

$$n_1 = 27 \cdot 0,606 / \text{хв}$$

$$i = 1$$

Розташування осевих ліній - під кутом 90° до горизонту, трансмісія замкнута, працює в корпусі машини.

1. Задамо кількість зубів.

$$Z_1 = 25, Z_2 = 25 \cdot 1 = 25 \leq Z_1 = 100 \div 10$$

2. Згідно з рекомендацією, задаємо міжосьову відстань:

$$A = 10 \cdot P_{ц}$$

3. За формулою визначаємо розрахункову потужність:

$$P_p = P_1 \cdot K_2 \cdot K_z \cdot K_n \leq [P_0] \quad (5.30)$$

4. Візьмемо значення коефіцієнтів:

$$K_y = 1$$

$$K_0 = 1$$

$$K_H = 1$$

$$K_{не} = 1$$

$$K_c = 1,3$$

$$K_{рег} = 1$$

$$K_{з} = K_y \cdot K_0 \cdot K_H \cdot K_{рег} \cdot K_c \cdot K_{рен} = 1, \quad (5.31)$$

$$K_z = \frac{Z_{01}}{Z} = \frac{25}{25} = 1,$$

$$K_n = \frac{50}{27,06}.$$

Ми приймаємо $K=1$.

$$P_p = 0,87 \cdot 1,85 = 1,61 \text{ кВт}$$

5. За формулою визначте лінійну швидкість ланцюга:

$$v = \frac{Z_1 \cdot n_1 \cdot P_u}{60}, \quad (5.32)$$

$$v = \frac{25 \cdot 27,6 \cdot 25,4 \cdot 10^{-3}}{60} \approx 0,31 \text{ м/с.}$$

6. Кількість ланок ланцюга або довжина з кроком за формулою [12]:

$$L_p = \frac{2a}{P_u} + \frac{Z_1 + Z_2}{2} + \frac{Z_2 - Z_1}{2\pi} + \frac{P_u}{a}, \quad (5.33)$$

$$L_p = \frac{2 \cdot 264}{25,4} + \frac{25 + 25}{2} + 0 = 20,79.$$

Округляємо до парного цілого числа, беремо $L_p = 40$.

Уточнюємо осьову відстань:

$$a = \frac{P_u}{4} \left| L_p - \frac{Z_1 + Z_2}{2} + \sqrt{\left(L_p - \frac{Z_1 + Z_2}{2} \right)^2 - 8 \frac{(Z_2 - Z_1)^2}{2\pi}} \right|, \quad (5.34)$$

$$a = \frac{25,4}{4} \left| 21 - \frac{25 + 25}{2} + \sqrt{\left(21 - \frac{25 + 25}{2} \right)^2 - 8 \cdot 0} \right| = 266 \text{ мм.}$$

7. Діаметр зірочки:

$$d_1 = d_2 = \frac{P_u}{\sin \frac{\pi}{Z}}, \quad (5.35)$$

$$d_1 = d_2 = \frac{25,4}{\sin \frac{\pi}{25}} = 80 \text{ мм.}$$

Окружна сила за формулою:

$$F_t = \frac{P}{v}, \quad (5.36)$$

$$F_t = \frac{0,87 \cdot 10^3}{0,31} = 2806,45 \text{ Н.}$$

Натяг відцентрових сил за формулою:

$$F_v = q \cdot v^2, \quad (5.37)$$

$$F_v = 1,9 \cdot 0,31^2 = 0,18 \text{ Н.}$$

Міцність попереднього натягу маси ланцюга визначається за формулою:

$$F_0 = K_f \cdot a \cdot q \cdot q; \quad (5.38)$$

де a - довжина вільного відгалуження ланцюга або міжосьова відстань, мм;

K_f - коефіцієнт провисання ланцюга, $K = 6$;

$$F_0 = 6 \cdot 0,266 \cdot 1,9 \cdot 9,81 = 29,75 \text{ Н}.$$

Оцінимо можливість резонансних коливань при $F_1 = F_t$

$$n_{1k} = 137,38 \text{ об / хв} < n_1 = 27,06 \text{ об / хв}$$

Умова не виконується, отже, резонансу немає.

6 ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ БЕЗПЕКИ ПРАЦІ ПІД ЧАС РОБОТИ НА ЕТИКЕТУВАЛЬНІЙ МАШИНІ ЛІНІЙНОГО ТИПУ

Охорона праці - це система законодавчих актів і відповідних соціально-економічних, технічних і організаційних заходів, що забезпечують безпеку, збереження здоров'я і працездатності людини в процесі трудової діяльності (по ГОСТ 12.0.002-74 ССБТ).

Тільки комплексне вирішення питань охорони праці, техніки безпеки та охорони навколишнього середовища здатне підвищити продуктивність праці, підвищити культуру виробництва і забезпечити повну безпеку праці.

6.1 Забезпечення безпеки праці при роботі

При експлуатації етикетувальної машини в результаті дії небезпечних факторів створюється можливість отримання травми. Простір, в якому постійно або періодично діють ці фактори, називається зоною небезпеки. У етикетувальній машини є кілька небезпечних зон: на пасових передачах, на конічній шестерні, в місці попадання стрічки в барабан і на роликів конвеєрах. Розміри небезпечних зон поділяються на постійні і змінні. Зона маркування має змінні розміри, а інші небезпечні зони (пересадки) є постійними.

Для захисту від дії небезпечних факторів відповідно до ГОСТ 12.4.011-75.ССБТ використовуються засоби індивідуального та колективного захисту.

У процесі роботи на етикетувальній машині лінійного типу використовуються такі засоби захисту:

- захисні пристрої - знімні кожухи - встановлюються для запобігання потрапляння рук людини в робочу зону прокатних конвеєрів і в місце роботи конічної передачі;
- знімні захисні пристрої встановлюються в місцях експлуатації пасових передач, ланцюгових передач і конвеєрів;
- блокувальний електричний пристрій.

Кожухи відносяться до стаціонарних огорожень, вони постійно перекривають доступ в небезпечну зону і знімаються тільки на час огляду,

змащення і ремонту робочих інструментів. Кожух, встановлений в районі накатних пасів, знімається в разі їх заміни.

Знімні захисні кожухи вимагають періодичного доступу до небезпечних зон для допоміжних операцій. Знімні захисні кожухи повинні бути заблоковані з робочими інструментами. Метою цього завдання є проектування блокування з електричними частинами.

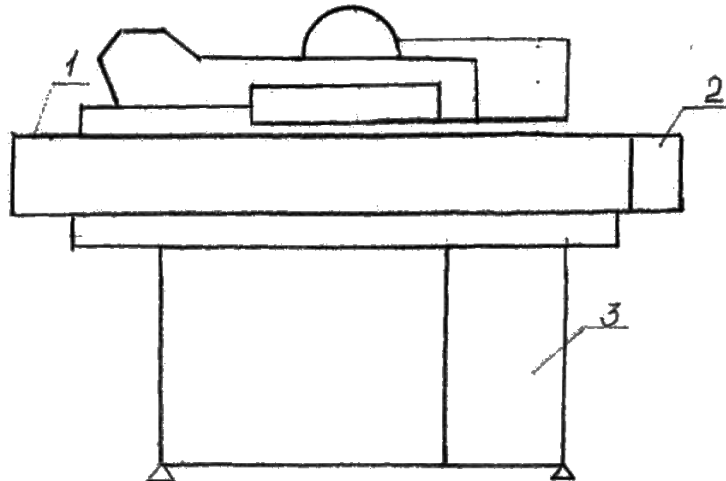


Рисунок 6.1 - Ескіз огорожі

- 1) Огородження зони прокатних конвеєрів;
- 2) Огородження зони стрічкового конвеєра;
- 3) Знімні захисні кожухи редукторів і двигунів.

Коли машина працює, захисні кожухи закриті. При цьому блокування електроприводу механізмів знімається шляхом спрацьовування кінцевого вимикача SQ1.

У схему включені блокування SQ2, SQ3, SQ4.

При виникненні аварійних режимів: затор на вході, блокування на виході, спрацьовують кінцеві вимикачі SQ2 або SQ3, що знеструмлюють електродвигун приводу (електродвигуни) механізмів. При відсутності пляшок кінцевий вимикач SQ4 живить електромагніт. Натисканням кнопки SB2 запускається електродвигун М 1 на першій швидкості. Напруга 37В подається на котушку пускача КМ1. Пускач приводить в дію і замикає свої контакти в ланцюзі електродвигуна М1 надходить через замкнуті контакти пускача КМ3.

Схема має електричне блокування від одночасного включення пускачів КМ1 і КМ3. Зупинка електродвигуна М1 здійснюється натисканням кнопки SB1, в результаті знеструмлення котушки стартера КМ1 розмикаються його контакти в ланцюзі живлення електродвигуна М1. Таким же чином зупиняється електродвигун М1 при роботі на другій передачі.

Вакуумні насоси активуються натисканням кнопки SB5. Стартер КМ4 спрацьовує і замикає свої контакти в ланцюзі живлення електродвигуна М2. Зупинка здійснюється натисканням кнопки SB4.

Для аварійного відключення машини використовується кнопка «СТОП» з червоним грибоподібним штовхачем, розташована на панелі управління.

6.2 Електрична безпека

Широке застосування електрообладнання на підприємствах харчової промисловості створює небезпеку ураження людини електричним струмом.

Під електробезпекою розуміють систему організаційних і технічних заходів і засобів, що забезпечують захист людей від шкідливого і небезпечного впливу електричного струму, електричної дуги, електромагнітного поля і статичної електрики (ГОСТ 12.1.009-76).

Травма, спричинена електричним струмом, називається електротравмою. Електротравми виникають внаслідок проходження електричного струму через тіло людини.

Надійність і безпека електрообладнання залежить в першу чергу від стану ізоляції струмоведучих частин. Пошкодження його є основною причиною багатьох нещасних випадків.

Надійне і безпечне електрообладнання необхідне для запуску і зупинки електродвигуна і захисту його від короткого замикання. Приміщення цеху, в якому знаходиться етикетувальна машина, за ступенем електробезпеки можна віднести до приміщень без підвищеної небезпеки.

Відповідно до вимог ПУЕ, ПТЕ, ПТБ (ГОСТ 12.1.030 -85 і «ССБТ. Електробезпека. Захисне заземлення та занулення»; ГОСТ 12.2.007.0-75 Вироби електротехнічні. Загальні вимоги безпеки»), одним із заходів захисту від

ураження електричним струмом є замикання корпусу електродвигуна.

Розрахунок штучного заземлення проводиться наступним чином:

Електричний опір одного вертикального електрода визначається:

$$R_s = \frac{0,16 \cdot \rho}{\ell} \left[\ell_n \cdot \frac{2 \cdot \ell}{d} + \frac{1}{2} \cdot \ell_n \cdot \frac{4(h_0 + \frac{\ell}{2})}{4(h_0 + \frac{\ell}{2}) - \ell} \right], \quad (6.1)$$

де ρ - питомий опір ґрунту, $\rho = 40 \text{ } \Omega/\text{м}$;

ℓ - довжина труби, $\ell = 2,5 \text{ м}$;

d - діаметр труби, $d = 0,025 \text{ м}$;

h_0 - глибина закладання смуги, $h_0 = 0,5 \text{ м}$.

$$R_s = \frac{0,16 \cdot \rho}{2,5} \left[\ell_n \cdot \frac{2 \cdot 2,5}{0,025} + \frac{1}{2} \cdot \ell_n \cdot \frac{4(0,5 + \frac{2,5}{2})}{4(0,5 + \frac{2,5}{2}) - 2,5} \right] = 14,52 \text{ м}.$$

Визначаємо загальну довжину горизонтального електрода ℓ_n з'єднання вертикальних електродів в контурі заземлюючого пристрою:

$$\ell_n = a(n - 1), \quad (6.2)$$

де n - кількість вертикальних електродів, $n \geq 4$. Приймаємо $n = 4$;

a - відстань між електродами, $a = 3 \text{ м}$.

$$\ell_n = 3(4 - 1) = 9 \text{ м}.$$

Оцінимо електричний опір цього електрода:

$$R_n = \frac{0,16 \cdot \rho}{\ell_n} \cdot \ell_n \cdot \frac{\ell_n^2}{b \cdot h_0}, \quad (6.3)$$

де b - пропускну здатність $b = 0,012 \text{ м}$;

$$R_n = \frac{0,16 \cdot 40}{9} \cdot \ell_n \cdot \frac{9^2}{0,012 \cdot 0,5} = 6,76 \text{ Ом}.$$

Розрахуємо розрахунковий електричний опір заземлюючого пристрою до розсіювання струму.

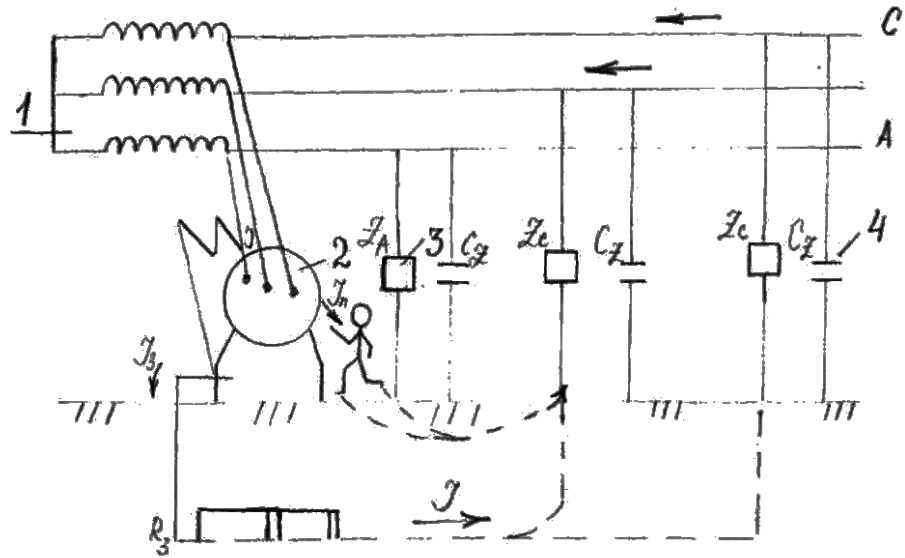


Рисунок 6.2 – Принципова схема захисного заземлення

1 – нейтраль трансформатора; 2 – корпус електроприймача; 3 – запобіжник; 4 – конденсатор.

$$R = \frac{R \cdot R_n}{R \cdot \eta_n + R_n \cdot \eta \cdot n}, \quad (6.4)$$

де η_n і η - відповідно коефіцієнти ерації стержневої смуги, при $n = 4 = \eta = 0,69$ і $\eta_n = 0,45$.

$$R = \frac{14,52 \cdot 6,76}{14,52 \cdot 0,45 + 6,76 \cdot 4 \cdot 0,69} = 3,89 \text{ Ом.}$$

Складемо розрахунковий опір R з допустимим опором заземлення $R_g = 40$ м.

Умова $R \leq R_g$ виконується, отже, розрахунок правильний.

6.3 Захист від шуму та вібрації

У цеху розливу основними джерелами шуму є електродвигуни приводів машин і машин з органами, що швидко обертаються, а також ланцюгові транспортери.

Згідно з гігієнічним регламентом шуму на робочих місцях рівень звуку в цеху становить 80 дБ, що відповідає нормативу. Вібрації на заводі практично немає.

Для зниження рівня шуму (по ГОСТ 12.1.003-83 ССБТ. Шум. Загальні вимоги безпеки) передбачені такі заходи:

1. Джерела шуму повинні бути закриті;
2. Устаткування встановлюється на фундамент, що поглинає шум;
3. Використовують звукоізоляційні матеріали;
4. Своєчасно проводять ремонт для заміни зношених деталей.

Сумарний рівень шуму від числа однакових джерел в рівновіддаленій від них точці визначається за формулою:

$$\beta = \beta_1 + 10 \lg \cdot N, \quad (6.5)$$

де β - рівень шуму одного джерела;

N - кількість джерел шуму.

6.4 Пожежна безпека

Обладнання по пожежній небезпеці відносяться до категорії "Д". Будівля повинна мати певний ступінь вогнестійкості. Пожежна безпека підприємства - це стан підприємства, при якому виключається можливість виникнення пожежі, а в разі її виникнення запобігається вплив пожежної небезпеки на людей і забезпечується захист матеріальних цінностей (ГОСТ 12.1.004-76 ССБТ). Джерелами загорання є тара, коротких замикань при перевантаженні електрообладнання.

У цеху є внутрішня система пожежогасіння. Внутрішні пожежні гідранти зі зливними шлангами і бочками є в спеціально відведених місцях на висоті 1,35 метра від рівня підлоги.

Для гасіння пожежі передбачені вогнегасники ОП-5, для вогнегасних засобів - вуглекислотні вогнегасники типу ОУ-5. Також є пожежні щити з протипожежним інвентарем. Норма витрати води на гасіння пожежі визначається за формулою:

$$Q = \frac{3 \cdot 3600 \cdot N}{1000}, \quad (6.6)$$

де 3 - орієнтовна тривалість гасіння пожежі (на підприємстві передбачається рівною 3 годинам);

N - норма витрати води, м³/с.

Загальна витрата води:

$$Q_{\text{общ}} = \frac{3 \cdot 3600 \cdot 25}{1000} = 270 \text{ м}^3;$$

Кількість води для внутрішнього пожежогасіння:

$$Q_{\text{вн}} = \frac{3 \cdot 3600 \cdot 5}{1000} = 54 \text{ м}^3;$$

Кількість води для зовнішнього пожежогасіння:

$$Q = 270 - 54 = 216 \text{ м}^3.$$

У цеху є електрична пожежна сигналізація. Пристрої активуються одним натисканням кнопки. Також передбачений телефонний зв'язок.

У цеху є план евакуації людей у разі виникнення пожежі.

З цеху є два виходи:

-основний;

-запасний.

6.5 Забезпечення нормативних метеорологічних умов на робочих місцях

На підставі «Санітарних норм по мікроклімату виробничих приміщень», виходячи з проектних умов, визначаються показники мікроклімату, допустимі для цеху розливу, в якому встановлена етикетувальна машина.

Такими показниками є температура в цеху, відносна вологість і швидкість руху повітря.

Роботи по обслуговуванню етикетувальної машини відносяться до категорії легка 1а.

Вибрані значення нормативних значень зведені в таблицю 6.1.

Таблиця 6.1 – Температура і швидкість руху повітря під час руху повітря

Періоди року	Категорія робіт	Допустимі значення		
		Температура, °С	Відносна вологість повітря, %	Швидкість руху повітря, м/с
1	2	3	4	5
холодний	Легкий 1а	21-25	75	≤0,1

1	2	3	4	5
теплий	Легкий 1a	22-28	55 при 28°C	0,1÷0,2

Стандартні умови для роботи в літній сезон забезпечує припливно-витяжна вентиляція. У холодну пору року передбачена система обігріву виробничих приміщень.

Методика розрахунку необхідної кратності повітрообміну.

Кількість надлишкового тепла розраховується за формулою:

$$\sum Q_{\text{зал}} = \sum Q_{\text{нт}} - \sum Q_p, \quad (6.7)$$

де $\sum Q_{\text{нт}}$ - тепло, що надходить в приміщення з різних джерел протягом години, Вт;

$\sum Q_p$ - тепло, що втрачається стінами будівель і виходять з нагрітими продуктами за годину, Вт.

Загальна кількість тепла, що надходить в приміщення, визначається за формулою:

$$\sum Q_{\text{нт}} = Q_1 + Q_2 + \dots + Q_n, \quad (6.8)$$

Де Q_1 - теплота тепловипромінюючої поверхні, м²;

Q_2 - теплота, що виділяється продуктами, Вт;

Q_n - тепло, що виділяється електричною енергією.

Стислість повітрообміну визначається за формулою:

$$n = \frac{L_g}{V}, \quad (6.9)$$

де V - об'єм приміщення, м³;

L_g - обсяг повітря, необхідний для відводу зайвого тепла.

6.6 Забезпечення нормативного рівня освітленості на робочих місцях

Під час операції з нанесення етикетки на пляшку працівник виконує такі операції: стежить за тим, щоб магазин етикеток не був порожнім і вчасно їх докладає. Наступний крок - вчасно додавати клей в клейову ванну і стежити за конвеєром, щоб не пройшли тріснуті пляшки.

Згідно СНиП II-4-79 дана робота відноситься до категорії VIІІа наочних робіт (постійне спостереження за ходом виробничого процесу).

У цеху відсутнє природне освітлення, тому що при будівництві будівлі не було передбачено надходження віконних прорізів.

Для штучного освітлення виробничого цеху розливу мінеральної води передбачені люмінесцентні лампи типу ЛНВ. Згідно СНиП II-4-79, рівень освітленості в цеху підтримується на рівні 75 Люкс.

Передбачено дві системи штучного освітлення:

- робоча;
- аварійна.

У разі відключення робочого освітлення аварійне освітлення повинно забезпечувати освітлення не менше 5% від робочого.

Прилади аварійного освітлення живляться від незалежного джерела живлення.

6.7 Способи і засоби захисту атмосфери

Забруднення атмосфери - це небажана зміна фізичних і біологічних характеристик повітря, яка може в даний час або в майбутньому мати несприятливий вплив на людину, флору і фауну.

На підприємствах харчової промисловості використовуються чотири способи очищення повітря, що викидається в атмосферу:

1. Сухий або механічний спосіб очищення, заснований на дії відцентрової сили. Для цієї мети використовуються циклони великого діаметру, для крупнодисперсного пилу і акумуляторні циклони для дрібнодисперсного пилу.

2. Метод вологого очищення, заснований на проходженні запиленого повітря через рідку фазу.

3. Метод фільтрації пилу. Цей метод використовується для очищення повітря від дрібнодисперсного пилу. На підприємствах харчової промисловості використовуються рукавні фільтри. На підприємствах, де потрібна стерильна чистота, використовуються електрофільтри ДВВ, ПГДН, ПГДС, УТ.

4. Ультразвуковий метод. Цей метод використовується в поєднанні з механічним методом. Під впливом ультразвуку дрібнодисперсний пил коагулює і потім відділяється від повітря циклонних батарей.

Ефективність повітроочисників визначається за формулою:

$$КПД = 100 - \left(\frac{K_2}{K_1} \cdot 100 \right), \quad (6.10)$$

Де K_2 - концентрація пилу в повітрі, що викидається після пилоочисника в атмосферу, мг/м³;

K_1 - концентрація пилу в повітрі, що надходить в пилоочисник.

6.8 Вказівка на заходи безпеки

До обслуговування машини допускаються особи, які пройшли технічну підготовку з технічного використання та обслуговування. Перед тим як ввести машину в експлуатацію, необхідно переконатися в справності механізмів, провернувши їх за допомогою маховичка.

Машина повинна бути заземлена відповідно до ГОСТ 12.1 030-81. Для цього використовуються болти заземлення на рамі машини і на корпусі шафи управління. Подача електроенергії до машини повинна здійснюватися шляхом прокладання ввідного кабелю в трубі.

Технічне обслуговування, ремонт і регулювання механічної та електричної частин машини повинні проводитися тільки особами, які пройшли спеціальне навчання і мають відповідний кваліфікаційний сертифікат. Роботи з ремонту електрообладнання повинні проводитися тільки при знятті напруги. Плакат «Не включати - працюють люди» слід повісити на тому місці, де знімається напруга.

Монтаж і підключення машини до електричної мережі повинні проводитися відповідно до Правил улаштування електроустановок напругою до 1000 В.

Під час роботи машини забороняється:

1. Наповнювати магазин етикеток етикетками.
2. Заповнювати клейову ванну клеєм.
3. Видаляти етикетки з вакуумного барабана.

4. Регулювати пляшки в зоні шнека.
5. Знімати і встановити панелі огорожі і відкрити дверцята електрошафи.
6. Залишати машину під напругою без нагляду.
7. Змащувати машину.
8. Проводити регулювання робочих інструментів і проводити будь-які ремонтні роботи.
9. Забороняється включати вимикач, не переконавшись, що заземлення не має механічних пошкоджень.

ВИСНОВКИ

Метою кваліфікаційної роботи було підвищення ефективності серійної вакуумної етикетувальної машини 3353 ВЕМВ шляхом її модернізації для досягнення продуктивності 3000 пляшок/год при зменшенні швидкості обертання вакуумного барабана вдвічі.

Основні напрями модернізації:

установка шнека з правого боку від входу пляшок;

зміна конструкції шнека та способу його кріплення;

внесення змін у кінематичну схему (введення другого накатного транспортера);

розроблення нових роликів прокатного конвеєра.

У роботі досягнуто наступні технічні результати:

забезпечено стабільну подачу пляшок та рівномірне нанесення етикеток;

зменшено навантаження на привід і підвищено надійність роботи машини;

оптимізовано енергоспоживання та підвищено коефіцієнт корисної дії приводу;

покращено якість приклеювання етикеток завдяки точнішій синхронізації руху вузлів.

Економічне обґрунтування показало:

зниження собівартості машини порівняно з імпортними аналогами (у 3–4 рази дешевше);

можливість скорочення кількості обслуговуючого персоналу на лінії (економія $\approx 30\,000$ грн/міс);

підвищення естетичності продукції та конкурентоспроможності підприємства.

Не оминули і питання покращення безпеки праці та екологічність, зокрема:

передбачено заходи щодо зниження шуму, вібрацій і ризику травматизму;

забезпечено вимоги електро- та пожежної безпеки;

реалізовано захисні кожухи та системи блокування типу «немає пляшки – немає етикетки/клею».

Модернізована машина може використовуватися на вітчизняних підприємствах харчової промисловості (виробництво води, напоїв, олії, алкоголю), рішення прийняті у роботі дозволяють підвищити рівень автоматизації виробничих ліній без значного підвищення вартості обладнання.

Розроблена модернізована вакуумна етикетувальна машина 3353 ВЕМВ-301.00.000 відповідає сучасним технічним і економічним вимогам, забезпечує підвищену продуктивність, енергоефективність та безпечність експлуатації, а також сприяє імпортозаміщенню у сфері машинобудування для харчових технологій.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Крупа В.В., інші. Кваліфікаційна робота магістра: структура, вимоги до виконання та захист: Методичні рекомендації для здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти за освітньо-професійною програмою «Галузеве машинобудування» зі спеціальності 133 Галузеве машинобудування галузі знань 13 Механічна інженерія для здобувачів всіх форм здобуття освіти. Тернопіль: ТНТУ, 2023. 66 с.
2. Романова, З. М., Романов, М., Мельник, І. (2018). Розроблення технології безалкогольних напоїв з використанням полісолодових екстрактів. *Scientific Works*, 48.
3. Basinskienė, L., & others (2016). *Non-Alcoholic Beverages from Fermented Cereals with Lactic Acid Bacteria*. PMC, 2016.
4. Прибильський, В. Л., Романова, З. М., Сидор, В. С. та ін. (2014). *Технологія безалкогольних напоїв*. Київ: НУХТ.
5. Morales-de la Peña, M., & ін. (2023). Recent Trends in Fermented Beverages Processing: Emerging Technologies (ультразвук, пульсуюче електричне поле, тощо). *Beverages*, 9(2), 51.
6. Brugnoli, M., & ін. (2023). Zero- and Low-Alcohol Fermented Beverages: огляд потенціалу червоних ягід як сировини. *MDPI Fermentation*, 9(5):457.
7. Цехмістрова Г.С. *Методологія наукових досліджень*. Київ: Видавничий дім «Слово», 2008. 280 с.
8. П'ятницька-Позднякова І.С. *Основи наукових досліджень у вищій школі*. Київ: Вища школа, 2003. 116 с.
9. Keska P. *SolidWorks 2021: Part Modeling, Assemblies, and Drawings*. CADvantage, 2021. 1586 p.
10. Lombard M. *Mastering SolidWorks*. Sybex, 2019. 1219 p.
11. Petrova R.V. *Introduction to Static Analysis Using SolidWorks Simulation*. CRC Press, 2015. 348 p.
12. Мирончук В.Г., інші. *Розрахунки обладнання підприємств переробної і харчової промисловості: Навчальний посібник*. Вінниця: Нова книга, 2004. 228 с.

13. Закалов О.В., Бортник А.І. Розрахунок типових робочих органів технологічного обладнання харчових виробництв. Тернопіль: Видавництво ТДТУ, 2005. 105 с.

14. Заплетніков І.М., Мирончук В.Г., Кудрявцев В.М. Експлуатація і обслуговування технологічного обладнання харчових виробництв. Київ: Центр учбової літератури, 2016. 344 с.

15. Ялпачик Ф.Ю., інші. Посібник для підготовки наладчика обладнання переробних виробництв. Мелітополь: Видавничий будинок Мелітопольської міської друкарні, 2016. 535 с.

16. Piddubnyi, V., Stadnyk, I., Kravets, O., Chahaida, A., Hushtan, T., Kahanets-Havrylko, L., Karpovych, I., Tupitska, O., Kostiuk, T., & Rozbytska, T. (2023). Characteristics of mucous-forming polysaccharides extracted from flax seeds. *Potravinarstvo Slovak Journal of Food Sciences*, 2023. Vol. 17, P. 677–693.

17. Weber M., Verma G. *SolidWorks Simulation 2017 Black Book*. CAD/CAM/CAE Works, 2016. 362 p.

18. Баран Р., Ворощук В. Системи 3D моделювання при вирішенні завдань конструювання та інжинірингу обладнання // Матеріали 89 Міжнародної наукової конференції молодих учених, аспірантів і студентів «Наукові здобутки молоді – вирішенню проблем харчування людства у ХХІ столітті». НУХТ, 2023. Ч. 2. С. 20.

19. Вітенько Т.М., Ворощук В.Я. Сучасні підходи до конструювання і моделювання робочих органів технологічного обладнання харчових виробництв // Інноваційні аспекти розвитку обладнання харчової і готельної індустрії в умовах сучасності: третя міжнародна науково-практична конференція, 4–6 вересня 2019 р. / ред. Дейниченко Г.В. ХДУХТ, 2019. С. 108–109.

20. Нікітін О.К., Зайцев В.М. Експериментальна механіка: Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з дисципліни «Інформативність фізичних процесів». Київ: НТУУ «КПІ», 2016. 138 с.

21. Стручок В.С. Безпека в надзвичайних ситуаціях: методичний посібник для здобувачів освітнього ступеня «магістр» всіх спеціальностей денної та

заочної (дистанційної) форм навчання. Тернопіль: ФОП Паляниця В.А., 2022.
156 с.

ДОДАТКИ

Сигіль Б.Р..

Задані параметри (Сторінка: 1)

Передача :

Клинопасова

Тип розрахунку :

Перевірочний по моменту

Основні дані

Тип натяжного пристрою	Не вибрано
Частота обертання ведучого валу, об/хв	940.000
Діаметр ведучого шківa, мм	60.000
Діаметр веденого шківa, мм	100.000
Довжина пасу, мм	1060.000
Кількість пасів	1
Січення пасу	A
Коефіцієнт динамічності навантаження	1.200

Результати розрахунку пасових передач

Потужність передачі, кВт	0.213
Крутний момент на вихідному валу, Нм	3.660
Сила попереднього натягу, Н	54.073
Сила, що діє на вал, Н	91.980
Кут сили на вал з горизонталлю, град.	0.000
Швидкість руху стрічки, м/с	2.953
Міжосьова відстань, мм	403.841

Сигіль Б.Р.

Задані параметри (Сторінка: 1)

Передача:

Конічна прямозуба

Тип розрахунку :

Перевірочний по моменту

Стандарт розрахунку

ГОСТ

Основні дані

Стандарт	ГОСТ
Початковий контур	ГОСТ 13754-81
Робочий режим передачі	Постійний
Термічна обробка коліс	
Шестерня	Поліпшення
Колесо	Поліпшення
Тип опори валу шестерні	Не вибрано
Нереверсивна передача	
Крутний момент на веденому валу, Нм	Буде розраховано
Частота обертання веденого валу, об/хв	940.00
Передаточне число	2.50
Ресурс, година	15000.00
Ширина коліс, мм	30.00
Зовнішній окружний модуль, мм	3.00

Результати APM Trans (сторінка 2)

Крутний момент веденого валу 33,30 Нм

Таблиця 1 . Основна геометрія

Опис	Символ	Шестерня	Колесо	Одиниці
Кількість зубів	z	16	40	-
Середній кут нахилу лінії зубів	β	0.000		град.
Зовнішній ділительний діаметр	d_e	48.000	120.000	мм
Середній ділительний діаметр	d	36.858	92.146	мм
Коефіцієнт зміщення	x	0.000	0.000	-
Кут ділительного конусу	δ	21.801	68.199	град.
Середній окружний модуль	m	2.304		мм
Зовнішній окружний модуль	m_e	3.000		мм
Зовнішня конусна відстань	R_e	64.622		мм
Середня відстань між конусами	R	49.622		мм
Ширина зубчастого вінця	b	30.000		мм

Таблиця 2. Властивості матеріалу

Опис	Символ	Шестерня	Колесо	Одиниці
Допустимі напруження згину	σ_{Fa}	285.882	285.882	МПа
Допустимі контактні напруження	σ_{Ha}	554.545		МПа
Твердість робочих поверхонь	-	27.000	27.000	HRC
Діючі напруження згину	σ_{Fr}	105.077	88.441	МПа
Ефективні контактні напруження	σ_{Hr}	551.206		МПа

Таблиця 3. Сили

Опис	Символ	Шестерня	Колесо	Одиниці
Тангенціальна сила	F_t	722.873		Н
Відстань від торця колеса до точки прикладання сили	L	15.000		мм
Плече прикладання рівнодійної сили	R	18.429		мм
Осьова сила	F_a	97.722	244.306	Н
Радіальна сила	F_r	244.306	97.722	Н

Результати APM Trans (стор. 3)

Таблиця 4. Геометричні параметри

Опис	Символ	Шестерня	Колесо	Одиниці
Зовнішній діаметр вершин	d_{ae}	53.571	122.228	мм
Зовнішня висота головки зубів	h_{ae}	3.000	3.000	мм
Зовнішня висота ніжки зубів	h_{fe}	3.600	3.600	мм
Зовнішня висота зубів	h_e	6.600	6.600	мм
Зовнішня товщина зубів	s_e	4.802	4.622	мм
Кут головки зубів	θ_a	3.189	3.189	град.
Кут ніжки зубів	θ_f	3.189	3.189	град.
Кут конуса вершин	δ_a	24.990	71.387	град.
Кут конуса впадин	δ_f	18.613	65.010	град.
Відстань від вершини конуса до площини вершин зубів	B	58.886	21.215	мм

Група результату 5 . Перевірка якості зачеплення

Коефіцієнт торцевого перекриття	ε_α	1.689	-
Коефіцієнт осьового перекриття	ε_β	0.000	-
Коефіцієнт перекриття	ε_χ	1.689	-

Таблиця 6. Контрольні параметри

Опис	Символ	Шестерня	Колесо	Одиниці
Постійна хорда зуба	s_{ce}	4.241	4.082	мм
Висота до постійної хорди	h_{ce}	2.228	2.257	мм
Половина кутової товщини зуба є норм. січенні	ψ_e	5.322	0.820	град.
Діпильна товщина зуба хорді	s_{e0}	4.795	4.622	мм
Висота до хорді	h_{ae0}	3.112	3.017	мм

Таблиця 7. Допуски колеса і шестерні

Опис	Символ	Шестерня	Колесо	Одиниці
Мінімально можливий зазор	$j_{n \min}$	33.000		мкм
Відхилення міжосьового кута передачі	E_{Σ}	16.000		мкм
Тип спряження	-	D		-
Клас точності	N_p	8		-
Допуск на радіальне биття зубчастого вінця	F_r	0.045	0.045	мм
Мінімально можливий кут повороту	$\Delta\varphi_{\min}$	6' 32.42"	2' 36.97"	-
Найменше відхилення середньої постійної хорди зуба	E_{sc}	-0.044	-0.048	мм
Допуск на середню постійну хорду зуба	T_{sc}	0.065	0.065	мм
Нижнє відхилення середньої постійної хорди зуба	E_{lsc}	-0.109	-0.113	мм
Верхнє відхилення середньої постійної хорди зуба	E_{sc}	-0.044	-0.048	мм

08.11.2025 - 20:40

Сигіль Б.Р.

Задані параметри (Сторінка: 1)

Передача:

Конічна прямозуба

Тип розрахунку:

Перевірочний по ресурсу

Стандарт розрахунку

ГОСТ

Основні дані

Стандарт	ГОСТ
Початковий контур	ГОСТ 13754-81
Робочий режим передачі	Постійний
Термічна обробка коліс	
Шестерня	Поліпшення
Колесо	Поліпшення
Тип опори валу шестерні	Не вибрано
Неревверсивна передача	
Крутний момент на веденому валу, Нм	80.00
Частота обертання веденого валу, об./хв.	940.00
Передаточне число	2.50
Ресурс, година	Буде розраховано
Ширина коліс, мм	30.00
Зовнішній окружний модуль, мм	3.00

08.11.2025 - 20:40

Результати APM Trans (Сторінка 2)

Очікуваний термін служби: 13.60 год

Таблиця 1. Основна геометрія

Опис	Символ	Шестерня	Колесо	Одиниці
Кількість зубів	z	16	-	-
Середній кут нахилу лінії зуба	β	0.000		град.
Зовнішній ділильний діаметр	d_e	48.000	мм	мм
Середній ділильний діаметр	d	36.858	мм	мм
Коефіцієнт зміщення	x	0.000	-	-
Кут ділильного конуса	δ	21.801	град.	град.
Середній окружний модуль	m	2.304		мм
Зовнішній окружний модуль	m_e	3.000		мм
Зовнішня конусна відстань	R_e	64.622		мм
Середня відстань між конусами	R	49.622		мм
Ширина зубчастого вінця	b	30.000		мм

Таблиця 2. Властивості матеріалів

Опис	Символ	Шестерня	Колесо	Одиниці
Допустимі напруження згину	σ_{Fa}	323.140	376.456	МПа
Допустимі контактні напруження	σ_{Ha}	812.484		МПа
Твердість робочих поверхонь	-	27.000	27.000	HRC
Діючі напруження згину	σ_{Fr}	212.208	178.610	МПа
Діючі контактні напруження	σ_{Hr}	812.484		МПа

Таблиця 3. Сили

Опис	Символ	Шестерня	Колесо	Одиниці
Тангенційна сила	F_t	1736.381		H
Відстань від торця колеса до точки прикладання сили	L	15.000		мм
Плече прикладення рівнодіючої сили	R	18.429		мм
Осьова сила	F_a	234.735	586.837	H
Радіальна сила	F_r	586.837	234.735	H

08.11.2025 - 20:40

Результати APM Trans (стор. 3)
Таблиця 4. Геометричні параметри

Опис	Символ	Шестерня	Колесо	Одиниц ь
Зовнішній діаметр вершин	d_{ae}	53.571	122.228	мм
Зовнішня висота головки зубів	h_{ae}	3.000	3.000	мм
Зовнішня висота ніжки зубів	h_{fe}	3.600	3.600	мм
Зовнішня висота зубів	h_e	6.600	6.600	мм
Зовнішня товщина зубів	s_e	4.802	4.622	мм
Кут головки зубів	θ_a	3.189	3.189	град.
Кут ніжки зубів	θ_f	3.189	3.189	град.
Кут конуса вершин	δ_a	24.990	71.387	град.
Кут конуса западин	δ_f	18.613	65.010	град.
Відстань від вершини конуса до площини вершин зубів	B	58.886	21.215	мм

Група результатів 5 . Перевірка якості зачеплення

Коефіцієнт торцевого перекриття	ε_α	1.689	-
Коефіцієнт осьового перекриття	ε_β	0.000	-
Коефіцієнт перекриття	ε_χ	1.689	-

Таблиця 6. Параметри контролю

Опис	Символ	Шестерня	Колесо	Одиниці
Постійна хорда зуба	s_{ce}	4.241	4.082	мм
Висота до постійної хорди	h_{ce}	2.228	2.257	мм
Половина кутової товщини зуба в норм. січенні	ψ_e	5.322	0.820	град.
Ділильна товщина зуба по хорді	s_{e0}	4.795	4.622	мм
Висота до хорди	h_{ae0}	3.112	3.017	мм

Таблиця 7. Допуски колеса і шестерні

Опис	Символ	Шестерня	Колесо	Одиниці
Мінімально можливий зазор	$j_{n \min}$	33.000		мкм
Відхилення міжосьового кута передачі	E_{Σ}	16.000		мкм
Вид спряження	-	D		-
Клас точності	N_p	8		-
Допуск на радіальне биття зубчастого вінця	F_r	0.045	0.045	мм
Мінімально можливий кут повороту	$\Delta\varphi_{\min}$	6' 32.42"	2' 36.97"	-
Найменше відхилення середньої постійної хордової зуба	E_{sc}	-0.044	-0.048	мм
Допуск на середню постійну хорду зуба	T_{sc}	0.065	0.065	мм
Нижнє відхилення середньої постійної хорди зуба	E_{lsc}	-0.109	-0.113	мм
Верхнє відхилення середньої постійної хорди зуба	E_{sc}	-0.044	-0.048	мм

Сигіль Б.Р.

Задані параметри (Сторінка: 1)

Передача:

Ланцюгова

Тип розрахунку :

Перевірочний по моменту

Основні дані

Тип ланцюга	Роликовий підвищеної точності
Тип робочого навантаження	Плавне навантаження
Тип змащення ланцюга	Періодичне змащення
Крутний момент на веденому валу, Нм	27.56
Частота обертання веденого валу, об/хв	940.00
Передаточне число	1.00
Ресурс, годин	10000.00

Група результатів 1 . Параметри ланцюга

Опис	Символ	Привідна зірочка	Ведена зірочка	Одиниці
Міжосьова відстань	A_w	254.000		мм
Крок ланцюга	t	25.400		мм
Діаметр ланцюгового ролика	d_1	15.880		мм
Відстань між пластинами	B	15.880		мм
Діаметр осі ланцюга	d	7.920		мм
Максимальна ширина ланцюга	b	39.000		мм
Висота пластини ланцюга	h	24.200		мм
Відстань між осями рядів багаторядних ланцюгів	A	0.000		мм
Відстань від краю ланцюга до осі ряду	b_1	22.000		мм
Рядність ланцюга	p	1		-

Результати роботи APM Trans (стор. 2)

Таблиця 2. Параметри зірочки

Опис	Символ	Привідна зірочка	Ведена зірочка	Одиниці
Кількість зубів	Z	25	25	-
Висота зірочки	t_z	25.400	25.400	мм
Половина кутового кроку	τ	7.200	7.200	град.
Діаметр кола, вписаного в ступінчастий багатокутник	d_c	201.062	201.062	мм
Висота зуба, що вимірюється від лінії кроку	h_t	6.350	6.350	мм
Діпильний діаметр кола	D_d	202.660	202.660	мм
Діаметр окружності вершини	D_e	213.762	213.762	мм
Діаметр окружності впадини	D_i	186.600	186.600	мм
Найбільша хорда	L_x	186.155	186.155	мм
Зміщення центрів дуг впадин	e	0.762	0.762	мм
Радіус впадини	r	8.030		мм
Радіус спряження	r_1	20.734		мм
Радіус профілю головки зуба	r_2	10.571	10.571	мм
Половина кута впадини	α	52.600	52.600	град.
Кут спряження	β_s	15.600	15.600	град.
Половина кута зуба	ϕ	14.440	14.440	град.
Довжина прямолінійного відрізка профілю	FG	1.494	1.494	мм
Відстань між центрами дуг вершин і западин	OO_2	19.691		мм
Координата X центру	O_{1x}	10.092	10.092	мм
Координата Y центру	O_{1y}	7.716	7.716	мм
Координата X Центру	O_{2x}	19.536	19.536	мм
Координата Y центру	O_{2y}	2.468	2.468	мм
Товщина зуба	b_2	14.618		мм
Радіус кривизни	R	1.500		мм
Ширина багаторядної зірочки	B	14.618		мм
Діаметр окружності заплечика	D_c	169.602	169.602	мм
Радіус скруглення вершини	R_3	26.996		мм

Група результатів 3 . Сила, що діє на вал

Опис	Символ	Передач	Колесо	Одиниці
Модуль сили	F	271.952		N
Кут між вектором сили та лінією центрів	α_t	0.000		град.