

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Інститут (факультет) _____ ННІТІ ім. акад. І.С. Гулого
Кафедра технологічного обладнання та комп'ютерних технологій проектування

«До захисту в ЕК»
Директор інституту(декан факультету)
Сергій БЛАЖЕНКО
(підпис) (ім'я та прізвище)

« ___ » _____ 2025 р.

«До захисту допущено»
Завідувач кафедри
Микола ЯКИМЧУК
(підпис) (ім'я та прізвище)

« ___ » _____ 2025 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ МАГІСТРА

зі спеціальності 133 «Галузеве машинобудування»
(код та назва спеціальності)

освітньо-професійної програми Інжиніринг харчових виробництв

на тему: Модернізація етикетувальної машини KHS RF 25-25/120-12

Виконав: здобувач 2 курсу, групи ОХ-2-2М

—

Ващук Андрій Олександрович
(прізвище, ім'я, по батькові повністю) (підпис)

Керівник проф. Якимчук Микола Володимирович
(прізвище, ім'я та по батькові повністю) (підпис)

Консультанти _____
(ім'я та прізвище) (підпис)

_____ (ім'я та прізвище) (підпис)

_____ (ім'я та прізвище) (підпис)

Рецензент _____
(ім'я та прізвище) (підпис)

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

Здобувач _____
(підпис)

Київ - 2025р.

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Навчально-науковий інженерно-технічний інститут ім. акад. І.С.Гулого
Кафедра Технологічного обладнання та комп'ютерних технологій проектування
Освітній ступінь магістр
Спеціальність 133 «Галузеве машинобудування»
(шифр і назва)
Освітня програма «Інжиніринг харчових виробництв»
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ТОКТП
проф. Микола ЯКИМЧУК

« ____ » _____ 2025 року

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА

Ващук Андрій Олександрович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) Модернізація етикетувальної машини KHS RF 25-25/120-12

керівник проекту (роботи) Якимчук Микола Володимирович, докт.техн.наук

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

затверджені наказом закладу вищої освіти від «17» вересня 2024 р. № 712-кс.

2. Строк подання здобувачем роботи 01.12.2025р.

3. Вихідні дані до роботи 1. Технічний паспорт обладнання.

2. Альбом галузевого обладнання. 3. Навчальна та спеціальна література

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): Реферат; Зміст; Вступ; Аналіз сучасного стану об'єкта дослідження, вибір і обґрунтування основного напрямку дослідження; Розробка нового технічного рішення об'єкту дослідження; Дослідна частина та узагальнення результатів; Розрахункова частина; Принципи автоматизованого управління об'єктом проектування; Заходи з охорони праці та охорони довкілля; Маркетингове обґрунтування проекту; Висновки; Список використаних джерел.

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

Загальний вигляд обладнання – 3 аркуші; Деталі та вузли обладнання – 3 аркуші; Схема автоматизації – 1 аркуш; Технологічна карта збирання вузла – 1 аркуш, Наукова частина – 2 аркуші.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада Консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

7. Дата видачі завдання: 18.09.2025 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ п/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів кваліфікаційної роботи	Примітка
1	<i>Реферат, зміст</i>	20.09.2025	
2	<i>Вступ</i>	25.09.2025	
3	<i>Аналіз сучасного стану об'єкта дослідження, вибір і обґрунтування напрямку дослідження</i>	30.09.2025	
4	<i>Розробка нового технічного рішення об'єкту дослідження</i>	10.10.2025	
5	<i>Дослідна частина та узагальнення результатів</i>	26.10.2025	
6	<i>Розрахункова частина</i>	30.10.2025	
7	<i>Принципи автоматизованого управління об'єктом проектування</i>	15.11.2025	
8	<i>Заходи з охорони праці та охорони довкілля</i>	20.11.2025	
9	<i>Маркетингове обґрунтування проекту</i>	23.11.2025	
10	<i>Висновки</i>	29.11.2025	
11	<i>Список використаних джерел</i>	29.11.2025	
12	<i>Графічна частина: 10 аркушів</i>	30.11.2025	
13	<i>Подача кваліфікаційної роботи на кафедру</i>	01.12.2025	

Здобувач_____
(підпис)**Ващук А.О.**_____
(прізвище та ініціали)**Керівник роботи**_____
(підпис)**Якимчук М.В.**_____
(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Від стабільної роботи етикетувальних машин залежить ритмічність виробництва, якість маркування продукції та економічні показники підприємства. В умовах зростання конкуренції та підвищених вимог до якості пива актуальною є модернізація технологічних вузлів етикетувальних машин.

У межах виконання роботи було здійснено комплексне дослідження, спрямоване на підвищення ефективності функціонування етикетувальної машини KHS RF 25-25/120-12. Насамперед було проаналізовано сучасний стан ринку пива в Україні та визначено потребу пивоварних підприємств у модернізації етикетувальних машин.

На основі проведеного аналізу запропоновано технічні рішення, що спрямовані на підвищення точності та стабільності маркування. Розроблено нову конструкцію ножа з чотирма ріжучими гранями, що дає можливість збільшити строк його експлуатації, а також заміна існуючого барабана на конструкцію з масляною камерою та вбудованим підігрівом для забезпечення оптимальних умов різання.

Проведені експериментальні дослідження процесу різання етикетувальних матеріалів дали змогу визначити раціональні температурні режими для різних видів плівок ПВХ, PETG та OPS. Також встановлено залежності між якістю зрізу, шириною стрічки, температурою та типом матеріалу.

Об'єкт дослідження є взаємозв'язки між конструктивними та функціональними параметрами механізмів і вузлів етикетувальної машини KHS RF 25-25/120-12.

Предмет дослідження є процеси та технічні рішення, що забезпечують удосконалення роботи етикетувальної машини.

Ключові слова: етикетування, модернізація, ножі, барабан, автоматизація, температура, плівка, пиво, маркування.

Відповідальна організація НУХТ	Технічне узгодження	Вид документа Пояснювальна записка	Статус документа			
Власник документа ЦВУТ	Розробник документа Ващук А.О.	Назва, додаткова назва Реферат	240243.KP.01.000ПЗ			
	Документ затверджено Якимчук М.В.		Інд. змін.	Дата видання	Мова UA	Аркуш

ABSTRACT

The stable operation of labeling machines directly affects the production rhythm, the quality of product marking, and the overall economic performance of the enterprise. Under conditions of growing competition in the brewing industry and increasing requirements for labeling quality, the modernization of technological units of labeling equipment becomes especially relevant.

Within this work, a comprehensive study was carried out to improve the operational efficiency of the KHS RF 25-25/120-12 labeling machine. First, the current state of the beer market in Ukraine was analyzed, as well as the need of brewing enterprises for modernization of labeling machines as a key element of the production line.

Based on the analysis, technical solutions aimed at enhancing labeling accuracy and stability were proposed. In particular, a new cutting-knife design with four cutting edges was developed, enabling an extended service life, and a replacement of the standard cutting drum with a modified drum featuring an oil chamber and integrated heating was proposed to ensure optimal cutting conditions.

Experimental studies of the label-cutting process were conducted to determine the optimal temperature regimes for PVC, PETG, and OPS films, as well as to establish correlations between cutting quality, film width, temperature, and material properties.

Object of the study — relationships between the structural and functional parameters of the mechanisms and units of the KHS RF 25-25/120-12 labeling machine.

Subject of the study — processes and technical solutions that ensure the improvement of the labeling machine's operation.

Keywords: labeling, modernization, cutting knife, cutting drum, automation, temperature, film, beer, marking.

ЗМІСТ

Реферат.....	4
Зміст.....	6
Вступ	7
1. Аналіз сучасного стану об'єкта дослідження, вибір і обґрунтування напрямку дослідження	9
2. Розробка нового технічного рішення об'єкту дослідження	21
3. Дослідна частина та узагальнення результатів	28
4. Розрахункова частина.....	36
5. Технологія машинобудування.....	53
6. Принципи автоматизованого управління об'єктом проектування	58
7. Заходи з охорони праці та охорони довкілля	63
8. Маркетингове обґрунтування проекту	67
Висновки	70
Список використаних джерел.....	72
Додатки.....	

ВСТУП

Пивоварна галузь, орієнтуючись на потреби кінцевого споживача, активно адаптує виробництво різних видів пива, якість якого визначається рівнем сировини та технології бродіння.

Серед основних компонентів виробництва пива українські підприємства стабільно забезпечені лише вітчизняною водою та окремими видами солоду. Харчова промисловість України охоплює двадцять дві спеціалізовані галузі, серед яких цукрова, спиртова, хлібопекарна, м'ясо-молочна, пивоварна та інші сфери виробництва харчових продуктів.

На сьогодні в Україні функціонує низка промислових пивоварних підприємств і понад двісті крафтових броварень, однак загальний курс розвитку ринку задають найбільші виробники.

Процес консолідації ринку посилюється, і тиск на малих виробників з боку провідних пивоварних компаній зростає в умовах воєнної економіки. У 2022 році ринок пива зазнав значного скорочення виробництва внаслідок руйнування об'єктів інфраструктури, мобілізаційних процесів та зміни попиту. У 2023–2024 роках спостерігалось часткове відновлення: за даними галузевих аналітиків, виробництво пива зросло на 5–7% порівняно з 2022 роком, хоча воно все ще не повернулося до довоєнного рівня. У першій половині 2025 року обсяги реалізації демонструють відносну стабільність, що пов'язано з адаптацією підприємств, оптимізацією виробництва та підтримкою локальних брендів.

Серед провідних учасників ринку пива України виділяються АВ InBev Efes Україна, Carlsberg Ukraine, Оболонь, а також середні регіональні виробники на кшталт ТОВ «Бердичівський пивоварний завод». Преміальний сегмент пива у 2024 році показав кращу динаміку зростання, зумовлену попитом на крафтові та спеціальні сорти. Виробники пива активно оновлюють портфелі брендів та модернізують лінії розливу, реагуючи на зміни споживчих вподобань.

За прогнозами експертів, у 2025 році ринок пива України має потенціал стабільного зростання на рівні 4–6%, однак його масштаби все ще визначаються воєнними ризиками. Водночас такі прогнози є стриманими через обмеження логістики, підвищення собівартості та залежність від імпорту хмелю й допоміжних матеріалів.

Підвищення конкурентоспроможності українського пива значною мірою залежить від модернізації технічних ліній, оптимізації енергоспоживання та впровадження сучасного контролю якості. Через торговельну мережу реалізується значна частина продукції українських пивоварень, але конкуренція з імпортним пивом залишається відчутною. Зменшення частки імпорту у 2023–2024 роках було зумовлено логістичними обмеженнями та переорієнтацією попиту на локальних виробників. Разом із цим сучасні умови змушують пивоваренні підприємства впроваджувати технологічні інновації, забезпечувати енергоефективність та оновлення обладнання. Особливої актуальності набуває модернізація етикетувальних ліній, адже якість маркування та стабільність роботи обладнання значною мірою впливають на рентабельність виробництва та репутацію бренду.

Метою роботи є модернізація етикетувальної машини KHS RF 25-25/120-12 з підвищенням її технічної ефективності та експлуатаційної надійності. **Об'єктом дослідження** є взаємозв'язки між конструктивними та функціональними параметрами механізмів і вузлів етикетувальної машини KHS RF 25-25/120-12.

Предметом дослідження є процеси та технічні рішення, що забезпечують удосконалення роботи етикетувальної машини.

РОЗДІЛ 1

АНАЛІЗ СУЧАСНОГО СТАНУ ОБ'ЄКТА ДОСЛІДЖЕННЯ, ВИБІР І ОБҐРУНТУВАННЯ НАПРЯМКУ ДОСЛІДЖЕННЯ

1.1. Загальна характеристика ринку пива України

Пивоварна галузь України є однією з найбільш технологічно розвинених у харчовій промисловості, однак з 2022 року вона переживає значні структурні зміни. Повномасштабна війна спричинила різке падіння виробництва, зниження доступності сировини, логістичні труднощі та скорочення внутрішнього попиту. Попри це, галузь змогла частково відновитися завдяки адаптації виробників, модернізації потужностей та зсуву попиту на локальні бренди.

Станом на 2024–2025 роки ринок пива демонструє помірне зростання, порівняно зі значним падінням 2022 року. Виробництво у 2023–2024 рр. зросло на 5–7%, що свідчить про стабілізацію галузі після шоку воєнного періоду. Частка дрібних і середніх пивоварень збільшилася завдяки тому, що споживачі активніше підтримують українську продукцію. Водночас великі виробники АВ InBev Efes Україна, Carlsberg Ukraine, Оболонь продовжують визначати основні тенденції розвитку ринку.

Підприємство ТОВ «Бердичівський пивоварний завод» займає помітне місце серед регіональних виробників пива, забезпечуючи виробництво класичних та спеціальних сортів і підтримуючи конкурентоспроможність завдяки модернізації технологічних ліній і впровадженню енергоощадних технологій.

Серед ключових викликів ринку залишаються:

- підвищення собівартості виробництва (енергія, логістика, імпортований хміль);
- складнощі з транспортуванням у прифронтові регіони;
- зниження купівельної спроможності населення;
- необхідність модернізації обладнання для підвищення ефективності.

Структура ринку за видами пива є такою:

- лагери понад 70% загального обсягу;

- елітні спеціальні сорти близько 15–20%;
- крафтове пиво 5–7%, але частка щороку зростає;
- безалкогольне пиво до 5%.

Для ТОВ «Бердичівський пивоварний завод» актуальним є розвиток спеціальних сортів та збільшення продажів у сегменті HoReCa, де цінуються локальні бренди.

1.2 Основний принцип нанесення етикеток

Основний принцип етикетування полягає в тому, що етикетка повинна бути наклеєна точно в задане місце на поверхні пляшки, рівно та з надійною адгезією. Процес досягається шляхом виконання низки послідовних технологічних операцій (рис. 1.1).

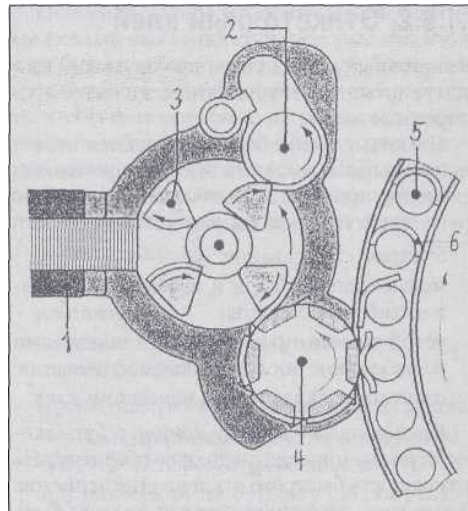


Рисунок. 1.1 - Технологічні етапи етикетування пляшок: 1 — магазин етикеток; 2 — клеєвий валик; 3 — сегменти етикетопереносника; 4 — малий ротор-етикетопереносник; 5 — пляшка; 6 — етикетка.

На першому етапі сегменти великого ротора-етикетопереносника (плашки) (3) вкриваються тонким шаром клею за допомогою клеєвого валика (2), після чого переміщуються до магазину етикеток (1). Завдяки високим адгезійним властивостям клею етикетка прилипає до плашки; при цьому важливо, щоб етикетки були достатньо роз'єднані між собою, інакше можливе захоплення двох або більше етикеток, що призводить до збоїв у роботі.

На другому етапі етикетки, змащені клеєм, передаються захватами малого ротора-етикетопереносника (4) і утримуються лицьовою стороною всередину за допомогою притискної губки.

Далі етикетка повертається клеєвою стороною до пляшки, при цьому захвати відкриваються та звільняють її. Процес приклеювання завершується проходженням пляшки вздовж щіток і гумових валиків, які щільно притискають етикетку і забезпечують її рівномірне прикочування до поверхні тари.

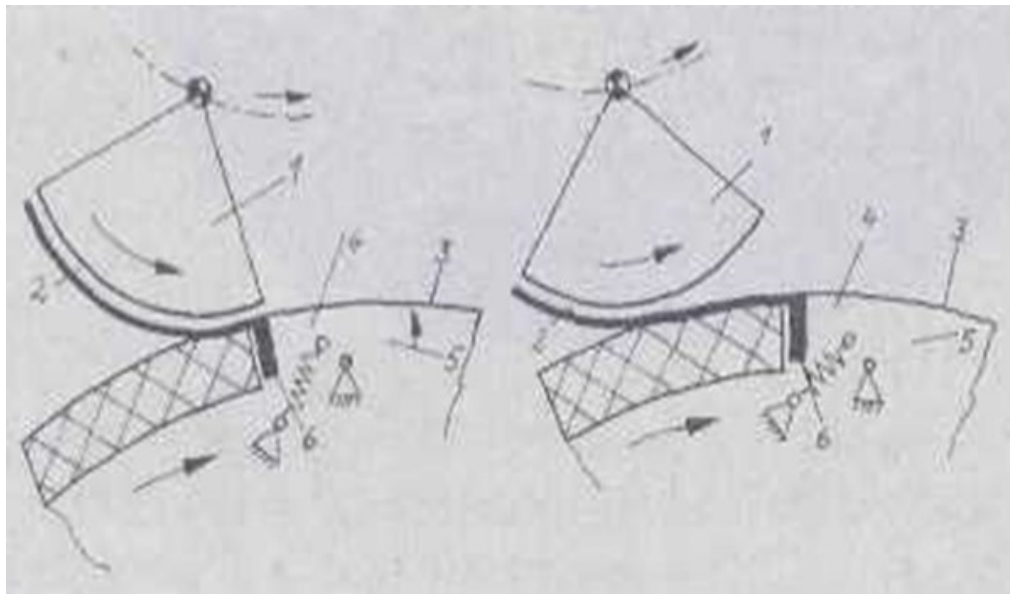


Рисунок 1.2. Передача етикеток малим ротором-етикетопереносником: 1 — клеєвий сегмент; 2 — етикетка; 3 — малий ротор; 4 — пальчиковий захват; 5 — кулачок увімкнення; 6 — упорна планка.

На рис.1.3 подано загальну компоновку елементів етикетувальної машини: Flashentisch — пляшковий стіл; Flashenteller — пляшковий столик; Anburstung — щітки; Öl-Umlaufschmierung des Flaschentisches — циркуляційна змазка пляшкового столу; Steuerkurve — копів; Palettenkarussell im Ölbad — карусель із клеєвими сегментами; Zentrierglocke — центруючий дзвіночок; Greiferzylinder — малий ротор-етикетопереносник; Beleimungswalze — клеєвий валик; Beleimungspalette — клеєвий сегмент; Etikettenbehälter — касета етикеток.

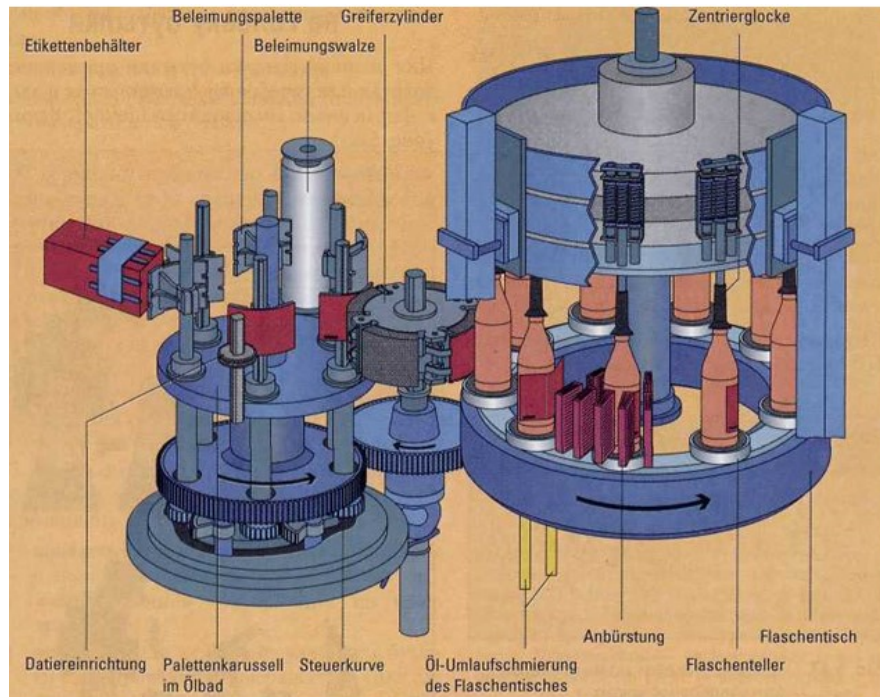


Рис.1.3 Компоновочна схема етикетувальної машини

1.3 Конструктивні особливості етикетувальної машини

1.3.1 Конструктивні особливості автомата Б-12

Автомат Б-12 належить до компактних і продуктивних етикетувальних машин та вирізняється нетиповою для цього класу обладнання конструктивною схемою. Головним робочим механізмом є етикетопередатчик у формі восьмолепесткової розетки, який виконує циклічне обертання у площині, що перпендикулярна до руху пляшок на конвеєрі.

Одночасно етикетопередатчик здійснює лінійний поступальний рух у напрямку переміщення тари, що дозволяє йому точно взаємодіяти з пляшкою в потрібний момент. Під час кожного циклу, який відповідає кутовому переміщенню $1/8$ оберту, етикетопередатчик виконує набір клею, захоплення етикетки з магазину, нанесення дати та її приклеювання на пляшку. Переривчасте обертання забезпечує механізм мальтійського хреста, що складається з водила (5) та чотирипазового хрестового диска (6). Зворотно-поступальний рух етикетопередатчика створюється важелем (11), який приводиться у дію кулаком (4).

Через той самий важіль передається рух штемпелю (10), що позначає дату на етикетці до моменту приклеювання. Клеєвий диск (8), який переносить клей із ванни (7) на лапки етикетопередатчика (9), приводиться у дію періодично за допомогою ланцюгової передачі від валика механізму мальтійського хреста.

Для оперативної зупинки машини передбачена рукоятка (3), яка від'єднує муфту (2), дозволяючи усунути несправності без вимкнення електродвигуна (1).

Етикетки, розташовані в магазині, підтискаються до лапок за допомогою троса, натягнутого вантажем, що забезпечує стабільність подачі. Процес наклеювання відбувається таким чином: пляшка підхоплює етикетку з лапок етикетопередатчика, після чого вона фіксується самоцентруючими роликами (2).

Далі етикетка остаточно вирівнюється та прикочується щітками (3), що забезпечують рівномірний контакт із поверхнею тари. Синхронізація руху пляшок і роботи етикетопередатчика забезпечується фіксуючою зірочкою, пов'язаною з основним приводом апарата. Для стабільної роботи автомата перед ним на конвеєрі повинно перебувати 10–12 пляшок, що створюють необхідний тиск для правильного входження тари в робочу зону.

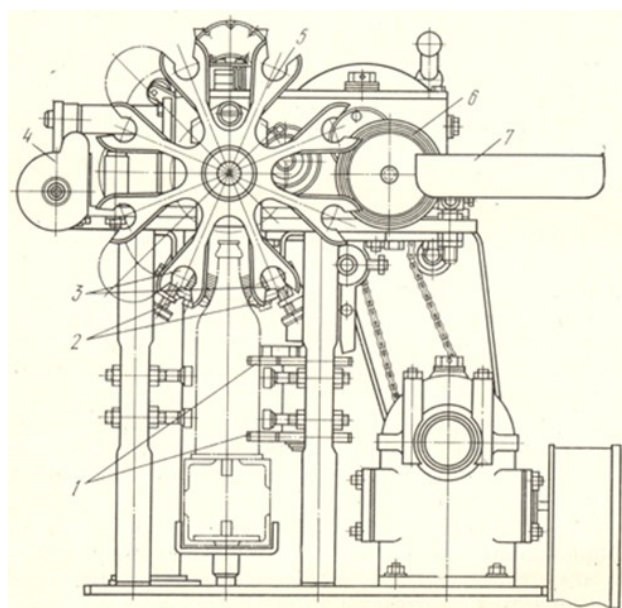


Рис. 1.4. Автомат Б-12: 1 — направляючі; 2 — самоцентруючі ролики; 3 — щітки; 4 — датувальний пристрій; 5 — водила; 6 — чотирипазовий хрест; 7 — клеєва ванна.

Для синхронізації руху пляшок і етикетопередатчика використовується фіксуєча зірочка, яка кінематично пов'язана з основним приводом. Для підтримання синхронності перед автоматом на конвеєрі повинно перебувати 10–12 пляшок, що створюють необхідний робочий тиск.

Таблиця 1.1

. Технічні характеристики автомата Б-12

Показник	Значення
Продуктивність, пляшок/год	6600
Частота обертання етикетопередатчика, об/хв	13,75
Мінімальна швидкість конвеєра, м/с	0,28
Потужність електродвигуна, кВт	0,6
Частота обертання двигуна, об/хв	1410
Габаритні розміри, мм	740 × 700 × 1460
Маса, кг	290

1.3.2. Конструкція і принцип дії етикетувальної машини LANGGUTH

Етикетувальна машина LANGGUTH 230/400 V побудована на основі міцної зварної рами, зовнішні поверхні якої закриті облицювальними панелями з листової сталі.

На нижній базовій плиті змонтовано регульований привід, що забезпечує роботу всіх виконавчих механізмів. На цій опорній основі встановлено основні робочі вузли та механічні елементи установки (рис. 5).

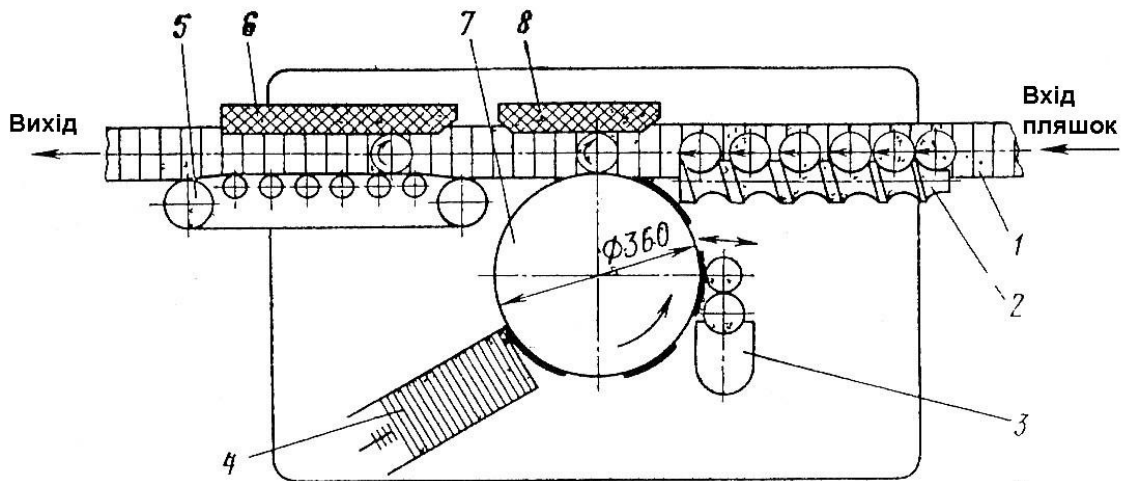


Рис. 5. Етикетувальна машина LANGGUTH 230/400 V:

1. підвідний конвеєр;
2. розподільний шнек;
3. клеєвий валик з ванною;
4. регульований магазин (барабан) для етикеток;
5. притискна стрічка;
6. вузол розгладжувальних щіток;
7. переносний барабан етикеток;
8. притискні щітки.

Поруч з обладнанням розміщується окремий резервуар з клеєм та насосом, який забезпечує подачу клею в робочу зону.

Пляшки переміщуються конвеєром і за допомогою розподільного шнека встановлюються на однакових проміжках одна від одної. Під час руху вони проходять повз датчик, що належить до магазину етикеток, після чого відбувається подача етикетки до клеєвого валика. Магазин етикеток здійснює обертальний рух під дією кулачкового механізму, забезпечуючи точне положення етикетки під час зняття. Клеєвий валик захоплює етикетку, наносить на неї смужки клею та підводить до механізму відділення етикеток. Пристрій для зняття відокремлює етикетку від валика і направляє її в проміжок між додатковою притискною стрічкою та поверхнею пляшки. У момент контакту пляшка входить між притискною стрічкою та опорною плитою, починаючи обертатися та намотувати етикетку.

Під дією притискних сил етикетка рівномірно фіксується на поверхні тари та щільно прилягає по всій довжині.

Під час переходу на інший вид продукції змінюються розміри магазину згідно з форматом етикетки. Регулювання висоти етикетки здійснюється перестановкою вузлів за допомогою ходового гвинта та рукоятки зі шкалою. Зміна ширини етикетки виконується через заміну етикеткового листа та перестановку упору магазину в кінцевій зоні штабеля. Переміщення упорної планки проводиться за допомогою затискних гвинтів, розташованих під обмежувальною пластиною. Перед завантаженням етикеток рекомендується їх ретельно роз'єднати або продути повітрям, щоб уникнути злипання після вирубки. За потреби проводиться заміна притискного паса: натяг послаблюють затискним гвинтом, знімають пас, встановлюють новий і знову регулюють натяг.

1.3.3 Етикетувальні машини Л5-ВЭ2-М та Л5-ВЭ2-М-01: конструкція та принцип дії

Машини моделей Л5-ВЭ2-М і Л5-ВЭ2-М-01 мають однакову загальну будову та працюють за єдиним принципом, відрізняючись лише сферою застосування та призначеним форматом тари. Етикетувальна машина Л5-ВЭ2-М створена для наклеювання одиночної етикетки на циліндричну поверхню пляшок місткістю 250–500 мл відповідно до вимог ГОСТ 10117-80, а також на скляні консервні банки, тому її використовують у лініях фасування харчових рідин. Завдяки своїй універсальності машина застосовується в лікеро-горілчаній, виноробній, консервній та пивоварній промисловості, а також на виробництвах безалкогольних напоїв і рослинної олії. Модифікація Л5-ВЭ2-М-01 виконує аналогічні операції, проте призначена спеціально для маркування пляшок об'ємом 500 мл, що застосовуються у виробництві оцту.

Робочий цикл машин базується на синхронізованому переміщенні тари та етикеток. Пляшки, що подаються транспортером, переміщуються шнеком із заданим кроком та надходять по дотичній до поверхні вакуумбарабана. Під

час наближення пляшки етикетний магазин, здійснюючи поступальний рух, впливає важелем на клапан золотникового механізму, завдяки чому отвори присосів вакуумбарабана з'єднуються з джерелом розрідження. Оскільки швидкість руху етикетного магазину та вакуумбарабана збігається на певному відрізку шляху, етикетка надійно притягується до поверхні барабана і відокремлюється від магазину. Далі, у процесі обертання, етикетка проходить зону нанесення маркування та нанесення клейової смуги, при цьому її положення стабілізується гребінкою, що утримує етикетку під час клеєння.

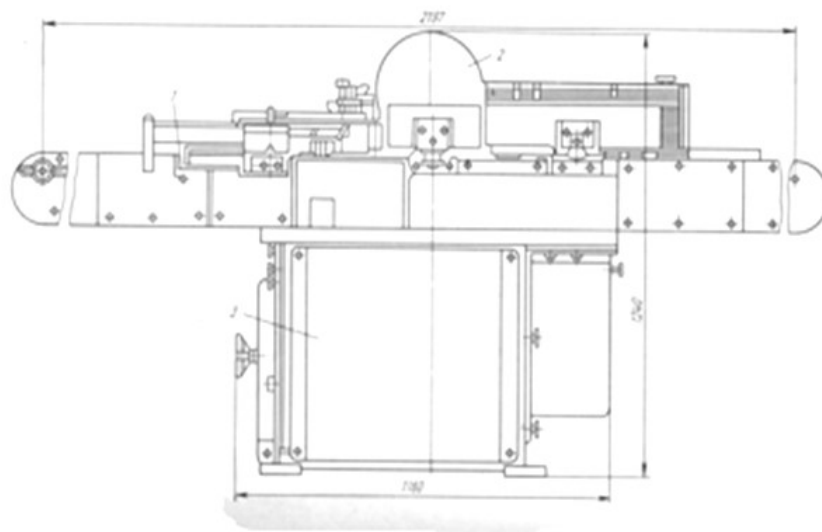


Рисунок. 6. - Етикетувальна машина Л5-ВЭ2-М-01: 1 — транспортер; 2 — вакуумбарабан; 3 — електрообладнання; 4 — етикетний магазин; 5 — захисне огороження; 6 — датуючий і блокувальний механізм; 7 — клеєва ванна; 8 — станина.

У момент зустрічі пляшки з етикеткою тара входить у клиноподібний проміжок між вакуумбарабаном і пружною губчастою подушкою, внаслідок чого етикетка рівномірно накочується на поверхню пляшки. Після цього вакуумний контур на присосах відключається, присоси з'єднуються з атмосферою, а етикетка переходить у фазу розгладжування при русі між накатним транспортером і додатковою еластичною подушкою, що забезпечує остаточне вирівнювання маркування.

Конструкція транспортера включає направляючі елементи, шнекову подачу та накатний транспортер, які разом забезпечують переміщення тари через усі вузли машини. У зоні наклеювання та розгладжування пляшка спирається на подушки із губчастої гуми, а для покращення процесу вирівнювання дозволяється обтягувати подушки мішковиною. Для запобігання аварійним ситуаціям зовнішня направляюча виконана у вигляді підпружиненої відкидної секції, що при ударі або падінні пляшки відкривається, впливаючи на кінцевий вимикач та вимикаючи привід машини.

Вакуум барабан відповідає за приймання етикетки від магазину та її перенесення на пляшку. Він оснащений золотниковою системою, яка рівномірно розподіляє вакуум по присосах. Золотниковий механізм складається з пари дисків — рухомого та нерухомого, між якими формується розподіл повітряних каналів. Присоси з'єднуються з вакуумною системою тільки в той момент, коли в зоні передачі етикетки присутня пляшка, що забезпечує точність і економність процесу.

Етикетний механізм включає магазин та його привід, що створює складну траєкторію руху, необхідну для коректного передавання етикетки на вакуумбарабан і реалізації блокування «немає пляшки — немає етикетки». На плиті магазину закріплено важіль, що керує клапанами золотникового механізму. Коли на транспортері присутня пляшка, кінцевий вимикач розмикає живлення електромагніта, і його серцевина звільняє рух магазину. Завдяки цьому важіль магазину натискає на клапан золотника, підключаючи присоси барабана до вакууму. При відсутності пляшок електромагніт активується, блокує рух магазину, і етикетка не може бути передана на вакуумбарабан.

Клеєва ванна призначена для зберігання запасу клею та нанесення його смугами на етикетку під час її проходження. Вона складається з ванни, клеєвого та намазного роликів і приводу, що забезпечує їх обертання та коливальні рухи. Коливання ванни необхідні для реалізації захисту «немає етикетки — немає клею», оскільки ванна працює лише при наявності етикетки

на барабані. Зворотний рух ванни забезпечується кулачковим механізмом, а робочий — пружиною.

Опорна частина машини формується рамою та плитою, на якій закріплено робочі механізми. У середині станини встановлено приводний комплекс, який включає електродвигун, двоступінчасту клинопасову передачу, конічну зубчасту та ланцюгову передачі. Тут же розташований вакуумний насос з електродвигуном, який за потреби може бути винесений за межі автомата або підключений до центральної вакуумної станції. Електрична система містить магнітні пускачі, трансформатор, пакетний вимикач, блоки клем та пульт керування.

Штемпелювальний механізм призначений для нанесення на зворотний бік етикетки дати або позначки, що здійснюється шляхом прокатування барабанчика зі знаками по поверхні етикетки. Знаки фарбуються штемпельною фарбою, яку подає войлочне кільце. Коливальні рухи механізму забезпечують правильне співпадіння моменту штемпелювання з наявністю етикетки, що реалізує блокування «немає етикетки — немає штемпеля». Система блокування, яка одночасно контролює наявність етикетки для штемпелювання і для подачі клею, працює через щуп, який входить у проріз барабана та повертає пов'язаний з ним упор, блокуючи відповідні вузли.

Висновок до розділу 1

На основі проведеного аналізу ринку пива, сучасних технологій пивоваріння та конструкцій етикетувального обладнання можна сформулювати такі висновки:

- Пивоварна промисловість України в умовах 2022–2025 років проходить етап відновлення та технологічного оновлення, що супроводжується впровадженням сучасного устаткування для забезпечення стабільної якості продукції та зменшення виробничих витрат.
- Аналіз показує, що у вітчизняних і зарубіжних пивоварних лініях активно використовуються етикетувальні машини різних конструктивних схем, серед

яких роторні, вакуумні та роликові системи передачі етикеток, які забезпечують високу точність і швидкість маркування.

– Дослідження конструкцій машин типу KHS, LANGGUTH, Л5-ВЭ2-М, Л5-ВЭ2-М-01 та інших подібних установок свідчить, що їх компоновка базується на обмеженій номенклатурі функціональних модулів (конвеєр, ротор/вакуумбарабан, магазин етикеток, клеєвий модуль, притискні та розгладжувальні елементи), а відмінності між моделями визначаються способом подачі етикетки, методом нанесення клею та системами синхронізації руху тари.

– Виявлено, що тенденції розвитку етикетувальних машин полягають у підвищенні рівня автоматизації, застосуванні вакуумних систем із селективним керуванням присосами, використанні енергозберігаючих приводів, покращенні точності подачі етикеток та мінімізації браку в процесі маркування.

– Конструкції сучасних етикетувальних машин доцільно проектувати на основі модульного принципу, який дозволяє швидко адаптувати обладнання до різних форматів тари, типів етикеток і вимог технологічного процесу пивоварного виробництва.

– Розглянуті моделі обладнання демонструють необхідність удосконалення систем подачі етикетки, точності позиціонування пляшки та стабільності клейового шару, що особливо важливо для високопродуктивних пивоварних ліній.

– Встановлено, що модернізація етикетувальної машини KHS RF 25-25/120-12 є необхідною для підвищення її технічної ефективності, зниження експлуатаційних витрат, забезпечення більшої гнучкості виробництва та адаптації до сучасних вимог ринку пива.

РОЗДІЛ 2

РОЗРОБКА НОВОГО ТЕХНІЧНОГО РІШЕННЯ ОБ'ЄКТУ ДОСЛІДЖЕННЯ

Модернізація етикетувальної машини KHS RF 25 стала необхідною через виявлену проблему швидкого затуплення ріжучих ножів і недостатню якість зрізу етикетки навіть після встановлення нових комплектів. Дослідження зрізу виявило, що основна причина полягала у нераціональних умовах роботи ріжучого вузла, що негативно впливало на термін служби ножів і стабільність процесу відсічення етикетки.

Для усунення цієї проблеми було здійснено комплекс технічних заходів: заміну конструкції ножів, модернізацію барабана відрізного механізму та стабілізацію температурних умов у зоні різання.

Встановлення ножа з чотирма ріжучими гранями дозволило значно збільшити його робочий ресурс, оскільки після затуплення однієї грані ніж можна повернути на наступну, що суттєво знижує витрати на заміну ріжучого інструмента.

Для усунення впливу перепадів зовнішньої температури пустотілий барабан було замінено на барабан із масляною камерою та вбудованим нагрівальним елементом (рис.4.1)..

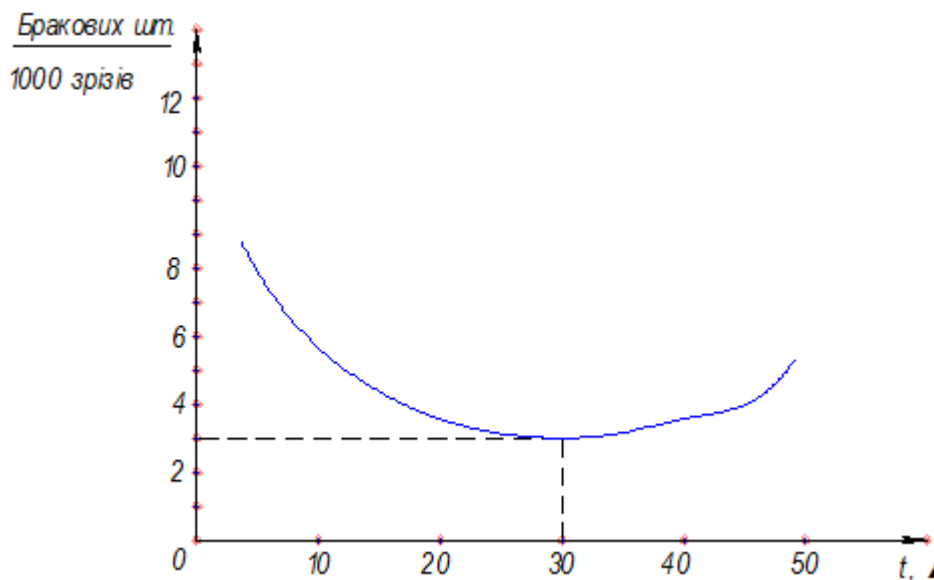


Рис. 2.1. Крива якості зрізу етикетки в залежності від температури різання

Наявність контролю температури забезпечила стабільні умови різання, підвищила довговічність ножів і дала можливість сформувати раціональний тепловий режим, необхідний для якісного відсікання рулонної плівкової етикетки, що підтверджено залежністю якості зрізу від температури, наведеною на рисунку 2.1.

Етикетувальна машина KHS Roll-Feed (RF), показана на рис.2.2, побудована за принципом рулонної безперервної подачі етикетки та відповідає сучасному технічному рівню високопродуктивних етикетувальних систем.

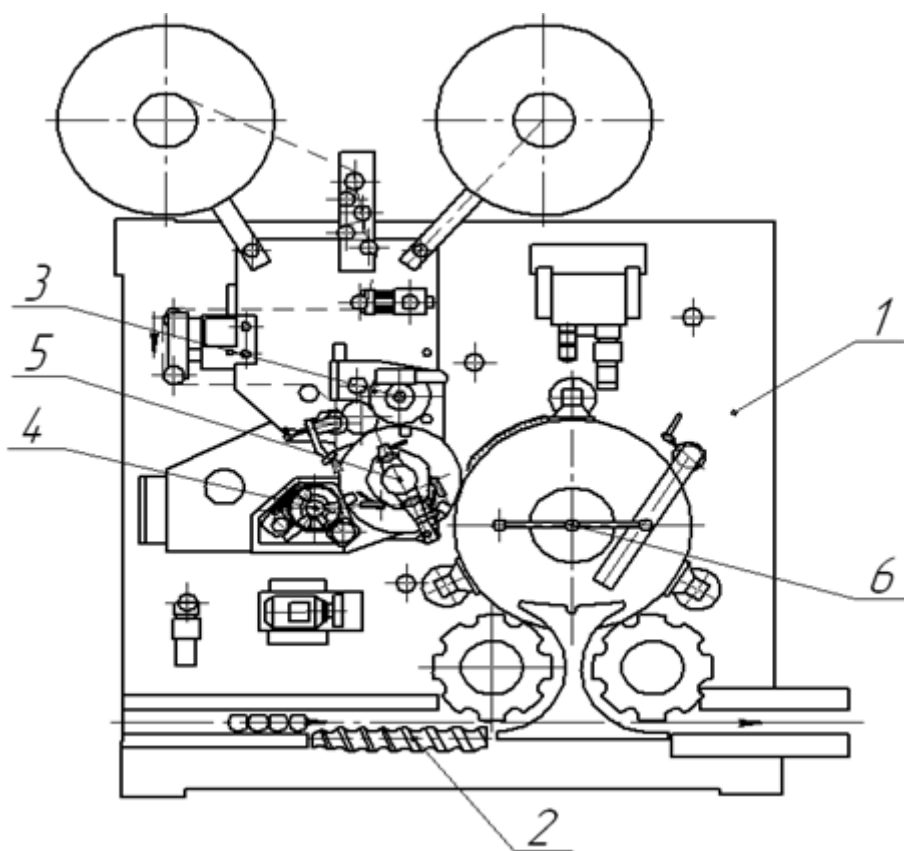


Рис.2.2 Етикетувальна машина KHS RF 25: 1- станина; 2- шнек; 3- відрізний вузол; 4-клеєний пристрій; 5- вакуум-барабан; 6- центруючий пристрій.

На рисунку зазначено основні компоненти: станина машини (1), шнек подачі пляшок (2), ріжучий вузол (3), пристрій нанесення гарячого клею (4), вакуумний барабан для переносу етикетки (5) та центруючий пристрій (6). Завдяки застосуванню гарячого клею досягається надійна фіксація етикетки, а також висока продуктивність. Конструкція апарата дає можливість

етикетувати пляшки різних розмірів із мінімальною переналадкою та забезпечує оглядовість усіх вузлів, а також простоту керування завдяки зібраній на одній панелі системі органів управління.

Робота машини починається з подачі пляшок транспортером до шнекового механізму (2), який формує однаковий крок між ємностями та подає їх по дотичній до вакуумного барабана (5). У цей час ріжучий вузол (3) подає відрізану етикетку до зони всмоктування, де важіль керування впливає на клапан золотникової системи, підключаючи присоси вакуумбарабана до джерела розрідження. Етикетка переходить на барабан завдяки рівності швидкостей руху стрічки та поверхні барабана. Подальший оберт вакуумбарабана забезпечує проходження етикетки через зону нанесення клею пристроєм (4), після чого вона стабілізується гребінкою та направляється у клиноподібний проміжок між вакуумбарабаном та опорною гумовою подушкою. У момент контакту з пляшкою вакуум вимикається, і етикетка накочується на поверхню тари.

Транспортерний вузол машини, поданий на рисунку 2.3

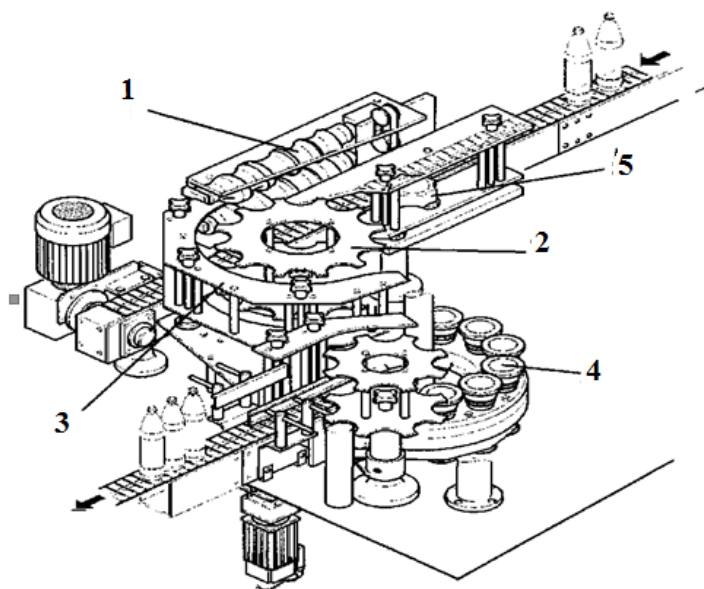


Рис.2.3. Транспортерний вузол машини

Він складається з вхідного шнека (1), формуючих зірочок (2), напрямних (3), тримачів ємностей (4) та блокувального елемента (5).

Саме ці деталі забезпечують точне позиціонування пляшок у зоні етикетування та запобігають пошкодженню тари у випадку збоїв, оскільки зовнішня напрямна виконана у вигляді підпружиненої відкидної секції, яка активує кінцевий вимикач і зупиняє машину при аварійній ситуації.

Будова етикетувального механізму показана на рисунку 2.4.

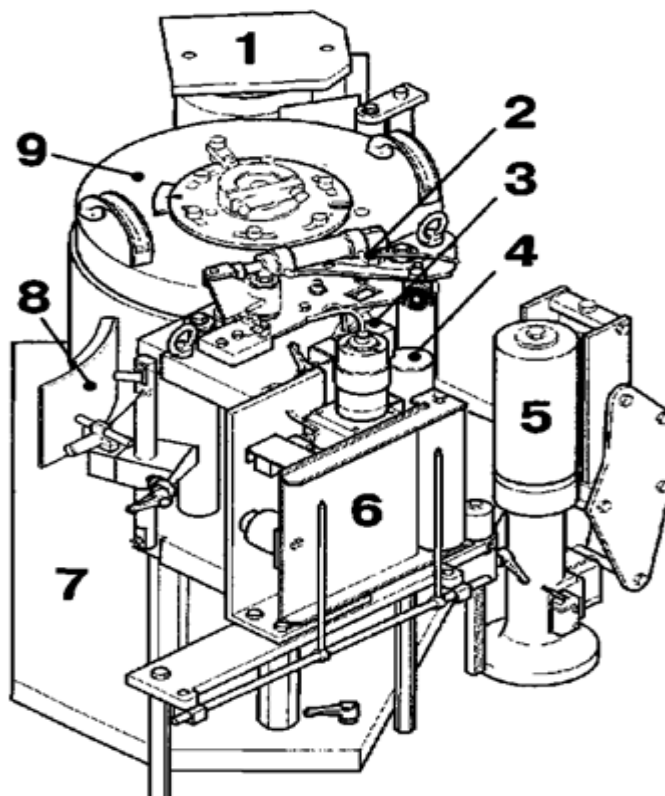


Рис. 2.4 Будова етикетувального механізму

Він складається: клеєвий апарат (1), ріжучий пристрій (2), сенсор реєстрації мітки (3), направляючі ролики (4), приводні та притискні ролики (5), направляючу етикеток (6), пластину проковзування (7), притиск етикеток (8) та вакуумний барабан (9). Така конструкція забезпечує синхронність подачі, точне позиціонування рулонної етикетки та роботу блокування «немає пляшки — немає етикетки».

Приводна частина машини, показана на рисунку 4.5, складається зі станини, плити кріплення механізмів, електродвигуна, двоступінчастої клинопасової передачі, конічної зубчастої передачі та ланцюгового механізму.

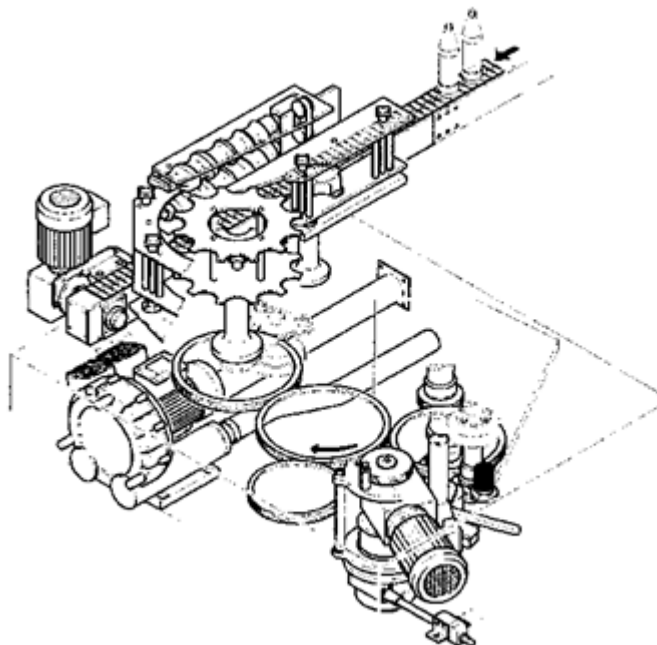


Рис.2.5 Конструкція привода

У середині станини також встановлено вакуумний насос, який може працювати як окремо, так і від центральної вакуумної станції. До складу електрообладнання входять магнітні пускачі, трансформатор, клемні блоки та панель керування, що забезпечує стабільну роботу всіх компонентів. Штемпелюючий механізм наносить маркувальні символи на тильний бік етикетки перед її клеєнням, а блокувальні механізми «немає етикетки — немає клею» та «немає етикетки — немає штемпеля» запобігають помилкам під час маркування. Уся машина приводиться в дію електродвигуном через двоступінчасту клинопасову передачу, що гарантує стабільну роботу приводу та всіх кінематичних вузлів.

Паспортні технічні характеристики Innoket RF 25 наведені в таблиці 2.1

Паспортні технічні характеристики Innoket RF 25

Параметр	Значення
Тип машини	Innoket RF 25 / 25-120-12
Максимальна продуктивність	30 000 пляшок/год
Робочий діапазон продуктивності	4 500–30 000 пляшок/год
Кількість тарілок	12
Крок тарілок	120 мм
Виконання ріжучого механізму	3-S
Діаметр ємностей	50–105 мм
Допуск діаметра	± 2 мм
Висота пляшок	110–350 мм
Допуск висоти	± 6,5 мм
Тип клею	Гарячий клей
Довжина етикетки	170–345 мм
Висота наклейки	5 мм
Висота транспортерної стрічки	1150–1500 мм
Споживання електроенергії	16,5 кВт
Енергоспоживання у виробництві	12,5 кВт
Головний привід	3 кВт
Вхідний запобіжник	36 А
Витрати стисненого повітря	10,5 Нм ³ /год при 6–10 бар
Пневмостабілізація тари	60 Нм ³ /год

Параметр**Значення**

Маса машини	≈ 2100 кг
Розміри машинного столу	1430 × 1820 мм
Висота машини	1910 мм
Габарити з тримачем рулона	1195 × 1195 мм

РОЗДІЛ 3

ДОСЛІДНА ЧАСТИНА ТА УЗАГАЛЬНЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ

3.1. Мета та задачі наукових досліджень

Метою проведених наукових досліджень є визначення раціональних режимів різання рулонних етикетувальних матеріалів на модернізованій етикетувальній машині, що забезпечують мінімальну кількість дефектних зрізів і, відповідно, зменшення кількості вимушених зупинок обладнання під час його переналагодження. Такий підхід дозволяє підвищити стабільність процесу етикетування, зменшити втрати продукції та покращити загальну ефективність роботи лінії.

Головним завданням дослідження є встановлення оптимальних параметрів процесу різання стрічки етикетки, зокрема температури різання, ширини етикетного полотна та матеріалу етикетки.

Для цього було заплановано серію експериментів, спрямованих на вивчення впливу кожного чинника на якість зрізу, з метою визначення умов, за яких різання буде найбільш точним і стабільним.

3.2. Об'єкт та методика досліджень

3.2.1. Об'єкт досліджень

У межах роботи було проведено експериментальні дослідження процесу різання рулонних етикетувальних матеріалів різних марок на етикетувальній машині KHS RF 25 німецького виробництва.

Принцип роботи експериментальної установки подано на рис. 3.1, де позначені її основні вузли: станина (1), шнек подачі пляшок (2), відрізний вузол (3), клеєвий пристрій (4), вакуум-барабан (5) та центруючий пристрій (6).

Пляшки пересуваються транспортером і шнеком подаються з певним кроком до центруючого механізму, а далі по дотичній до вакуумного барабана. Одночасно стрічка етикетки надходить до відрізного вузла, де розрізається на етикетки необхідної довжини.

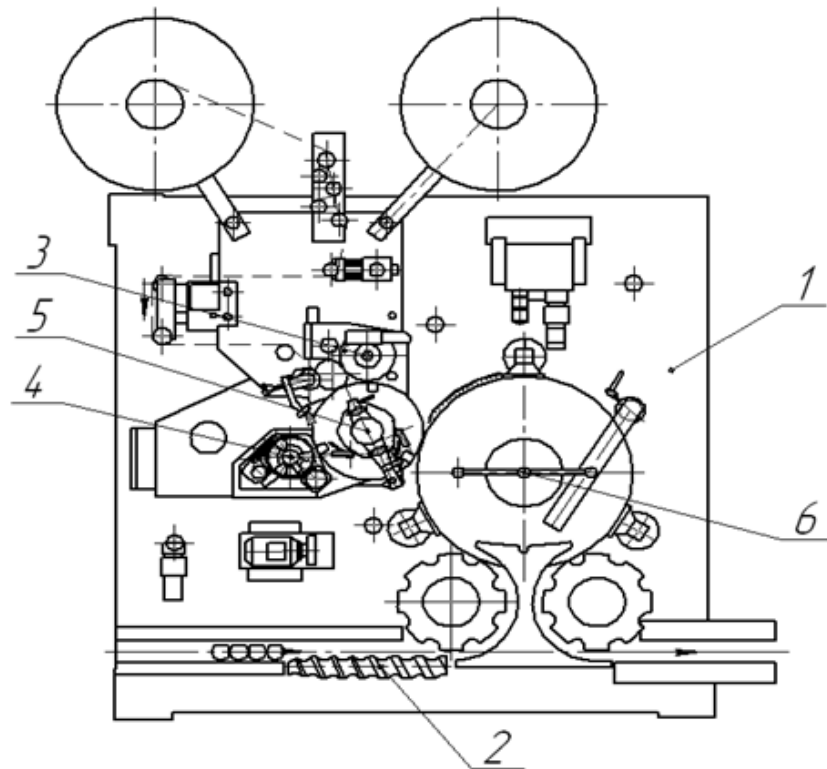


Рис.3.1. Етикетувальна машина KHS RF 25: 1-станина; 2- шнек; 3- відрізний вузол; 4- клеєний пристрій; 5- вакуум-барабан; 6- центруючий пристрій.

Після цього етикетка подається до вакуумного барабана і притискає важіль золотникового пристрою, що забезпечує з'єднання присосів барабана з вакуумом. Завдяки однаковим швидкостям обертання барабана та руху етикетки остання надійно присмоктується, відривається від ріжучого вузла, проходить зону штемпелювання та нанесення клею, утримується гребінкою і готується до перенесення на поверхню пляшки.

У момент контакту пляшка входить у проміжок між вакуумним барабаном і амортизуючою подушкою, що забезпечує накатування етикетки на її поверхню. Після цього вакуум відключається, присоси з'єднуються з атмосферою, і під час подальшого руху між накатним транспортером та другою губчастою подушкою відбувається остаточне розгладжування етикетки.

3.3. Експериментальна частина

Процес різання рулонних етикетувальних матеріалів залежить від комплексу чинників, серед яких основними є температура різання, фізико-механічні властивості матеріалу етикетки та ширина етикетної стрічки. Для визначення найбільш доцільних режимів проведено дослідження з поетапною зміною кожного параметра. Під час експериментів температура різання змінювалася в широкому діапазоні, оскільки відомо, що якість зрізу суттєво залежить від температурних умов, особливо при роботі з термопластичними етикетками. Досліди проводилися на пляшках місткістю 0,5; 1; 1,5 і 2 літри, що відповідало різній ширині етикетної стрічки.

Для досліджень обрано три найбільш поширені марки етикетувальних матеріалів: ПВХ, PETG (поліетилентерефталат) та OPS (орієнтований полістирол). Допустимий діапазон температур різання для цих матеріалів становить 15–45 °С. У межах цього діапазону виконано серію експериментів для визначення температури, за якої кількість бракованих зрізів буде мінімальною.

Температуру мастила в барабані забезпечували на рівні 25 °С шляхом циркуляції мастила через радіаторні секції.

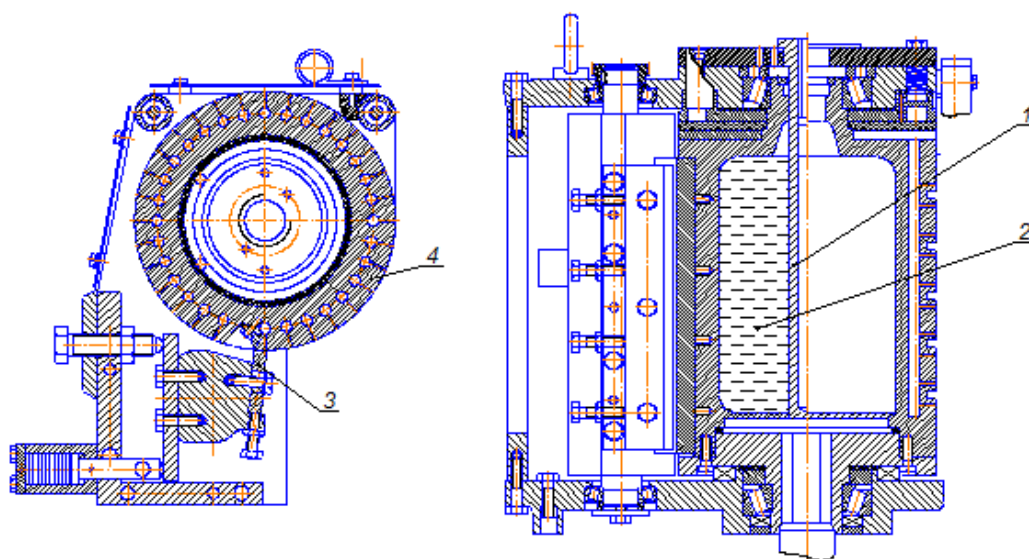


Рис.3. Експериментальний ріжучий вузол: 1 — нагрівальний елемент; 2 — масляна камера; 3 — ріжучий орган; 4 — барабан.

Для дослідів при підвищених температурах використовувався нагрівальний елемент (1), розміщений у масляній камері (2) всередині експериментального барабана (рис.3.2), де також розташовано ріжучий орган (3) та барабан (4). Під час експериментів із матеріалом ПВХ встановлено, що за температур нижче 25 °С якість різання суттєво погіршується. Найкращий результат досягався при 35 °С незалежно від місткості пляшки; подальше підвищення температури зумовлювало збільшення бракованих зрізів. Отримані дані наведено в таблиці 3.1, а графічна залежність на рисунку 3.3.

Таблиця 3.1

Результати експериментів різання етикетки марки ПВХ

№ дослідів	Температура мастила в барабані, °С	Кількість бракованих зрізів на 1000 пляшок різної ємності			
		0,5л	1л	1,5л	2л
1	15	7	9	9	12
2	20	6	7	7	10
3	25	4	5	6	7
4	30	2	3	4	4
5	35	1	3	3	3
6	40	3	4	5	5
7	45	4	5	6	7

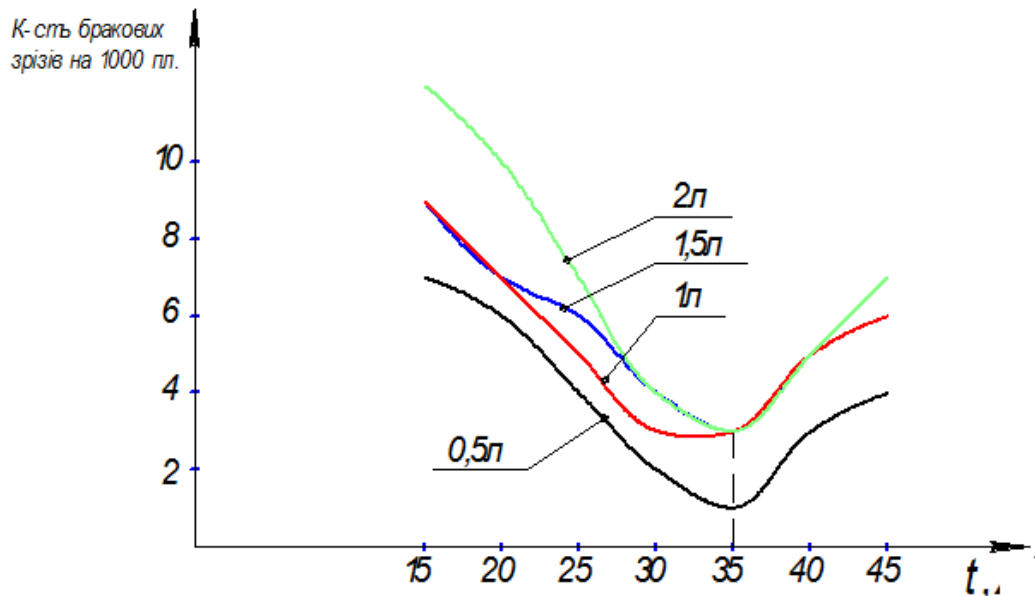


Рис.3.3 Залежність кількості дефектних етикеток від температури для пляшок різної місткості.

У другій частині дослідів визначено, що оптимальна температура різання для PETG становить близько 30 °C для пляшок 1–2 л, тоді як для пляшки місткістю 0,5 л оптимальною є температура 35 °C. Результати наведено в таблиці 3.2 та на рисунку 3.4.

Таблиця 3.2

Результати експериментів різання етикетки марки PETG

№ досліду	Температура мастила в барабані, °C	Кількість бракованих зрізів на 1000 пляшок різної ємності			
		0,5л	1л	1,5л	2л
1	15	6	7	8	9
2	20	4	6	7	8
3	25	3	5	6	7
4	30	3	4	4	5
5	35	2	5	5	6
6	40	3	5	5	7
7	45	4	6	7	8

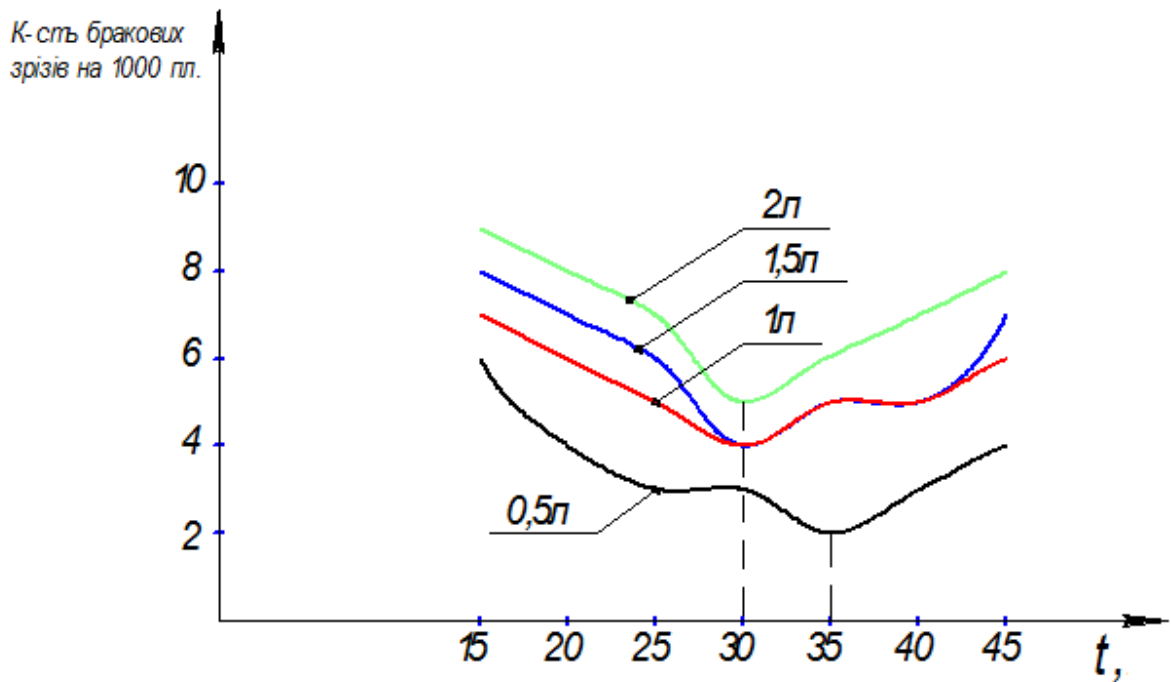


Рис. 3.4. Залежність кількості бракованих етикеток від температури для пляшок різної ємності

У третій частині дослідів для матеріалу OPS встановлено, що найкраща якість різання досягається при температурі близько 40 °С для всіх досліджених типів тари. Дані представлено в таблиці 3.3 та на рис. 3.5.

Таблиця 3.3

Результати експериментів різання етикетки марки OPS

№ досліду	Температура мастила в барабані, °С	Кількість бракових зрізів на 1000 пляшок різної ємності			
		0,5л	1л	1,5л	2л
1	15	4	5	6	6
2	20	3	4	5	5
3	25	2	3	4	4
4	30	2	3	3	4
5	35	2	2	3	3
6	40	1	2	2	2
7	45	2	3	3	4

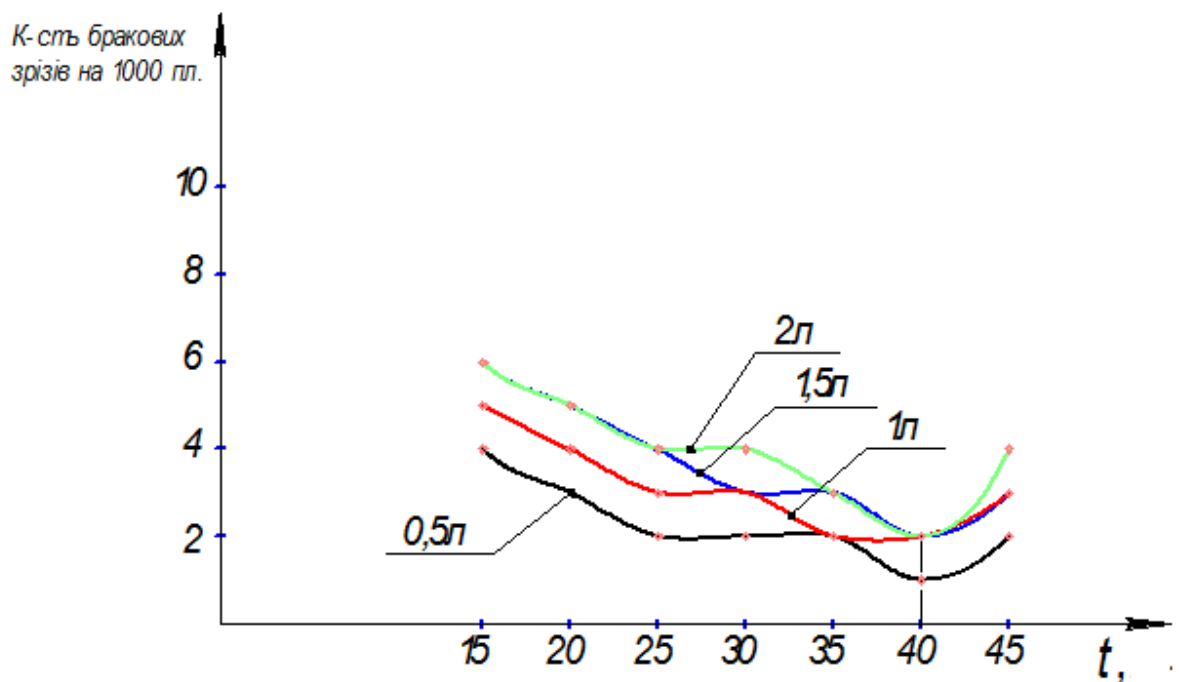


Рис. 3.5. Залежність кількості бракованих етикеток від температури для пляшок різної ємності

Узагальнюючи результати трьох серій досліджень, можна зробити висновок, що кожна марка етикетувального матеріалу має свій оптимальний температурний режим різання. Крім того, важливим чинником є ширина

етикетної стрічки: зі зменшенням її ширини кількість бракових зрізів зменшується незалежно від марки матеріалу. Це дозволяє коригувати режими роботи ріжучого вузла залежно від типу продукції та умов роботи етикетувальної лінії.

Висновки до розділу 3

У результаті проведених експериментальних досліджень процесу різання рулонних етикетувальних матеріалів на модернізованій етикетувальній машині KHS RF 25 було отримано низку науково-практичних результатів.

1. Встановлено, що температура різання є одним із ключових параметрів, які визначають якість зрізу етикетки. Зміна температурного режиму безпосередньо впливає на формування зрізу та кількість дефектних етикеток.

2. Доведено, що кожен тип етикетувального матеріалу (ПВХ, PETG, OPS) має власний оптимальний температурний режим. Для ПВХ найкращою є температура 35 °С, для PETG 30–35 °С залежно від ширини стрічки, а для OPS близько 40 °С.

3. Експериментально підтверджено, що ширина етикетної стрічки суттєво впливає на кількість бракових зрізів: при зменшенні ширини кількість дефектів зменшується для всіх досліджених матеріалів та об'ємів пляшок.

4. Модернізований ріжучий вузол, оснащений масляною камерою з нагрівальним елементом, забезпечує стабільність температурного режиму різання, що є критично важливим для термопластичних матеріалів і значно покращує якість зрізу.

РОЗДІЛ 4

РОЗРАХУНКОВА ЧАСТИНА

4.1. Технологічний розрахунок

Процеси, що протікають у етикувальних машинах, можна розділити на дві групи: процеси, що вимагають по технологічним міркуванням строго певної тривалості; процеси, які залежать від конструкції машини. До першої групи відносяться подача і відбір пляшок і наклеювання етикеток на пляшки. Тривалість цих процесів у секундах: подача пляшки - до 2,5; приклеювання етикетки - 1; відбір пляшки до 2,5.

Подача і відбір пляшок, а також наклеювання етикеток залежать від конструкції машини.

Теоретичну продуктивність етикувальної машини, вважаючи її тільки як транспортуючий пристрій, можна виразити таким чином:

$$P_m = 3600 \cdot u \cdot n = 3600 \cdot 360 \cdot 0.051 = 66000, \text{ пляшок на годину} \quad (4.1)$$

де u — кількість заходів;

n — число обертів ротора (рухомої верхньої частини) машини в секунду.

З формули (1) тривалість одного оберту ротора:

$$T = \frac{1}{n} = \frac{3600 \cdot u}{P_m} = \frac{3600 \cdot 360}{66000} \cong 0.051, \text{ сек} \quad (4.2)$$

Продуктивність машини виразимо як функцію тривалості основних процесів. Для цього складемо наступне співвідношення:

$$\frac{S'}{T'} = \frac{S}{T} = \frac{S \cdot P_m}{3600 \cdot u} \quad (4.3)$$

де S' — частина кругового шляху, який проходить пляшка в машині;

T' — час, необхідне для цих операцій;

S — довжина окружності;

T — тривалість одного оберту.

Із цього співвідношення теоретична продуктивність машини

$$\Pi_m = \frac{3600 \cdot S'}{T' \cdot S} \cdot u = \frac{3600 \cdot 3.25}{16 \cdot 3.6} \cdot 360 = 73125, \text{ пляшок у годину} \quad (4.4)$$

Час, необхідне для подачі пляшки, наклеювання етикетки, відбору :

$$T' = t_2 + t_4 + t_6 + t_8 = 2.5 + 1 + 10 + 2.5 = 16, \text{ сек.} \quad (4.5)$$

де t_2, t_4, t_6, t_8 — тривалість у секундах .

Круговий шлях, прохідний пляшкою в машині:

$$S' = S_2 + S_4 + S_6 + S_8 = 0.5 + 0.45 + 1.8 + 0.5 = 3.25, \text{ м} \quad (4.6)$$

де S_2, S_4, S_6 і S_8 — довжина ділянок кругового шляху, у м.

Тому що всі крапки на круговому шляху мають однакову швидкість, продуктивність машини можна виразити як залежність від тривалості кожного з перерахованих вище процесів, наприклад:

$$\Pi_m = \frac{3600}{t_6} \cdot \frac{S_6}{S} \cdot u = \frac{3600}{10} \cdot \frac{1.8}{3.6} \cdot 360 = 64800, \text{ пляшок у годину} \quad (4.7)$$

Дуги S і S_6 можна замінити відповідними числами:

$$S = u \cdot m = 360 \cdot 0.01 = 3.6, \text{ м}$$

$$S_6 = u_6 \cdot m = 180 \cdot 0.01 = 1.8, \text{ м}$$

де m — крок по дузі, у м;

i_6 — кількість одночасно працюючих.

Рівняння (4.7) можна переписати в такому виді:

$$\Pi_m = \frac{3600}{t_6} \cdot u_6 = \frac{3600}{10} \cdot 180 = 64800, \text{ пляшок у годину} \quad (4.8)$$

З рівнянь (4.7) і (4.8) видна пряма залежність продуктивності машини від числа етикетопереносчиків у барабані. Однак ця залежність зберігає своє значення тільки при постійній кутовій швидкості барабана, тобто при постійному числі обертів. Звичайно при конструюванні великих машин приймають більше високу кутову швидкість, чим для машин малих, щоб зменшити габарити машини. Більше того, етикувальні машини іноді

постачають варіаторами швидкості для можливості зміни темпу роботи, аналогічно нашому випадку.

Кількість етикетопереносчиків, необхідних для кожної зони, можна знайти з рівняння:

$$u_6 = \dot{I}_\delta \cdot \frac{t_6}{3600} = 64800 \cdot \frac{10}{3600} = 180, \text{шт.} \quad (4.9)$$

Очевидно, що це рівняння також варто застосовувати при строго певних умовах. Умовою, що забезпечує повне завантаження столиків і відсутність холостого пробігу їх при заданій окружній швидкості ω , буде наступна рівність:

$$t_6 = \frac{S_6}{\omega} = \frac{u_6 \cdot m}{\omega} = \frac{1.8}{0.18} = 10, \text{сек.} \quad (4.10)$$

звідки кількість для кожної зони:

$$u_6 = \frac{t_6 \cdot \omega}{m} = \frac{10 \cdot 0.18}{0.01} = 180, \text{шт.} \quad (4.11)$$

За допомогою рівнянь (4.9) і (4.11) можемо визначити число для всіх секторів циклограми. Процеси в які обумовлені часом , і підібрати оптимальні значення кроку m і швидкості ω . Повна довжина окружності барабану

$$\begin{aligned} S &= S_1 + S_2 + S_3 + S_4 + S_5 + S_6 + S_7 + S_8 = \\ &= S' + S_1 + S_3 + S_5 + S_7 = 3.25 + 0.35 = 3.6\text{м,} \end{aligned} \quad (4.12)$$

де S_1, S_3, S_5 і S_7 — довжина шляху в секторах із процесами, що не залежать від часу й швидкості обертання барабану.

Однієї з характеристик етикувальної машини є відношення кількості етикетопереносчиків, що працюють на наклеювання етикеток , до загального їхнього числа. Це відношення називають коефіцієнтом корисної дії по наклеюванню:

$$\eta = \frac{u_6}{u} = \frac{S_6}{S} = \frac{180}{360} = \frac{1.8}{3.6} = 0.5 \quad (4.13)$$

Як видно, цей коефіцієнт підвищується зі збільшенням продуктивності машини по штучній продукції.

4.2. Визначення геометричних і кінематичних параметрів робочих органів вузла завантаження – розвантаження.

4.2.1. Вибір ланцюга

Відстань між напрямними задана і дорівнює $l = 203 \text{ мм}$.

Орієнтовна між осьова відстань між зірочками привідного конвеєра $L_0 \leq 2 \text{ м}$ (з конструктивних міркувань)

Попередньо підбираємо ланцюг, виходячи з умови, що напрямні 2 закріплені на певних ланках ланцюга. Конструктивно приймаємо ланцюг ПР – 25.4 – 5670, тому що $\frac{l}{t} = \frac{203}{25.4} = 8$. Тобто напрямні повинні бути закріплені на кожній восьмій ланці ланцюга. Тоді загальна довжина ланцюга в кроках повинна бути кратною 8.

З конструктивних міркувань обираємо зірочку з параметрами:

$$t = 25.4 \text{ мм}; z = 32; d_0 = 194.15 \text{ мм}$$

Розраховуємо максимальну довжину ланцюга:

$$L_{\max} \leq 2 \cdot L_0 + d_0 = 2 \cdot 2000 + 194.15 = 4194.15 \text{ мм}$$

Кількість ланок:

$$n_l = \frac{L_{\max}}{t} = \frac{4194.15}{25.4} = 165.12$$

Приймаємо $n_l = 160$.

Кількість прикріплених напрямних (кількість секцій для пляшки):

$$n_c = \frac{160}{8} = 20$$

Тоді розрахункова довжина ланцюга:

$$L_l = n_c \cdot 8 \cdot t = 20 \cdot 8 \cdot 25.4 = 4064 \text{ мм}$$

Міжцентрова відстань між зірочками конвеєра:

$$a = \frac{L_l - d_0}{2} = \frac{4064 - 194.15}{2} = 1935 \text{ мм}$$

Для подальшого розрахунку необхідно розрахувати масу 1м ланцюга з навареними на нього напрямними:

$$q = \frac{m}{L_a} = \frac{q \cdot L_a + m_H \cdot n_c}{L_a} = \frac{2.6 \cdot 4.064 + 0.15 \cdot 20}{4.064} = 3.34 \text{ кг}$$

4.2.2. Тяговий розрахунок ланцюга

Тяговий розрахунок ланцюга виконуємо методом обігу контуру, починаючи з точки мінімального натягу ланцюга (точка 1 на Рис. 6.2.)

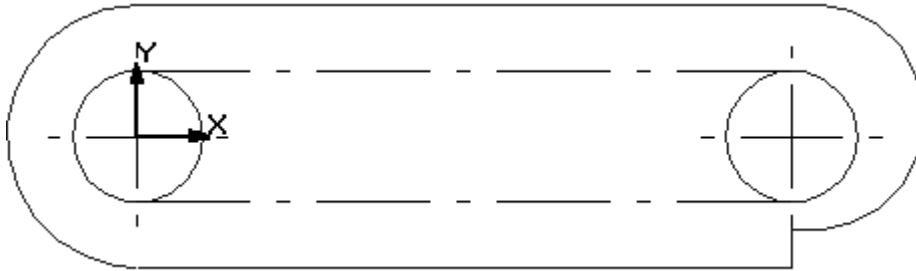


Рис. 6.2. Етюра навантажень

Величиною найменшого натягу задаємося:

$$S_{min} = 200 \text{ (H)}$$

$$S_1 = S_{min} = 200 \text{ (H)}$$

Натяг ланцюга в точці 2:

$$S_2 = S_1 + W_{1-2} = S_1 + q \cdot d \cdot a \cdot \omega = 200 + 3.34 \cdot 9.81 \cdot 1.935 \cdot 0.03 = 201.9 \text{ H}$$

де $\omega = 0.02 \dots 0.03$

Натяг ланцюга в точці 3:

$$S_3 = 1.05 \cdot S_2 = 1.05 \cdot 201.9 = 212 \text{ H}$$

Натяг ланцюга в точці 4:

$$S_4 = S_3 + q \cdot d \cdot a \cdot \omega = 212 + 3.34 \cdot 9.81 \cdot 1.935 \cdot 0.03 = 213.9 \text{ H}$$

Сила тертя при переміщенні пляшок:

$$F_{mp} = m \cdot g \cdot f_{mp} \cdot n_m = 1.75 \cdot 9.81 \cdot 0.3 \cdot 10 = 51.5 \text{ H}$$

де $m = 1.75 \text{ кг}$ – маса заповненої пляшки;

$f_{mp} = 0.3$ – коефіцієнт тертя.

Тягове зусилля ланцюга: $W_T = S_4 - S_1 = 213.9 - 200 = 13.9 \text{ H}$

Сумарне зусилля ланцюга: $W_{сум} = W_T + F_{mp} = 13.9 + 51.5 = 65.4 \text{ H}$

4.2.3. Розрахунок ланцюгової передачі

Попередньо вибраний ланцюг ПР – 25.4 – 5670, у якого $Q_{розр} = 56700 \text{ Н}$; $S_{on} = 179.7 \text{ мм}^2$; $q = 2.6 \text{ кг}$ – маса 1м ланцюга.

Допустимий питомий тиск в шарнірах $[p] = 35 \text{ Мпа}$

Число зубців зірочки $z = 32$

Розрахунковий крок ланцюга:

$$t = 183 \cdot \sqrt[3]{\frac{N \cdot k_e \cdot 10}{S \cdot [p] \cdot z_1 \cdot n \cdot k_m}} = 183 \cdot \sqrt[3]{\frac{0.025 \cdot 1.0 \cdot 10}{0.28 \cdot 35 \cdot 32 \cdot 28 \cdot 1.0}} = 5.59 \text{ мм}$$

Перевіряємо умову $n_1 \leq n_{1 \max}$. При $t = 25.4 \text{ мм}$ $n_{1 \max} = 800 \text{ об/хв}$.

Отже, умова виконується.

Колова швидкість ланцюга:

$$V = \frac{z_2 \cdot n_2 \cdot t}{60 \cdot 1000} = \frac{32 \cdot 28 \cdot 25.4}{6 \cdot 10^4} = 0.38 \text{ м/с}$$

Колове зусилля, що передається ланцюгом:

$$F_t = \frac{1000 \cdot N}{V} = \frac{1000 \cdot 0.025}{0.38} = 65.8 \text{ Н}$$

Середній питомий тиск в шарнірах:

$$P = \frac{F_t}{S_{on}} = \frac{65.8}{179.7} = 0.37 \text{ МПа}, \text{ що менше допустимого } [P] = 35 \text{ МПа}.$$

Термін служби ланцюга:

$$T = 5200 \cdot \frac{\Delta t \cdot k_{зм} \cdot \sqrt{z} \cdot \sqrt[3]{a_t \cdot u}}{P \cdot \sqrt[3]{V} \cdot k_e},$$

де $\Delta t = 3\%$ - допустиме збільшення кроку ланцюга;

$$k_{зм} = \frac{k_{с.з.}}{\sqrt{V}} = \frac{1.4}{\sqrt{0.38}} = 2.27 - \text{ коефіцієнт змащування};$$

де $k_{с.з.} = 1.4$ – коефіцієнт, що враховує спосіб змащування;

$$a_t = \frac{a}{t} = \frac{1935}{25.4} = 76.18 - \text{ між центрова відстань виражена в кроках}.$$

Тоді

$$T = 5200 \cdot \frac{3 \cdot 2.27 \cdot \sqrt{32} \cdot \sqrt[3]{76.18 \cdot 1}}{0.37 \cdot \sqrt[3]{0.38} \cdot 1.0} = 317075(\text{год})$$

4.2.4. Розрахунок навантажень ланцюгової передачі

Натяг від провисання веденої гілки від власної маси:

$$F_f = k_f \cdot g \cdot q \cdot a = 6 \cdot 9.81 \cdot 2.6 \cdot 1.935 = 296.1 \text{ Н}$$

де $k_f = 6$ – коефіцієнт провисання для горизонтальної передачі;

$q = 2.6 \text{ кг}$ – маса 1 м ланцюга;

$g = 9.81 \text{ м/с}^2$ – прискорення вільного падіння;

$a = 1.935 \text{ м}$ – між центрова відстань.

Натяг від відцентрових сил при швидкості $V \leq 12 \text{ м/с}$ не враховується.

Колове зусилля $F_t = 65.8 \text{ Н}$

Сумарний натяг ведучої гілки:

$$F_{\sum \text{вед}} = F_f + F_t \cdot k_1 = 296.1 + 65.8 \cdot 1.5 = 394.8 \text{ Н}$$

де $k_1 = 1.5$ – коефіцієнт, що враховує характер навантаження, що передається.

Навантаження, що діє на вал:

$$R \cong (1.15 \dots 1.2) \cdot F_t = 1.2 \cdot 65.8 = 79 \text{ Н}$$

Перевіряємо ланцюг по запасу міцності:

$$n = \frac{Q_{\text{роз}}}{F_{\sum \text{вед}}} = \frac{56700}{394.8} = 143.6, \text{ що більше допустимого } [n] = 6.$$

4.3. Вибір електродвигуна

Визначаємо швидкість переміщення завантажувального конвеєра:

$$v = \frac{360 \cdot l}{T_n} = \frac{360 \cdot 0.203}{3} = 24.36 \text{ м/с}$$

де $T_n = 3 \text{ с}$ – час на підведення – відведення пляшок

Розраховуємо потужність на валу 2 за формулою:

$$N_2 = \frac{W_{\text{н\ddot{o}e}} \cdot v}{1000 \cdot \eta} = \frac{65.4 \cdot 24.36}{1000 \cdot 0.8} = 18,33 \text{ кВт}$$

Визначаємо частоту обертання на валу:

$$n = \frac{30 \cdot \omega}{\pi} = \frac{60 \cdot v}{\pi \cdot d} = \frac{60 \cdot 24.36}{3.14 \cdot 0.25} = 968 \text{ об/хв}$$

де $\omega = \frac{2 \cdot v}{d}$ - кутова швидкість.

Вибираємо двигун марки 4А – 180 – 160 – М6 – УЗ, у якого $n = 975 \text{ об/хв.}$; $N = 18,5 \text{ кВт}$

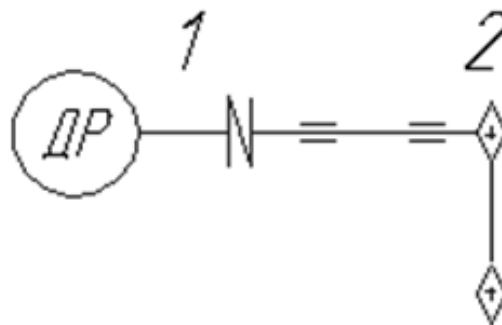


Рис.4.1 Кінематична схема привода

$$n_2 = n_1 = 975 \text{ об/хв.}$$

Потужність на валу 2 розрахована раніше $N_2 = 18,33 \text{ кВт}$

Крутний момент:

$$T_2 = 9550 \cdot \frac{N_2}{n_2} = 9550 \cdot \frac{18.33}{975} = 179.54 \text{ Нм}$$

4.4. Розрахунок вала

Оскільки ланцюгова передача розташована в горизонтальній площині, то розрахунок її ведемо тільки в цій площині.

Навантаження на вал від ланцюга $R = 790 \text{ Н}$

Крутний момент $T_{кр} = 853 \text{ Нм}$

Умова рівноваги відносно опори А

$$\sum M_A = 0$$

$$R \cdot a - R_B \cdot \varrho = 0$$

$$R_B = \frac{R \cdot a}{\varrho} = \frac{790 \cdot 0.055}{0.06} = 724 \text{ Н}$$

Умова рівноваги відносно опори В

$$\sum M_B = 0$$

$$R \cdot (a + \hat{\varrho}) - R_A \cdot \varrho = 0$$

$$R_B = \frac{R \cdot (a + \hat{\varrho})}{\hat{\varrho}} = \frac{790 \cdot (0.055 + 0.06)}{0.06} = 1514 \text{ Н}$$

Перевіряємо правильність знайдених величин реакцій в опорах.

$$-R_A + R + R_B = 0$$

$$-1514 + 790 + 724 = 0$$

Розраховуємо моменти згину:

$$M_1 = R \cdot a = 790 \cdot 0.055 = 435 \text{ Нм}$$

$$M_2 = R \cdot (a + \varrho) - R_A \cdot \varrho = 790 \cdot (0.055 + 0.06) - 1514 \cdot 0.06 = 0$$

Привідний момент: $M_{пр} = \sqrt{M_{зг}^2 + (0.75 \cdot T_{кр})^2}$

$$M_{пр}^0 = \sqrt{0 + (0.75 \cdot 853)^2} = 640 \text{ Нм}$$

$$M_{\bar{y}}^1 = \sqrt{4.35^2 + (0.75 \cdot 853)^2} = 784 \text{ Нм}$$

$$M_{\bar{y}}^2 = \sqrt{0 + (0.75 \cdot 853)^2} = 640 \text{ Нм}$$

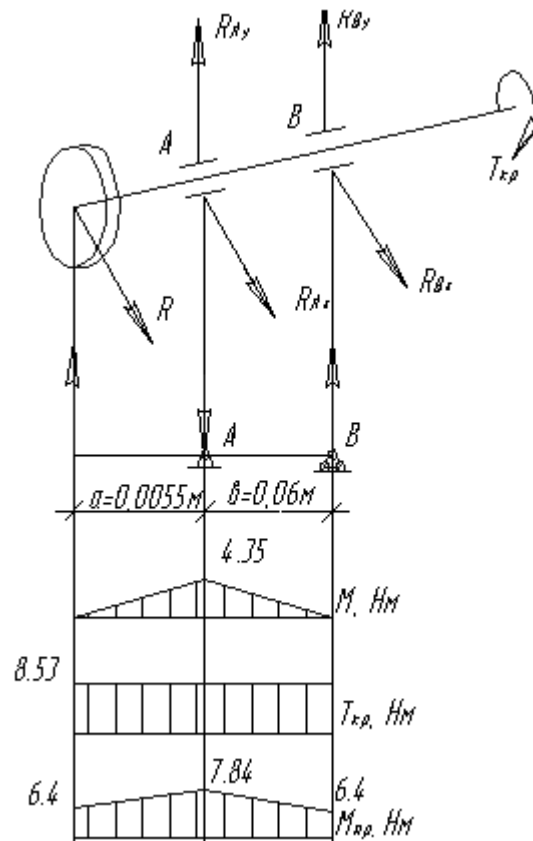


Рис. 4.2 Епюри навантаження на вал

Діаметр валу в небезпечному перерізі:

$$d = \sqrt[3]{\frac{M_{np}}{0.1 \cdot [\sigma]}} = \sqrt[3]{\frac{784}{0.1 \cdot 6 \cdot 10^7}} = 0.045 \text{ м}$$

де $[\sigma] = 6 \cdot 10^7 \text{ Н/м}^2$ – допустиме напруження для сталі 40Х.

Приймаємо $d_1 = d_2 = 50 \text{ мм}$ – діаметр під підшипниками

$$d_0 = \sqrt[3]{\frac{640}{0.1 \cdot 6 \cdot 10^7}} = 0.043 \text{ м}$$

Приймаємо $d_0 = 46 \text{ мм}$ – діаметр валу під зірочкою.

4.4.1. Перевірочний розрахунок вала

Матеріал вала – Ст40Х

$$\sigma_B = 1000 \text{ МПа}$$

$$\sigma_{-1} = 450 \text{ МПа}$$

$$\tau_{-1} = 250 \text{ МПа}$$

$$\psi_\sigma = 0.15; \psi_\tau = 0.1$$

Сумарний момент згину $M_{3z} = 4.35 \text{ Нм}$

Крутний момент $T_{кр} = 8.53 \text{ Нм}$

Допустимий момент витривалості $[n] = 1.8$

Масштабний коефіцієнт при згині і крученні для вала із сталі Ст40Х і $d = 35 \text{ мм}$: $\xi_\tau = 0.9; \xi_\sigma = 0.9$

Коефіцієнти стану поверхні: $k_\sigma^n = k_\tau^n = 1.8; k_\tau = 1.5; k_\sigma = 1.7$

Ефективні коефіцієнти концентрації напружень:

$$K\sigma_d = \frac{k_\sigma + k_\sigma^n - 1}{\xi_\sigma} = \frac{1.7 + 1.18 - 1}{0.9} = 2.07$$

$$K\tau_d = \frac{k_\tau + k_\tau^n - 1}{\xi_\tau} = \frac{1.5 + 1.18 - 1}{0.8} = 2.1$$

Визначаємо ефективні коефіцієнти концентрації напружень при згині і крученні вала при $\sigma_B = 1000 \text{ МПа}$ і $d = 35 \text{ мм}$.: $K\sigma_d = 2.70; K\tau_d = 2.1$

Визначаємо запас міцності для нормальних напружень:

$$n_\sigma = \frac{\sigma_{-1}}{K\sigma_d \cdot \sigma_a + \psi_\sigma \cdot \sigma_m} = \frac{450}{2.07 \cdot 1.034 + 0.15 \cdot 0} = 210$$

де $\sigma_a = \frac{M_{3z}}{W_0} = \frac{4.35 \cdot 10^3}{4207} = 1.034 \text{ Па}$ - амплітуда номінальних напружень згину;

де $W_0 = 4207 \text{ мм}^3$ – осьовий момент опору; $\sigma_m = 0$

Знаходимо запас міцності для дотичних напружень. Знаходимо полярний момент опору при $d = 35\text{мм}$, $W_p = 7913\text{мм}^3$.

Напруження кручення:

$$\tau = \frac{T_{кр}}{W_p} = \frac{8.53 \cdot 10^3}{7913} = 1.08\text{Па}$$

Амплітуда і середнє значення номінальних напружень кручення:

$$\tau_a = \tau_m = \frac{\tau}{2} = \frac{1.08}{2} = 0.54\text{Па}$$

Запас міцності для дотичних напружень:

$$n_\tau = \frac{\tau_{-1}}{K\tau_d \cdot \tau_a + \psi_\tau \cdot \tau_m} = \frac{250}{2.1 \cdot 0.54 + 0.1 \cdot 0.54} = 210.6$$

Загальний запас міцності в перерізі:

$$n = \frac{n_\sigma \cdot n_\tau}{\sqrt{n_\tau^2 + n_\sigma^2}} = \frac{210 \cdot 210.6}{\sqrt{210.6^2 + 210^2}} = 148 > [n] = 1.8$$

Таким чином, перевірка довела, що умови міцності виконуються.

4.5. Розрахунок шпонкових з'єднань

Найбільш небезпечною деформацією для шпонки є зминання від крутного моменту T :

$$\sigma_{зм} = \frac{2 \cdot T}{d \cdot l_p \cdot (h - t_1)} \leq [\sigma]_{зм}$$

За ГОСТ 23360-78 для $d_l = 46\text{мм}$ вибираємо шпонку $v \times h = 8 \times 10$

$$d_l = 46\text{мм} \quad T = 853\text{Нм}$$

$$t_1 = 6\text{мм} \quad l_p = 50\text{мм}$$

$$v = 8\text{мм} \quad h = 9\text{мм}$$

$$[\sigma]_{зм} = 150\text{МПа}$$

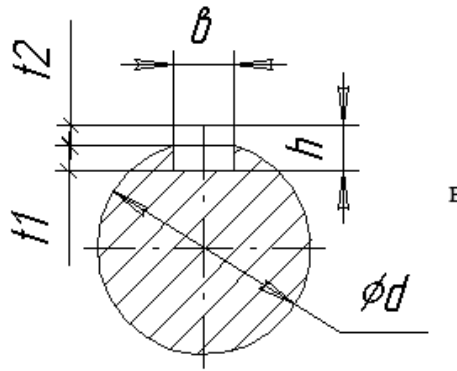


Рис.4.4 Ескіз шпонки

$$\sigma_{зм} = \frac{2 \cdot 853 \cdot 10^3}{46 \cdot 50 \cdot (7-4)} = 91 \text{ МПа} \leq [\sigma]_{зм} = 150 \text{ МПа}$$

За ГОСТ 23360-78 для $d_2 = 52 \text{ мм}$ вибираємо шпонку $b \times h = 8 \times 10$.

$$d_1 = 52 \text{ мм}; t_1 = 4 \text{ мм}; l_p = 45 \text{ мм}; b = 8 \text{ мм}; h = 10 \text{ мм}; [\sigma]_{зм} = 150 \text{ МПа}$$

Перевірочний розрахунок шпонок на зріз.

$$\tau_{зр} = \frac{F_{зр}}{S_{зр}} \leq [\tau]_{зр}; \quad \tau_{зр} = \frac{2 \cdot T}{d_s \cdot b \cdot l}$$

$$\tau_{зр1} = \frac{2 \cdot 853 \cdot 10^3}{46 \cdot 8 \cdot 50} = 341 \text{ МПа} < 150 \text{ МПа}$$

$$\tau_{зр2} = \frac{2 \cdot 853 \cdot 10^3}{52 \cdot 8 \cdot 45} = 190 \text{ МПа} < 150 \text{ МПа}$$

4.6. Вибір підшипників

Попередньо вибираємо радіально-упорний кульковий підшипник за ГОСТ 831-75 легкої серії №36207

$$d = 50 \text{ мм}$$

$$D = 72 \text{ мм}$$

$$b = 23 \text{ мм}$$

Виконуємо перевірку вибраного підшипника за динамічною вантажопідйомністю

Номінальна довговічність підшипника в млн. обертів:

$$L = \left(\frac{C}{P} \right)^p$$

де $C = 2400 \text{ кгс} = 23544 \text{ Н}$ – каталожна динамічна вантажопідйомність підшипника №36207;

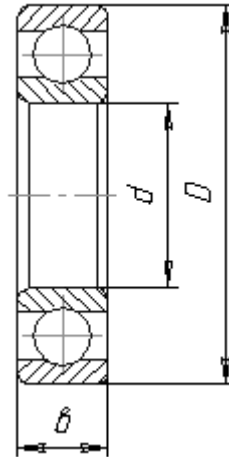


Рис. 4.4 Конструкція підшипника кочення

P – еквівалентне розрахункове навантаження на підшипник;

p – степеневий показник для кулькових підшипників, $p = 3$

Радіальне навантаження на підшипник $F_p = R_A = 151.4 \text{ Н}$

Еквівалентне радіальне навантаження:

$$P_e = (x \cdot v \cdot F_p + y \cdot F_a) \cdot k_\sigma \cdot k_\tau$$

де $F_a = 0$ – осьове навантаження;

$x = 1$ – коефіцієнт радіального навантаження;

$y = 0$ – коефіцієнт осьового навантаження;

$v = 1$ – коефіцієнт обертання;

$k_\sigma = 1$ – коефіцієнт безпеки;

$k_\tau = 1.05$ – температурний коефіцієнт.

При $n = 28 \text{ об/хв.}$ і $L_h = 20000 \text{ год}$ (розрахункова довговічність)
знаходимо відношення $\frac{C}{P}$, враховуючи, що $L_h = \frac{10^6 \cdot L}{60 \cdot n}$

$$\text{Тоді } L = \frac{60 \cdot n \cdot L_h}{10^6} = \frac{60 \cdot 28 \cdot 20000}{10^6} = 33.6$$

$$\text{Звідси } \frac{C}{P_e} = \sqrt[3]{L} = \sqrt[3]{33.6} = 3.23$$

Отже $C = 3.23 \cdot P_e = 3.23 \cdot 159 = 513 \text{ Н}$, що менше $C = 23544 \text{ Н}$

Тому залишаємо обраний підшипник.

4.7. Вибір і розрахунок вакуумбарабану

Приймаємо коефіцієнт витрат $J_1 = 0.2$

Маса пляшки $m_n = 0.045 \text{ кг}$

Маса двох змонтованих підйомних столиків $m_{cm} = 4 \text{ кг}$

Загальна маса $P = 2m_n + m_{cm} = 2 \cdot 0.045 + 4 = 4.09 \text{ кг}$

Визначаємо безрозмірне навантаження на привід:

$$X = \frac{1.27 \cdot P}{P_m \cdot D^2} = \frac{1.27 \cdot 40.9}{4 \cdot 10^4 \cdot 0.05^2} = 0.519$$

Знаходимо безрозмірний конструктивний параметр:

$$N = \frac{275.14 \cdot (J_1 \cdot d_1^2)}{D^2 \cdot \sqrt{\frac{P}{P_m \cdot e^2}}} = \frac{275.14 \cdot (0.2 \cdot 0.008^2)}{0.05^2 \cdot \sqrt{\frac{40.9}{4 \cdot 10^4 \cdot 0.13^2}}} = 5.76$$

Визначаємо коефіцієнт пропускної здатності вихлопної лінії:

$$\Omega = 1. \text{ Тоді } \sigma_{II} = \frac{P_{II}}{P_m} = \frac{1 \cdot 10^4}{4 \cdot 10^4} = 0.25$$

За номограмою при $X = 0.519$ і $N = 5.76$ знаходимо безрозмірний час спрацювання $\tau = 6.3$

За формулою переходу знаходимо дійсний час спрацювання

$$t_1 = \frac{1.31 \cdot 10^{-3} \cdot (e \cdot D^2 \cdot \tau)}{J_1 \cdot d_1^2} = \frac{1.31 \cdot 10^{-3} \cdot 0.13 \cdot 0.05^2 \cdot 6.3}{0.2 \cdot 0.008^2} = 0.21 \text{с}$$

Розраховуємо час опускання, приймаючи до уваги, що маса вантажу змінилась.

$$P_1 = P + m_{pid} = 4.09 + 3 = 7.09 \text{кГ}$$

$$X = \frac{1.27 \cdot P}{P_{np} \cdot D^2} = \frac{1.27 \cdot 70.9}{4 \cdot 10^4 \cdot 0.05^2} = 0.9$$

$P_{np} = 40000 \text{Н/м}^2$ – жорсткість пружини зворотного ходу.

$$N = \frac{275.14 \cdot (J_1 \cdot d_1^2)}{D^2 \cdot \sqrt{\frac{P}{P_{np} \cdot e^2}}} = \frac{275.14 \cdot (0.2 \cdot 0.008^2)}{0.05^2 \cdot \sqrt{\frac{70.9}{4 \cdot 10^4 \cdot 0.13^2}}} = 4.37$$

$$\Omega = 1; \quad \sigma_{II} = \frac{P_n}{P_{np}} = \frac{1 \cdot 10^4}{4 \cdot 10^4} = 0.25 \quad \text{і} \quad \tau = 7.4$$

$$\text{Тоді } t_2 = \frac{1.31 \cdot 10^{-3} \cdot (e \cdot D^2 \cdot \tau)}{J_1 \cdot d_1} = \frac{1.31 \cdot 10^{-3} \cdot (0.13 \cdot 0.05^2 \cdot 7.4)}{0.2 \cdot 0.008^2} = 0.245 \text{с}$$

Визначаємо час підготовчого періоду спрацювання.

Приймаємо довжину $l_T = 1.5 \text{м}$

Визначаємо час розподілу хвилі тиску:

$$t = \frac{l_T}{a} = \frac{1.5}{341} = 0.0043988 \text{с}$$

де $a = 341 \text{м/с}$ – швидкість руху повітря в магістралі.

Знаходимо початковий обсяг робочої порожнини:

$$V_p = V' + \left(\frac{\pi \cdot d_T^2}{4} \right) \cdot l_T = 1.79 \cdot 10^{-5} + \left(\frac{3.14 \cdot 0.008^2}{4} \right) \cdot 1.5 = 9.32 \cdot 10^{-5} \text{м}^3$$

де $V' = 1.79 \cdot 10^{-5} \text{м}^3$ – обсяг;

$d_T = 0.008 \text{м}$ – діаметр трубопроводу підвідної магістралі.

Обсяг вихлопної порожнини в момент початку робочого ходу поршня:

$$V_{вих} = V' + \frac{\pi}{4} \cdot (D^2 + d_{ум}^2) = 1.79 \cdot 10^{-5} + \frac{3.14}{4} \cdot (0.05^2 + 0.016^2) = 1.78 \cdot 10^{-3} \text{ м}^3$$

де $D = 0.05 \text{ м}$

$d_{ум} = 0.016 \text{ м}$

Знаходимо значення відносних тисків σ''_{δ} і $\sigma''_{\delta\delta}$:

$$v = \frac{(V_p \cdot J_1)}{(V_{вих} \cdot J_2)} = \frac{9.32 \cdot 10^{-5} \cdot 0.2}{1.78 \cdot 10^{-3} \cdot 0.2} = 0.052$$

де $J_1 = J_2 = 0.2$ – коефіцієнт витрат підвідної і відвідної магістралей

$$\text{Коефіцієнт: } \Pi_{21}^F = \frac{D^2 - d_{ум}^2}{D^2} = \frac{0.05^2 - 0.016^2}{0.05^2} = 0.897$$

За номограмою для $X = 0.519$ і $v = 0.052$, $\sigma''_{\delta} = 0.97$, $\sigma''_{\delta\delta} = 0.34$

Тоді значення відносних тисків:

$$\begin{aligned} \sigma_{\delta} &= \sigma''_{\delta} - 0.5 \cdot (1 - \Pi_{21}^F) = 0.97 - 0.5 \cdot (1 - 0.897) = 0.9185 \\ \sigma_{\delta\delta} &= \sigma''_{\delta\delta} - 0.1 \cdot (1 - \Pi_{21}^F) = 0.34 - 0.1 \cdot (1 - 0.897) = 0.329 \end{aligned}$$

РОЗДІЛ 5

ТЕХНОЛОГІЯ МАШИНОБУДУВАННЯ

5.1. Розроблення технологічного процесу складання пневматичного циліндра

Для відкриття і закриття клапанів верхнього та нижнього завантажувальних отворів в модернізованому завантажувально-розподільному пристрої застосовуються пневмоциліндри. До їх передніх та задніх кришок від повітророзподільного крана підходять шланги, які закінчуються штуцерами. По одному з них надходить стиснене повітря, а по другому – повітря випускається в атмосферу. Під дією стисненого повітря поршень зі штоком переміщується. Для запобігання витоку стисненого повітря передбачені гумові прокладки і манжети 7 та 16. Нерухомість всіх деталей забезпечується їх з'єднанням болтами 15, шпильками 10 і гайками 11.

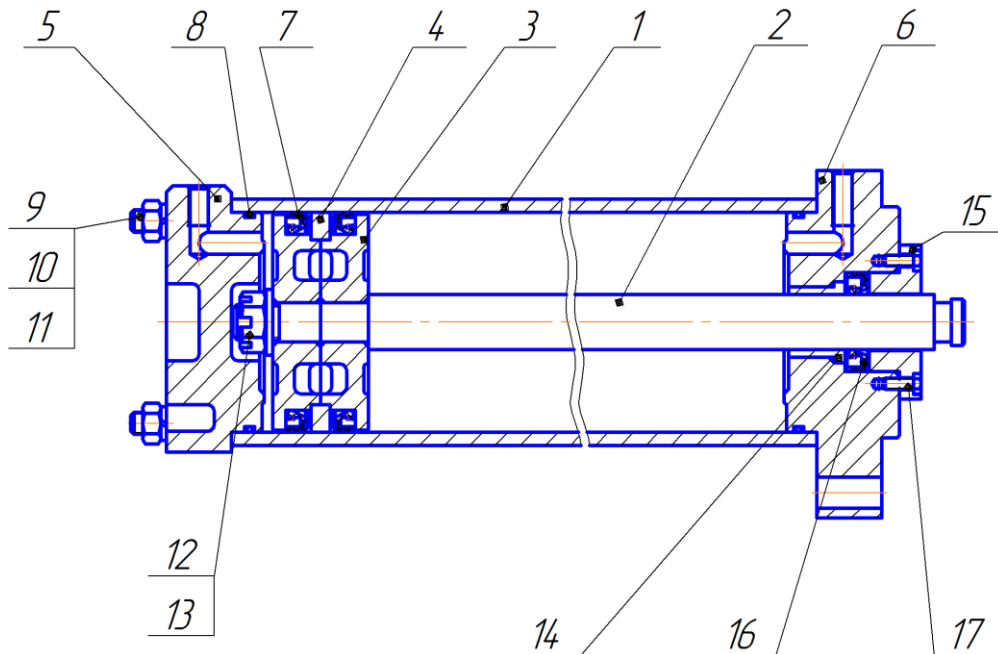


Рис. 5.1. Пневмоциліндр клапанів

Таблиця 5.1. Подетальний склад пневмоциліндра

Номер позиції	Назва деталі	Кількість деталей	Номер позиції	Назва деталі	Кількість деталей
---------------	--------------	-------------------	---------------	--------------	-------------------

деталі			деталі		
1	Корпус	1	10	Гайка М10×1,5	4
2	Шток	1	11	Шайба 10	4
3	Поршень	1	12	Гайка М16×1,5	1
4	Втулка	1	13	Шайба 16	1
5	Задня кришка	1	14	Втулка	1
6	Передня кришка	1	15	Кришка ущільююча	1
7	Манжета 1.1-80x105-1	2	16	Манжета 1.1-25x42-1	1
8	Кільце	2	17	Болт М5×14	4
9	Шпилька М10×42	8			

З аналізу конструкції пневмоциліндра (рис.5.1) необхідно виділити складальні одиниці 1-го порядку, а саме: Ск.1 – корпус, Ск.2 – поршень, Ск.3 – кришка передня, Ск.4 – кришка задня, а також окремі стандартні деталі – кільце 8, шайби 11 і гайки 10.

Схема складання пневмоциліндра представлена діаграмою на рис.5.2.

Вертикальні лінії зі стрілками показують послідовність складання окремих складальних одиниць, а горизонтальна лінія в центрі схеми – послідовність з'єднання складальних одиниць 1-го порядку за допомогою стандартних виробів. У прямокутниках розміщені найменування деталей і номери їхніх позицій на кресленні, а в прямокутниках з двома потовщеними лініями подано найменування складальних одиниць 1-го порядку. Застосовані також умовні позначення, що містять технологічні вказівки: Ст – складання на стенді; Вр – складання на верстаті; К – кантування; С – свердлильні роботи; Вив. – вивірка; Конт. – контроль; Вип. – випробування; Фар. – фарбування.

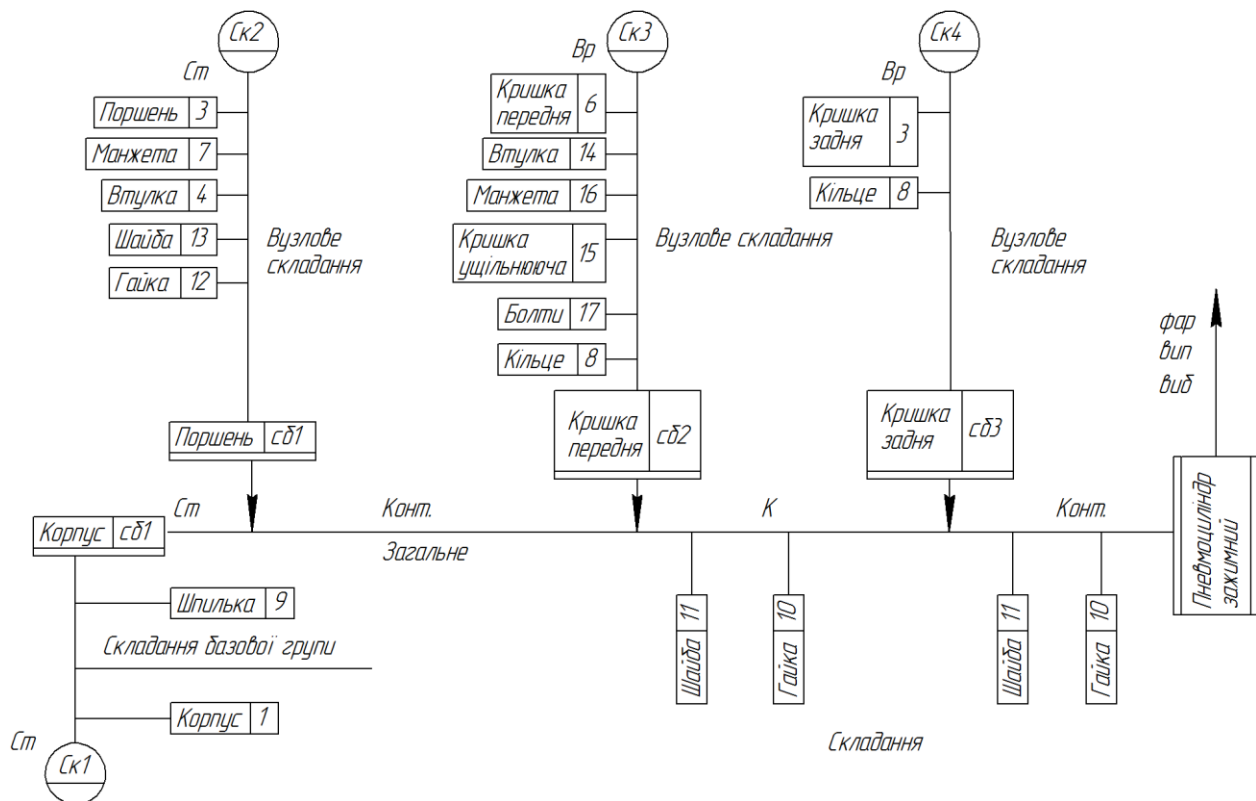


Рис. 5.2. Технологічна схема складання пневмоциліндра

Таблиця 5.2. Технологічний маршрут складання пневмоциліндра

№ операції	№ переходу, зміст переходу
10. Збирання корпусу (Ск. 1)	10.1. Установити корпус на складальному стенді й закріпити його 10.2. Очистити різьбові отвори від стружки 10.(3-6). Вкрутити шпильку М10×42 в отвір (з використанням шпильковерта) 10.7. Переустановити корпус і закріпити 10.(8-11). Вкрутити шпильку М10×42 в отвір (з використанням шпильковерта)
20. Збирання поршня (Ск. 2)	20.1. Установити поршень на складальному стенді і закріпити його 20.2. Очистити канавки поршня 20.3. Надіти манжету 1.1-80x105-1 на задню частину поршня

	<p>20.4. Надіти втулку на задню частину поршня</p> <p>20.5. Надіти манжету 1.1-80x105-1 на передню частину поршня</p> <p>20.6. З'єднати передню та задню частини поршня</p> <p>20.7. Встановити шток в поршень</p> <p>20.8. Встановити шайбу на шток</p> <p>20.9. Накрутити гайку M16 притримуючи шток від повертання</p> <p>20.10. Встановити складальний вузол «поршень Ск. 2» в «корпус Ск. 1».</p>
<p>30. Збирання передньої кришки</p>	<p>30.1 Установити передню кришку на складальному стенді і закріпити її</p> <p>30.2. Очистити отвір підведення стисненого повітря</p> <p>30.3. Очистити отвори для болтів від стружки</p> <p>30.4. Встановити втулку</p> <p>30.5. Встановити манжету 1.1-25×42-1</p> <p>30.6. Встановити ущільнюючу кришку</p> <p>30.7. Закрутити болт M5×14</p> <p>30.8. Встановити ущільнююче кільце</p> <p>30.9. Встановити складальний вузол «передня кришка Ск. 3» в «корпус Ск. 1».</p> <p>30.(10-13). Встановити шайби на шпильки</p> <p>30.(13-16). Накрутити гайки M10×1,5</p>
<p>40. Збирання задньої</p>	<p>40.1 Установити задню кришку на складальному стенді і закріпити її</p> <p>40.2. Очистити різьбові отвори та отвір підведення</p>

кришки	стисненого повітря від стружки 40.3. Встановити ущільнююче кільце 40.4.Встановити складальний вузол «задня кришка Ск. 4» в «корпус Ск. 1». 40.(5-8). Встановити шайби на шпильки 40.(9-12). Накрутити гайки M12×1,5
50. Контрольна	50.1. Проконтролювати роботу циліндра під тиском
60. Фарбування	60.1 Пофарбувати виріб
70. Консервація	70.1. Нанести захисне покриття

РОЗДІЛ 6

ПРИНЦИПИ АВТОМАТИЗОВАНОГО УПРАВЛІННЯ

ЕТИКЕТУВАЛЬНОЮ МАШИНОЮ KHS RF 25-25/120-12

6.1 Засоби автоматизації етикетувальної машини

Автоматизація етикетувальної машини KHS RF 25-25/120-12 є ключовим чинником забезпечення стабільної якості наклеювання плівкових етикеток, підвищення продуктивності лінії та зменшення впливу людського фактора. Для реалізації процесу етикетування система використовує комплекс синхронізованих механізмів та інтелектуальних засобів автоматичного контролю.

Основою роботи машини є принцип координованого руху всіх вузлів, зокрема транспортерів подачі пляшок, шнека орієнтації, вакуум-барабана, ріжучого вузла та клеєвого аплікатора. Синхронізація здійснюється через енкодери, фотосенсори та ПЛК, що дозволяє узгоджувати лінійну швидкість пляшок і швидкість стрічки. Такий підхід гарантує рівномірне наклеювання етикеток без зміщень.

Для ілюстрації загальної структури управління етикетувальною машиною наведено структурну схему автоматизації (рис. 6.1).



Рис. 6.1 Узагальнена структурна схема автоматизації етикетувальної машини рулонного типу

Система автоматизації забезпечує постійний контроль параметрів процесу, зокрема натягу етикетної стрічки, положення реєстраційної мітки, температури ріжучого вузла, тиску клею та рівня вакууму. Всі ці дані передаються до ПЛК, який коригує роботу виконавчих механізмів.

Особливе значення під час роботи машини має вакуум-барaban, що переносить етикетку та забезпечує її точне наклеювання на пляшку. Для забезпечення рівномірної якості зрізу плівкової етикетки ріжучий вузол обладнано нагрівальною камерою та сервоприводом. (рис. 5.2).



Рис. 6.2 Схема ріжучого вузла рулонної етикетувальної машини

Система керування машиною використовує принцип адаптивності, що полягає у здатності автоматично змінювати параметри залежно від характеристик етикетного матеріалу, температури ріжучого вузла та швидкості роботи лінії. Підтримання сталого натягу стрічки та рівномірної температури барабана забезпечує мінімальну кількість бракових зрізів.

У таблиці 6.1 наведено перелік основних засобів автоматизації, що використовуються в машині KHS RF 25-25/120-12.

Таблиця 6.1

Специфікація засобів автоматизації етикетувальної машини

Найменування	Тип	Примітка
Фото- та оптичні датчики	SME-3120-LPGD Banner Engineering	
ПЛК	Siemens S7-1200	Основний контролер машини
Панель оператора	Siemens KTP700	Візуалізація та керування
Енкодер синхронізації	Sick IFM	Привід вакуум-барабана
Сервопривід ріжучого вузла	KHS OEM	Позиціонування ножа
Датчик температури	PT-100	Контроль масла ріжучого вузла
Датчики вакууму	Festo	Контроль камери барабана
Датчик натягу стрічки	SICK	Стабілізація подачі плівки

Завдяки реалізації вищезазначених технічних рішень етикетувальна машина KHS RF 25-25/120-12 демонструє високу стабільність процесу, точність позиціонування етикетки та мінімальні втрати матеріалу. Автоматизована система управління дозволяє інтегрувати машину у виробничі лінії будь-якого рівня складності, забезпечуючи централізований контроль і діагностику в режимі реального часу.

6.2 Опис пульта керування етикетувальної машини

Пульт керування етикетувальною машиною призначений для оперативного керування основними технологічними вузлами, контролю стану машини, а також для запуску, зупинки та регулювання роботи вакуум-барабана і ріжучого вузла. Пульт розташований на передній панелі машини, має ергономічне

компонування та забезпечує інтуїтивно зрозумілий інтерфейс для оператора (рис.6.3).



Рис.6.3 Пульту керування етикетувальної машини

Панель містить світлову індикацію станів, кнопки управління та органи регулювання. Кожному елементу присвоєно цифрове позначення, що дозволяє легко здійснювати технічне обслуговування та проводити інструктаж персоналу.

. Призначення елементів керування:

Червона сигнальна лампа «Аварія». Світиться у разі виникнення аварійної ситуації: відсутність вакууму, обрив етикетної стрічки, перегрів ріжучого вузла, відмова приводу або зупинка за датчиком безпеки. Забороняє запуск машини до усунення несправності.

Зелена сигнальна лампа «Робота». Вмикається, коли машина працює у штатному режимі. Сигналізує, що вакуум-барабан, транспортер і ріжучий вузол синхронізовані та функціонують нормально.

Жовта сигнальна лампа «Попередження». Сповіщає про відхилення від оптимальних режимів (зниження вакууму, нестабільний натяг стрічки, зниження температури ріжучого вузла). Дає оператору час для корекції роботи до моменту зупинки машини.

Регулятор швидкості вакуум-барабана. Поворотний потенціометр, що дозволяє плавно регулювати швидкість обертання вакуум-барабана залежно від швидкості лінії або типу етикетки. Зміна швидкості дозволяє оптимізувати якість наклеювання.

Кнопка «Пуск». Запускає роботу машини після попередніх перевірок, якщо усі датчики в нормі. Активує синхронізацію транспортеру, барабана та ріжучого вузла.

Кнопка «Стоп». Зупиняє роботу машини у штатному режимі з дотриманням плавного гальмування приводу, що необхідно для уникнення пошкодження етикетної стрічки.

Тумблер активації ріжучого вузла. Перемикає ріжучий механізм у режими: «Вимкнено» механізм не працює, виконуються сервісні операції; «Ввімкнено» запускає цикл різання етикетки.

Тумблер активації транспортерної подачі пляшок Увімкнення/вимкнення приводу конвеєра. Дозволяє проводити роботи із очищення і техобслуговування без активації всієї машини.

РОЗДІЛ 7

ЗАХОДИ З ОХОРОНИ ПРАЦІ ТА ОХОРОНИ ДОВКІЛЛЯ

7.1 Загальні вимоги до безпечної експлуатації етикетувальної машини

До обслуговування етикетувальної машини KHS RF 25-25/120-12 допускаються лише працівники, які пройшли професійне навчання, інструктаж з охорони праці, а також володіють відповідною кваліфікацією з технічного обслуговування механічних та електричних вузлів обладнання. Перед початком роботи оператор повинен переконатися у справності обладнання шляхом ручного прокручування приводу за допомогою маховика для виявлення можливих заїдань або сторонніх предметів.

Машина повинна бути надійно заземлена відповідно до вимог ГОСТ 12.1.030-81, для чого на станині, рамі та електрошкафах передбачені спеціальні заземлювальні болти. Підведення електроживлення здійснюється тільки через кабель, прокладений у металевій трубі, що виключає механічні пошкодження або перегини.

Будь-які роботи з електрообладнанням, ремонтом чи регулюванням механізмів дозволяються виключно при повному знятті напруги. На місці вимкнення обов'язково вивіщується плакат: «НЕ ВМИКАТИ — ПРАЦЮЮТЬ ЛЮДИ!».

Під час роботи етикетувальної машини ЗАБОРОНЕНО:

- заправляти магазин етикетками;
- доливати клей у клеєву ванну;
- здійснювати будь-які маніпуляції з етикетками на вакуум-барабані;
- виправляти роботу шнека або системи центрування;
- знімати або відкривати огорожувальні щитки та кришки електрошкафа;
- залишати машину під напругою без нагляду оператора;
- вмикати машину без контролю цілісності заземлення.

Ці заборони спрямовані на запобігання травматизму, ураженню електричним струмом і запобігання аварійним ситуаціям, пов'язаним із рухомими та нагрівними елементами системи.

7.2 Вимоги до технічного обслуговування та ремонту

Планове обслуговування, налагодження та ремонт етикетувальної машини повинні проводитися тільки працівниками, які мають відповідне посвідчення з електробезпеки не нижче II групи та пройшли інструктаж щодо особливостей конструкції та принципів роботи вузлів машини.

Під час проведення ремонтних робіт необхідно:

- повністю зняти напругу з усіх кіл машини;
- заблокувати можливість повторного вмикання;
- перевірити відсутність напруги індикатором;
- застосовувати діелектричні рукавиці та інструмент з ізоляцією.

Огородження, кожухи, аварійні вимикачі та електроблокування повинні бути на місці та перебувати у працездатному стані. Оператор повинен перевіряти справність аварійних кнопок «STOP» перед початком зміни.

7.3. Охорона довкілля під час роботи етикетувальної машини

Експлуатація етикетувального обладнання супроводжується утворенням деяких видів відходів, які потребують безпечного поводження та утилізації відповідно до екологічних норм України. До основних типів відходів належать:

- бій скла, який може виникати при пошкодженні тари;
- відходи етикеток (папір, полімерні матеріали);
- залишки клею та допоміжних матеріалів;
- забруднені стічні води, що утворюються при митті обладнання;
- шум та вібрація від роботи механізмів;
- вторинна пара та продукти згоряння у випадку автономних котелень.

Утилізація та поводження з відходами:

1. Старі етикетки та паперові відходи

На підприємствах з використанням скляної тари щороку накопичується до 1,5 т паперових етикеток на кожні 10 000 гл продукції. Етикетки вивозяться на переробні полігони або утилізуються як вторинне паливо (для виробництва кераміки, цегли). Переробка у вторинне волокно малоефективна через домішки скла та металізованої фольги.

2. Скляний бій

Кількість скляного бою становить від 0,5% до 1,5% від загальної кількості пляшок. Бій сортують, завантажують у контейнери та повертають на склозаводи для рециклінгу.

3. Забруднені води

Води після миття обладнання та клеєвих вузлів містять органічні домішки. Вони відводяться через локальні очисні системи, після чого потрапляють у загальну каналізацію згідно з нормами ДБН щодо стічних вод.

4. Пил, шум та вібрація

На дільницях з високим шумовим навантаженням (вакуум-барабан, шнек, приводні механізми) необхідно застосовувати:

- шумопоглинальні кожухи,
- віброізоляційні платформи,
- індивідуальні засоби захисту органів слуху.

Періодично проводяться вимірювання рівня шуму і вібрацій відповідно до ДСТУ ISO.

7.4. Запобігання нещасним випадкам та аваріям

Для мінімізації ризиків під час роботи етикетувальної машини передбачено:

- аварійні кнопки зупинки на доступних ділянках машини;
- захисні екрани та огороження з системою електричного блокування;
- автоматичне відключення при перевантаженні приводів;
- світлова індикація режимів роботи;
- навчання та регулярна перевірка знань персоналу.

Оператор повинен працювати у захисному одязі, рукавицях, не використовувати вільний одяг та прикраси, що можуть зачепитись за рухомі частини.

7.5. Екологічні вимоги та раціональне використання ресурсів

Система екологічного контролю повинна забезпечити:

- мінімізацію витрат клею;
- зменшення споживання електроенергії за рахунок автоматизованих приводів;
- контроль витрат води під час миття;
- уникнення втрат етикеток, тари та матеріалів.

Перехід на енергоощадні режими, частотні приводи та оптимізація технологічних процесів дозволяє зменшити навантаження на екосистему.

Висновки до розділу 7

У результаті аналізу встановлено, що дотримання вимог охорони праці та охорони довкілля при експлуатації етикетувальної машини KHS RF 25-25/120-12 забезпечує безпечні умови роботи персоналу та мінімальний вплив на навколишнє середовище. Конструкція машини відповідає сучасним вимогам технічної безпеки, а основні ризики ефективно контролюються за рахунок систем огородження, блокування та правильних організаційних заходів.

Комплекс заходів з екологічної безпеки дозволяє зменшити утворення відходів, оптимізувати використання ресурсів і забезпечити відповідність чинним нормативам України.

РОЗДІЛ 8

МАРКЕТИНГОВЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ПРОЕКТУ

8.1. Аналіз ринку пивної продукції та потреб у модернізації пакувального обладнання

Ринок пивної продукції України останніми роками демонструє тенденції до технологічної модернізації, зростання вимог до якості пакування та підвищення конкурентного тиску між виробниками. Для пивоварних підприємств актуальними стають такі фактори:

- стабільність та безперебійність роботи розливно-етикетувальних ліній;
- точність нанесення етикеток та відповідність міжнародним стандартам;
- можливість швидкого переналаштування обладнання під різні формати пляшок;
- мінімізація простоїв та зниження технологічних втрат.

У рамках цих тенденцій підприємства все активніше впроваджують модернізовані етикетувальні машини, здатні працювати з вищою точністю, меншою кількістю браку та більшою автономністю систем управління.

Для ТОВ «Бердичівський пивоварний завод», де проводиться модернізація етикетувальної машини KHS RF 25-25/120-12, актуальним є підвищення продуктивності лінії та конкурентоспроможності кінцевої продукції, зокрема завдяки стабільній якості нанесення етикеток, що впливає на сприйняття бренду споживачем.

8.2. Сегментація споживачів та позиціонування продукції підприємства

Основними споживачами пивоварної продукції заводу є:

- мережеві торговельні підприємства;
- регіональні дистриб'ютори;
- заклади HoReCa;
- кінцеві споживачі віком 20–55 років.

Для цієї категорії покупців естетичний вигляд упаковки є значущим чинником вибору. Нерівномірно наклеєна етикетка або наявність дефектів у зоні клею

сприймаються як ознака низької якості продукту, що суттєво впливає на обсяг продажу.

Модернізація етикетувальної машини дозволяє підприємству забезпечити стабільний зовнішній вигляд продукції та підвищити її ринкову привабливість, що є важливою складовою позиціонування бренду.

8.3. Аналіз конкурентного середовища та технологічних рішень

На українському ринку пивоварного обладнання працюють такі групи конкурентів:

1. Імпортні виробники: KHS, Krones, Sidel, Sacmi – лідери ринку, що пропонують високоточні етикетувальні машини для великих потужностей.
2. Виробники середнього сегмента (Польща, Чехія, Туреччина): пропонують обладнання з базовим рівнем автоматизації та нижчим бюджетом обслуговування.
3. Українські виробники та інтегратори: забезпечують модернізацію існуючих ліній, програмне оновлення та локальні ремонти.

Модернізація KHS RF 25-25/120-12 є економічно доцільнішою, ніж придбання нової машини, оскільки дозволяє:

- підвищити точність та швидкість етикетування;
- адаптувати обладнання під нові види тари;
- зменшити витрати на сервіс та запасні частини;
- уникнути багатомільйонних інвестицій у нову лінію.

8.4. SWOT-аналіз проекту модернізації

Сильні сторони:

- зменшення кількості браку етикеток;
- підвищення продуктивності лінії;
- покращення якості зовнішнього вигляду пляшки;
- можливість інтеграції систем автоматизації.

Слабкі сторони:

- необхідність зупинки лінії на період модернізації;
- зростання цін на комплектуючі;
- нестабільність енергоресурсів.

8.5. Маркетингові переваги після модернізації

Після впровадження модернізаційних заходів підприємство отримує:

- стабільну якість етикетування, що підвищує престиж торгової марки;
- можливість участі у великих мережах, де суворо контролюють стандарти пакування;
- скорочення витрат на бракований товар;
- покращену екологічність виробництва (менше відходів паперу та клею);

Висновки до розділу 8

Результати маркетингового аналізу підтверджують, що модернізація етикетувальної машини KHS RF 25-25/120-12 є економічно та стратегічно доцільним рішенням для ТОВ «Бердичівський пивоварний завод». Покращення якості етикетування безпосередньо впливає на конкурентоспроможність продукції, підвищує її ринкову привабливість та сприяє зміцненню позицій підприємства на ринку пивоварної продукції України.

ВИСНОВКИ

Етикетування пляшкової продукції є одним із ключових завершальних етапів технологічного процесу виробництва напоїв, оскільки саме якість маркування визначає товарний вигляд продукції, її впізнаваність, конкурентоспроможність і відповідність нормативним вимогам. Сучасні підприємства пивоварної та напоївної галузі потребують високопродуктивного, надійного та автоматизованого етикетувального обладнання. Етикетувальні машини рулонного типу, зокрема KHS RF 25-25/120-12, забезпечують точне позиціонування етикетки, високу швидкість етикетування та можливість роботи з різними видами плівкових і самоклеючих матеріалів.

У ході виконання кваліфікаційної роботи було здійснено комплекс досліджень та технічних обґрунтувань, що дозволили досягти поставленої мети модернізувати етикетувальну машину KHS RF 25-25/120-12 для підвищення її технічної ефективності та надійності.

У результаті виконання роботи отримано такі основні результати:

- Проведено аналітичний огляд сучасного етикетувального обладнання, охарактеризовано конструктивні рішення та принципи роботи машин і відрізних вузлів, визначено типові проблеми та обмеження наявних систем. Установлено, що важливими операціями є точне різання рулонного матеріалу, стабільна подача етикетки та забезпечення оптимальної температури у відрізнному вузлі.
- Проаналізовано технологічну схему роботи етикетувальної машини KHS RF 25-25/120-12 та виявлено низку експлуатаційних недоліків, пов'язаних із швидким затупленням ножів, нерівномірністю різу та чутливістю процесу до температурних коливань.
- Запропоновано установлення ножів із чотирма ріжучими гранями;
- Заміну порожнистого барабана на барабан з масляною камерою та нагрівальним елементом;
- Підтримання стабільної температури різання в оптимальному діапазоні.

- Виконано експериментальні дослідження процесу різання етикетувального матеріалу, визначено раціональні температурні режими для матеріалів PVC, PETG та OPS, встановлено залежність кількості браку від ширини стрічки та температури мастила в барабані.

Модернізована етикетувальна машина KHS RF 25-25/120-12 може бути ефективно впроваджена на пивоварних підприємствах, де критично важливими є якість маркування, безперебійність роботи лінії та зниження експлуатаційних витрат.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Антошкин В. М. Обладнання підприємств бродильних виробництв : навч. посіб. — Київ : НУХТ, 2018. — 420 с.
2. Кравченко В. С. Процеси та апарати харчових виробництв : підручник. — Київ : Кондор, 2016. — 512 с.
3. Кулік М. С., Лещенко В. В. Технологічне обладнання харчових виробництв : підручник. — Львів : Львівська політехніка, 2020. — 368 с.
4. Якимчук М. В., Миколів І. С. Технологічне обладнання харчових виробництв : навч. посіб. — Київ : НУХТ, 2021. — 356 с.
5. Машина та обладнання харчової промисловості. Терміни та визначення (ДСТУ 3135.0-95). — Київ : Держстандарт України, 1995. — 48 с.
6. Обладнання пакувальне. Частина 1 (ДСТУ EN 415-1:2014). — Київ : Мінекономрозвитку України, 2015. — 62 с.
7. Цюрупа Г. М. Автоматизація виробничих процесів харчових підприємств : навч. посіб. — Київ : ЦУЛ, 2017. — 264 с.
8. Бердичівський пивоварний завод. Історія та виробництво. — Режим доступу : <https://www.berdbrew.com> (дата звернення: 15.02.2025).
9. Аналітичний звіт Асоціації пивоварів України за 2024 рік. — Київ : УАПП, 2025. — 34 с.
10. Боярчук О. Ю. Технологія виробництва пива : навч. посіб. — Київ : НУХТ, 2019. — 290 с.
11. Левченко А. С. Пакування та тара в харчовій промисловості : навч. посіб. — Харків : ХНТУСГ, 2017. — 284 с.
12. Мельник Т. М. Маркування харчової продукції: сучасні вимоги // Харчова промисловість. — 2022. — № 3. — С. 12–20.
13. Паламарчук В. П. Автоматизовані системи керування в харчовій промисловості : навч. посіб. — Київ : Кондор, 2018. — 208 с.
14. Старченко О. А. Машина пакувальні : навч. посіб. — Харків : ХНАМГ, 2016. — 344 с.

15. Технологічне обладнання підприємств харчової промисловості : підручник / за ред. М. І. Погожих. — Київ : НУХТ, 2015. — 528 с.
16. KHS GmbH. Roll-Fed Labelling Machines: Technical Documentation RF Series. — Dortmund : KHS, 2020. — 72 p.
17. Peters H. Beer Production and Quality. — Cambridge : Woodhead Publishing, 2018. — 392 p.
18. Bamforth C. Beer: Tap into the Art and Science of Brewing. — Oxford : Oxford University Press, 2019. — 320 p.
19. Briggs D. Brewing Science and Practice. — Boca Raton : CRC Press, 2018. — 850 p.
20. Soroka W. Fundamentals of Packaging Technology. — Chicago : IoPP, 2021. — 680 p.
21. Yam K. L. The Wiley Encyclopedia of Packaging Technology. — Hoboken : Wiley, 2017. — 1280 p.
22. Borrell A. Industrial Cutting of Film Materials. — London : Springer, 2020. — 218 p.
23. Smith R. Automation in Food Processing. — Amsterdam : Elsevier, 2021. — 450 p.
24. Ceres R. Fundamentals of Industrial Automation. — New York : McGraw-Hill, 2019. — 316 p.
25. Pugh S. Mechanical Design: Product and Systems Optimization. — London : Addison-Wesley, 2018. — 512 p.
26. Brown T. Labelling Machines and Technologies // Packaging World Journal. — 2020. — № 11. — P. 44–52.
27. Stevens M. Plastics: Materials for Packaging. — New York : Springer, 2019. — 332 p.
28. ISO 9001:2015 Quality management systems — Requirements. — Geneva : ISO, 2015. — 29 p.
29. Jones P. Cutting Mechanics of Thermoplastics // Polymer Engineering Journal. — 2021. — Vol. 43. — P. 123–135.

- 30.** Hartman J. Efficiency Optimization of Roll-Fed Labelling Machines // Engineering Reports. — 2022. — № 4. — P. 88–101.
- 31.** Müller K. Hot-Melt Adhesives in Packaging. — Berlin : Springer, 2019. — 264 p.
- 32.** KHS GmbH. Hot-Melt Application Units: Operating Manual. — Dortmund : KHS, 2022. — 54 p.
- 33.** Packaging Machinery Manufacturers Institute. Labelling and Coding Machinery: Technical Guide. — Virginia : PMMI, 2020. — 110 p.