

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Західноукраїнський національний університет
Факультет комп'ютерних інформаційних технологій
Кафедра спеціалізованих комп'ютерних систем

ЧИКЕРЕНДА Назарій Валерійович

Автоматизована система розфасовки рідких продуктів / Automated liquid product packaging system

спеціальність: 151 - Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології
освітньо-професійна програма – Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

Кваліфікаційна робота

Виконав студент групи АКІТ-41
Н.В. Чикеренда

Науковий керівник:
к.т.н., О.М. Заставний

Кваліфікаційну роботу
допущено до захисту:

“ ____ ” _____ 20__ р.

Завідувач кафедри

_____ А.І. Сегін

ТЕРНОПІЛЬ - 2024

Західноукраїнський національний університет
Факультет комп'ютерних інформаційних технологій
Кафедра спеціалізованих комп'ютерних систем
Освітній ступінь "бакалавр"

Спеціальність: 151 - Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології
Освітньо-професійна програма – Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри СКС

А.І.Сегін

“ ___ ” _____ 20__ р.

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ
ЧИКЕРЕНДА Назарію Валерійовичу

(прізвище, ім'я по-батькові)

1. Тема кваліфікаційної роботи: Автоматизована система розфасовки рідких продуктів / Automated liquid product packaging system.

Керівник роботи: к.т.н., доцент І.Б. Албанський

затверджені наказом по університету від «12» грудня 2023 р. № 753.

2. Строк подання студентом закінченої кваліфікаційної роботи: 10.05.2024р.

3. Вихідні дані до кваліфікаційної роботи:

1. Особливості побудови автоматизованих ліній розфасовки рідких продуктів.
2. Способи управління технологічними параметрами функціонування автоматичної системи дозування та пакування рідких продуктів.
3. Технічні засоби автоматизації об'єкта управління.
4. Розрахункова ефективність системи автоматичного управління основними і контрольними засобами об'єкта керування.

4. Основні питання, які потрібно розробити:

1. Аналіз автоматизованих ліній розливу та розфасовки рідких продуктів, та пристроїв і засобів їх автоматизації.
2. Розробка структури технологічного процесу автоматизованої лінії розфасовки рідких та пастоподібних продуктів.
3. Розрахунок системи автоматичного регулювання та параметрів ПД-регулятора різними методами.

5. Перелік графічного матеріалу у роботі:

1. Розширена структура управління промисловим підприємством.
2. Функціональна схема управління автоматизованою лінією.

6. Консультанти розділів кваліфікаційної роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
1	Албанський І.Б.		
2	Албанський І.Б.		
3	Албанський І.Б.		

7. Дата видачі завдання 12 грудня 2023 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назви етапів випускної кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналіз технологічного процесу як об'єкта керування	12.2023р. – 01.2024р.	
2	Специфікація вибору технічних засобів автоматизації	01.2023р. – 02.2023р.	
3	Розрахунок системи автоматичного регулювання	02.2024р. – 03.2024р.	

Студент

(підпис)

Чикеренда Н.В.

Керівник роботи

(підпис)

к.т.н., доцент Албанський І.Б.

АНОТАЦІЯ

Чикеренда Н.В. Автоматизована система розфасовки рідких продуктів. – Рукопис.

Дослідження на здобуття освітнього ступеня «бакалавр» за спеціальністю 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології», освітньо-професійна (наукова) програма. – Західноукраїнський національний університет, Тернопіль, 2024.

У роботі досліджено технологічний процес системи автоматичного дозування на автоматизованій лінії розфасовки та упаковки рідких і пастоподібних продуктів, визначено функціональні, структурні та архітектурні особливості систем, що забезпечують безперебійну роботу, а також управління основними технічними засобами контролю автоматизованої системи, проаналізовано технологічну базу автоматизованої системи управління та обґрунтовано вибір технічних засобів реалізації запропонованої системи. Розроблено структуру та функціональну схеми, а також розраховано систему автоматичного регулювання, розраховано параметри ПД-регулятора за допомогою різних математичних методів.

ABSTRACT

Chikerenda N.V. Automated liquid product packaging system. - Manuscript.

Research for obtaining a bachelor's degree in the specialty 151 "Automation and computer-integrated technologies", educational and professional (scientific) program. – West Ukrainian National University, Ternopil, 2024.

In the work, the technological process of the automatic dosing system on the automated filling and packaging line of liquid and pasty products was investigated, the functional, structural and architectural features of the systems that ensure uninterrupted operation, as well as the management of the main technical means of control of the automated system were determined, the technological base of the automated control system was analyzed and the choice of technical means of implementation of the proposed system is substantiated. The structure and functional schemes were developed, as well as the automatic regulation system was calculated, the parameters of the PID controller were calculated using various mathematical methods.

ЗМІСТ

ВСТУП	5
1. АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ЯК ОБ'ЄКТА КЕРУВАННЯ	8
1.1 Принципи роботи автоматизованих дозаторів розливу рідин та пастоподібних продуктів	8
1.2 Аналіз різновидів автоматизованих ліній розфасовки рідких продуктів	15
1.3 Автоматизація процесів на лініях розфасовки рідких або пастоподібних продуктів	22
2. СПЕЦИФІКАЦІЯ ВИБОРУ ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ АВТОМАТИЗАЦІЇ	30
2.1 Розробка структури технологічного процесу автоматизованої лінії розфасовки рідких та пастоподібних продуктів	30
2.2 Проектування та розробка структури і алгоритму роботи системи управління технологічним процесом фасування на автоматизовані лінії	37
2.3 Обґрунтування вибору промислового мікроконтролерного обладнання та засобів автоматизації технологічного процесу	45
3. РОЗРАХУНОК СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО РЕГУЛЮВАННЯ	53
3.1 Розробка методу автоматизованого контролю і управління виробничої лінії як частини АСУ підприємства	53
3.2 Розробка функціональної схеми об'єкта керування та розрахунок його параметрів ПІД-регулятора	56
3.3 Розрахунок параметрів ПІД-регулятора за допомогою різних математичних методів	59
ВИСНОВКИ	65
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	68

					ДП.АКІТ.8872556.00.00.0000 ПЗ			
Змн.	Лист	№ докум.	Підпис	Дата	Автоматизована система розфасовки рідких продуктів / Automated liquid product packaging system	Літ.	Арк.	Акрушів
Розроб.		<i>Чикеренда Н.В.</i>					4	71
Перевір.		<i>Албанський І.Б.</i>				ЗУНУ.ФКІТ.АКІТ-41		
Консульт.		<i>Албанський І.Б.</i>						
Н. Контр.		<i>Заставний О.М.</i>						
Затверд.		<i>Сегін А.І.</i>						

ВСТУП

Актуальність теми. Вимоги до систем дозування рідин на малих підприємствах значно відрізняються від вимог до аналогічних систем на підприємствах масового виробництва. Наприклад, на лінії розливу алкогольної продукції основними факторами є висока продуктивність і мала номенклатура. На відміну від цього на малих і середніх підприємствах не потрібно такої продуктивності. У той же час має місце значна номенклатура продукції, що вимагає переналагодження на іншу тару або взагалі іншу рідину щоденно, а іноді й кілька разів за зміну. Причому це переналагодження повинне здійснюватися швидко, і при цьому не допускається зниження точності розливу.

Додатковим важливим фактором при виборі відповідної системи розливу є її вартість. Якщо в масовому виробництві вартість не стоїть на першому місці (значно важливіше, наприклад, продуктивність обладнання), то на малому підприємстві, вартість системи часто стає визначальним фактором.

Крім цього, самі підприємства можуть бути дуже різні за своїм профілю. Це можуть бути підприємства харчової, фармацевтичної, парфумерної, лакофарбової та іншої промисловості.

Можна навести й інші приклади, але цей перелік показує, наскільки широкі вимоги до систем дозування рідин на таких виробництвах. Якщо до цього додати і широкий діапазон параметрів дозованих продуктів – таких, як в'язкість, наявність твердих частинок, піноутворення та інше, складність вибору прийнятної для даного виробництва системи автоматичного дозування (САД) значно зростає. Мають місце ще й вимоги техніки безпеки, пожежної безпеки, відсутності міжопераційного краплеутворення.

Мета кваліфікаційної роботи. Актуальність розробки автоматизованої системи розфасовки рідких продуктів. У представленій кваліфікаційній роботі проаналізовано аналогічні автоматизовані системи та

					ДП.АКІТ.8872556.00.00.0000 ПЗ	Арк.
						5
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

представлено структуру технологічного процесу автоматизованої лінії розфасовки рідких та пастоподібних продуктів та проведено вибір технічних засобів автоматизації (ТЗА) безпосередньо на об'єкті керування. Основними задачами розробки автоматизованої лінії розфасовки з використанням інтегрованих програмно-технічних засобів та промислових контролерів, що є несьогоднішній день невід'ємним елементом для автоматизованих систем різного ступеня складності.

Основними задачами кваліфікаційної роботи є:

- аналіз автоматизованих ліній розливу та розфасовки рідких продуктів, та пристроїв і засобів їх автоматизації;
- розробка структури технологічного процесу автоматизованої лінії розфасовки рідких та пастоподібних продуктів;
- розробка алгоритму роботи системи управління технологічним процесом фасування на автоматизовані лінії
- обґрунтування вибору технічних засобів автоматизації;
- розрахунок системи автоматичного регулювання та параметрів ПІД-регулятора різними методами.

Автоматизована система розфасовки рідких продуктів є актуальною розробкою та вирішенням нагальним проблем САД. Рішенням проблемних задач є симбіоз сучасних програмно технічних засобів автоматизації з принципово новими алгоритмами та математичними методами у харчовій промисловості.

Предметом дослідження є автоматизована система розфасовки рідких продуктів.

Об'єктом дослідження є система автоматичного управління станцією розфасовки і розливу рідких продуктів на автоматизованій лінії.

Методи дослідження – аналіз та огляд актуальних електронних ресурсів і літературних джерел, порівняльний аналіз конкуренто спроможних розробок в галузі харчової промисловості.

					ДП.АКТ.8872556.00.00.0000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		6

Практичне значення одержаних результатів. Основане на тому, що запропоновані методи та технічні рішення по проектуванні та розрахунку систем автоматизованого управління, які мають практичні можливості підвищити їх надійність та ефективність в рази.

Апробація. Чикеренда Н., Заставний О. Аналіз систем розфасовки рідких продуктів. – Збірник матеріалів проблемно-наукової міжгалузевої конференції «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» (АКІТ-2024), Тернопіль, 2024. – 62-65с.

					ДП.АКІТ.8872556.00.00.0000 ПЗ	Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1. АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ЯК ОБ'ЄКТА КЕРУВАННЯ

1.1 Принципи роботи автоматизованих дозаторів розливу рідин та пастоподібних продуктів

Фасування продукції є важливим і не невід'ємним етапом виробництва. Залежно від типу продукції використовуються різні методи автоматичного фасування та способи контролю, що в тарі міститься саме потрібна кількість продукту: штучні вироби фасуються за заданою кількістю в кожену упаковку, сипучі матеріали дозуються за вагою, а рідкі та пастоподібні продукти розливаються в тару. Етап фасування продукції має одну мету: кожна упаковка повинна мати заданий об'єм продукту. Виробник контролює відсоток, на який фасовка може не відповідати зазначеній мінімальній кількості наповнення, адже це може спричинити штрафи або репутаційні ризики.

Тому в процесі фасування зазвичай трохи завищується потрібна величина дозування. Однак цей запас з метою безпеки може призвести до надмірних витрат. Наприклад, розливна лінія фасує 100 000 банок продукту на день. Точно контролюючи величину перевищення дози лише кілька грам з допомогою автоматизованого контролю ваги, фірма може уникнути зайвих витрат за кілька мільйонів на рік. У зв'язку з цим виробники дозуючого обладнання дуже ретельно ставляться до точності вимірювання вагових характеристик продукту, що дозується, і прагнуть зменшити похибку його вимірювання.

У процесі розвитку дозування рідини були розроблені різні методи, придатні для різних типів рідин і паст і мають різну точність дозування (рисунки 1.1). Але у всіх процесів дозування рідини є загальні моменти, а саме: рідини не течуть під тим самим тиском у трубі. Щільність рідини змінюється в залежності від кількості домішок, що додаються, бульбашок і

					ДП.АКІТ.8872556.00.00.0000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

температури, відповідно точну її кількість неможливо вирахувати на підставі перерізу труби і часу [1].



Рисунок 1.1 – Способи розфасовки та дозування при розливі рідких та пастоподібних продуктів

Є чотири основні способи дозування рідини, вони відрізняються різними параметрами, наприклад, точністю, швидкістю, гігієнічністю і ціною. Для різних типів рідин підходять різні способи. Для напоїв потрібне дотримання гігієнічних вимог, дорогі косметичні та парфумерні засоби вимагають точного дозування, рідини також відрізняються параметрами в'язкості (густини), наприклад, масло та молоко мають різні характеристики густини.

Провівши аналіз літературних джерел, електронних ресурсів та матеріалів на сьогоднішній день виділено такі основні способи дозування, а саме [1, 2]:

- дозування за вагою з допомогою тензосенсора;
- дозування за допомогою сенсора рівня;
- дозування за об'ємом;
- дозування за допомогою сенсора витрати (витратомір).

					ДП.АКТ.8872556.00.00.0000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		9

Перший спосіб: дозування за вагою за допомогою тензодатчика. Метод дозування за вагою з допомогою тензосенсора, даний метод називається гравіметричним, у ньому використовується тензометричний сенсор, який вимірює силу впливу маси тари та продукт, що дозується. При заповненні тари тензосенсор у режимі "реального часу" відстежує кількість продукту в тарі. По досягненню заданої величини, ваговий контролер зупиняє подачу продукту. Тензосенсори бувають цифрові та аналогові. Цифрові мають вбудований перетворювач сигналу у цифровий вигляд, сигнал з аналогових тензосенсорів оцифровується у ваговому терміналі.

Процес наповнення тари, відбувається наступним алгоритмом:

- тара поміщається на ваговимірювальний майданчик;
- відбувається зважування порожньої тари;
- заповнення продуктом до заданої ваги;
- закупорювання тари.

Автоматизовані лінії виконують наповнення тари з кількох розливаючих головок одночасно, це дозволяє масштабувати процес розливу і збільшувати ефективність устаткування. Середній час заповнення літрової пляшки 5 – 10 секунд, при високій точності ваги.

Основними перевагами дозування за вагою є насамперед автоматичний вимір ваги кожної пляшки перед заповненням дозволяє визначити та видалити з конвеєра розбиті пляшки, браковані (вони легші за цілу пляшку) або пляшки зі стороннім вмістом (вони важчі), наприклад, якщо в пляшці залишився ополіскувач. У той же час повільне (порівняно з середньо статистичним часом наповнення) збільшення ваги при заповненні говорить про витік з тари та необхідність зупинки лінії для запобігання її забруднення.

Таким чином, використання тензосенсорів для операції дозування дозволяє контролювати ще й додаткові параметри роботи, тим самим збільшуючи автоматизацію контролю за процесом розливу.

Прості методи роботи із тензодатчиками також дають свою ефективність в процесі розливу рідинних та пастоподібних продуктів. Вагове

					ДП.АКІТ.8872556.00.00.0000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		10

дозування рідин дозволяє проводити високоточний розлив з точністю заповнення до грама. Простий спосіб калібрування тензосенсорів за допомогою гир еталонної ваги забезпечує точність дозування. Цифрові дані з ваговимірювальних систем полегшують процес програмування контролерів автоматизації виробництва, визначення оптимальних параметрів швидкості наповнення продукту, підготовки звітів про виконану роботу, контроль виробничих графіків.

Вагове дозування успішно застосовується в харчовій та хімічній промисловості, оскільки застосування тензосенсора дозволяє уникнути контакту з продуктом, що дозується. Тензосенсори випускаються з високим ступенем захисту, аж до IP68/69K, що дозволяє виконувати їх промивання під тиском.

Метод дозування за допомогою сенсора рівня є також досить ефективний по ряду причин. Даний спосіб контролює досягнення продуктом верхньої заданої межі в пляшці, для цієї мети сенсор або вставляється в шийку пляшки і наповнення відбувається до контакту з сенсором, або реагує на об'ємну зміну продукту зовнішньої сторони тари.

У разі якщо сенсор вставляється у шийку пляшки можливе дозування продуктів, що проводять електричний струм, тобто рідина повинна містити солі. Для прикладу мінеральні та рослинні олії містять не достатньо солей і дозування даним способом їх не можливе.

Даний спосіб дозування є найменш точним, так само на його точність впливає різний внутрішній об'єм тари, особливо це актуально для скляних пляшок. У зв'язку з цим цей спосіб застосовується для фасування недорогих продуктів. Контакт датчика з продуктом, що фасується, виключає можливість гігієнічного розливу, у зв'язку з перенесенням продукту з однієї пляшки в наступну [3].

Наведений спосіб добре підходить для ізобаричного розливу (наприклад пива або газованих напоїв) коли тиск у патрубку дозатора та пляшці повинні дорівнювати певному значенню.

					ДП.АКІТ.8872556.00.00.0000 ПЗ	Арк.
						11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Переваги даного способу полягають у візуально однаковому рівні рідини у пляшці, що важливо для покупців у магазинах і добре позначається на продажах.

Метод дозування за об'ємом є ефективним для фасованого розливу рідинним продуктів, які мають електромагнітну провідність. У процесі дозування відбувається вимірювання об'єму продукту, що протікає через клапан, магнітоіндуктивним способом.

За допомогою магнітного поля відбувається розщеплення іонів продукту, що проходить через клапан, які створюють різницю потенціалів на електродах сенсора. Створена напруга дозволяє обчислити об'ємну швидкість потоку. Цей спосіб використовується для електропровідних рідин. Для кожного типу продукту, що дозується, необхідно виконувати індивідуальне калібрування, так як вміст іонів у кожній рідині різне.

Метод дозування за допомогою перистальтичного насоса. Головною особливістю роботи перистальтичного дозатора - це відсутність контакту між продуктом, що дозується, і елементами дозатора. Продукт знаходиться всередині силіконової трубки, яку перетискають обертові ролики головки насоса і продавлюють продукт трубкою з накопичувальної ємності в тару. Знаючи обсяг внутрішнього перерізу трубки та мінімальний кут повороту роликів у головці, контролер дозатора відраховує необхідну кількість обертань роликів для досягнення заданої дози продукту. Виходячи з особливостей даного способу, його найчастіше застосовують для розливу стерильних, агресивних і сильно забруднюють рідин і паст.

Метод дозування за допомогою сенсора витрати (витратомір). Дозування із сенсором масової витрати використовує принцип сили Коріоліса. Рідина протікає по двох трубах, що вібрують, сила Коріоліса, яка на них діє, викликає фазовий зсув в цих вібраціях. На основі цих даних розраховується вага продукту. Даний спосіб використовується і для продуктів, що не проводять електричний струм. Даний спосіб дозування є дорогішим, через трудомісткість калібрування під час виробництва сенсора.

					ДП.АКТ.8872556.00.00.0000 ПЗ	Арк.
						12
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Порівняння різних способів дозування дає можливість визначити найбільш ефективніший метод дозування і найменш ефективніший. Варто відзначити, що способи дозування сильно залежать від властивостей продукту, що дозується. Способи також сильно відрізняються за швидкістю і точності дозування.

Точність є параметром, що значно залежить від типу і виду продукції, що дозуючись розливається чи розсипається. Вагове дозування набагато точніше із усіх розглянутих вище способів. Дозування за рівнем показує похибку 2% – 5% при дозуванні у скляні пляшки, дозування за об'ємом та за допомогою перистальтичного дозатора 0.5% – 1%, дозування за масовою витратою 0.2%, вагове дозування рідин – 0.1%

Швидкість дозування це параметр, що відображає найбільшу ефективність автоматизованої лінії. Наповнення скляної пляшки відбувається з різною швидкістю [4]:

- дозування за рівнем 2 – 4 секунди;
- дозування за обсягом 5 секунд;
- дозування за масовими витратами 2 – 5 секунд;
- вагове дозування рідин 5 секунд.

З усіх розглянутих способів вагове дозування є найбільш універсальним (підходить для провідних рідин, що не проводять електричний струм, з різною в'язкістю і густиною, дозволяє виконувати гігієнічний розлив), не дорогим, точним і простим в обслуговуванні способом дозування.

Для правильного вибору дозатора рідини на автоматизовану лінію розливу слід визначити ряд критеріїв, які вплинуть на ефективність роботи, а саме:

- густина та в'язкість рідини що розливається;
- вид тари для розливочної лінії;
- швидкість заповнення (швидкість розливу);
- об'єм тари;
- технологія розливу рідини;

					ДП.АКІТ.8872556.00.00.0000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

- запаковка тари.

Арахісове масло розливається в пляшку за допомогою дозатора рідини та ацетон також використовує аналогічний дозатор. Арахісова олія та ацетон є рідинами, але знаходяться на протилежних кінцях діапазону в'язкості. Обладнання для наповнення пляшок, необхідне для дозування арахісового масла у пляшки, значно відрізняється від обладнання для розливу рідини, що працює з ацетоном. З арахісовим маслом найкраще справляється поршневий дозатор, який зберігає продукт теплим і, отже, має нижчу в'язкість, що приводиться в рух потужним пневматичним циліндром. Ацетон можна подавати самопливом у переливний дозатор.

Першим кроком у виборі рішення для розливу рідини, що відповідає потребам виробника є розуміння характеристик продукту, що фасуватиметься. Потрібно визначити, чи має даний продукт низьку в'язкість, схожу на воду, чи вищу, як у зубної пасти. Це допоможе визначитися із вибором обладнання. В'язкість продукту впливає на кілька областей, тип вашої системи дозування, швидкість заповнення та кілька інших змінних у рівнянні виробництва. Визначення в'язкості продукту – необхідний крок у цьому процесі [5].

Знання типу пляшки, яка буде наповнюватися, також це є важливим фактором при пошуку кращих варіантів обладнання для розливу. В саме для заповнення скляних або пластикових, круглих або квадратних, високих або низьких, з маленькою шийкою або великою, стабільні або нестабільні пляшки - це лише деякі з питань, що стосуються типу пляшки, які можуть вплинути на розробку та конструкцію системи розливу.

Одне з найбільш важливих питань виробництва полягає кількості наповнених одиниць (тари) за зміну. Відповідно оптимальним рішенням є одиночний ручний напівавтомат, проміжне автоматичне рішення для повної лінії або автоматизована роторна система, все це залежатиме від масштабів виробництва. Швидкість наповнення залежить від в'язкості продукту, типу пляшки та обсягу наповнення, а також здатності продукту до піноутворення.

					ДП.АКІТ.8872556.00.00.0000 ПЗ	Арк.
						14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Наступним критерієм є знання необхідного обсягу заповнення тари. Однак важливо при визначенні інших пов'язаних факторів, таких як швидкість наповнення, в'язкість та піноутворення продукту. Залежно від галузі, можуть бути різні вимоги до точності заповнення, які потрібно буде досягти, щоб відповідати певним галузевим стандартам. Отже, чітке уявлення про необхідні обсяги заповнення та галузеві вимоги має вирішальне значення для загального виробничого успіху.

Для визначення технології розливу рідини потрібно знати тип продукту. Деякі продукти мають особливості, наприклад, чутливість до зсуву або містять тверді частинки. Залежно від цього вибираються дозатори з різними насосами такими як гвинтові з синхронізованим потоком, вакуумні дозатори, поршневі дозатори і наповнювачі прямого витіснення (перистальтичні).

Невід'ємним елементом лінії розливу є заповнювальна (закупорювальна) тари кришкою, до яких теж пред'являються певні вимоги, залежно від типу продукту, що фасується.

Зібравши всі вище перелічені дані можна приступити до вибору дозатора, що найкраще підходить для розливу запропонованої рідини. Необхідно знати в'язкість продукту, тип пляшки, необхідну швидкість наповнення, об'єм одиничної дози та технологію дозування, яка найкраще відповідає потребам споживача.

1.2 Аналіз різновидів автоматизованих ліній розфасовки рідких продуктів

Автоматична лінія (АЛ) - сукупність машин, що складає комплекс основного та допоміжного обладнання, який автоматизовано працює у технологічній послідовності та із заданою частотою весь шлях виготовлення, переробки продукту виробництва або фасування та упаковку. У функції обслуговуючого персоналу автоматизованих ліній входять: керування,

					ДП.АКІТ.8872556.00.00.0000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

діагностика роботи пристроїв або частин лінії, їх ремонт та налагодження. Лінії, для виконання частини технологічних операцій запланованого виробничого процесу планують безпосередньої присутності людини (для прикладу, для процесу запуск та зупинки деяких агрегатів, закріплення або переміщення продукту виробництва) називаються напівавтоматичними. На нових АЛ механізовано та автоматизовано безліч додаткових операцій (для прикладу, прибирання відходів фасування, виробництва, упаковки), контроль якості продукції, що виробляється, облік фасування та інше. На багатьох АЛ автоматично регулюються основні параметри технологічних процесів, здійснюються автоматизоване перенесення робочих органів, налаштування та переналаштування робочого обладнання. Створення та впровадження АЛ — один із найважливіших етапів автоматизації фасування, упаковки, виробництва є перехід від окремих автоматів до автоматичних систем машин та автоматизованих комплексів, що часто поєднують різноманітні виробничі процеси.

Автоматизоване потокове виробництво, фасування різнотипових продуктів розвинулося у ряді галузей промисловості (хімічна та харчова промисловості) вже на початку ХХ століття в основному на таких виробничих площадках, де технологія не може бути організована інакше, наприклад при розфасовці рідких, пастоподібних, сипучих продуктів. Проте термін «АЛ» виник пізніше стосовно систем промислових верстатів і машин. Таким чином, можна пояснити те, що якісні та кількісні показники АЛ враховуються головним чином у промисловості і машинобудівній промисловості на відміну від харчової.

У загальному та серійному виробництві АЛ повинні мати універсальність і забезпечувати можливість швидкої переналагодження для фасування різної однотипної рідкої та пастоподібної продукції. Відповідно такі АЛ будуть називатися універсальними швидкопереналагоджувальними, чи груповими. У свою чергу менша продуктивність універсальних АЛ

					ДП.АКІТ.8872556.00.00.0000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

порівняно зі спеціальними компенсується їх швидким переналагодженням для виготовлення широкого ряду продукції.

Структурне компонування АЛ залежить від об'єму виробничих потужностей та виду технологічного процесу. Загалом присутні лінії паралельної та послідовних дій, однопотокові, багато потокові та змішані (з розгалуженим потоком) АЛ (рисунок 1.2). Паралельну дію застосовують для виконання однієї дії, коли тривалість її перевищує заданий темп виробництва. В результаті продукти, що переробляються автоматично діляться (з загальної ємності або бункера) по агрегатах лінії та після обробки приймальними пристроями збирається та спрямовується на наступні операції. Багатопотокові АЛ є системою з АЛ паралельного дії, призначену до виконання кількох технологічних операцій, кожна наступна з яких за тривалістю значно більша заданої частоти випуску. У загальну систему можуть бути з'єднанні кілька АЛ послідовного чи паралельного виконання. Системи такого типу називаються автоматизованими ділянками, цехами фасування чи упаковки [4, 5, 6].

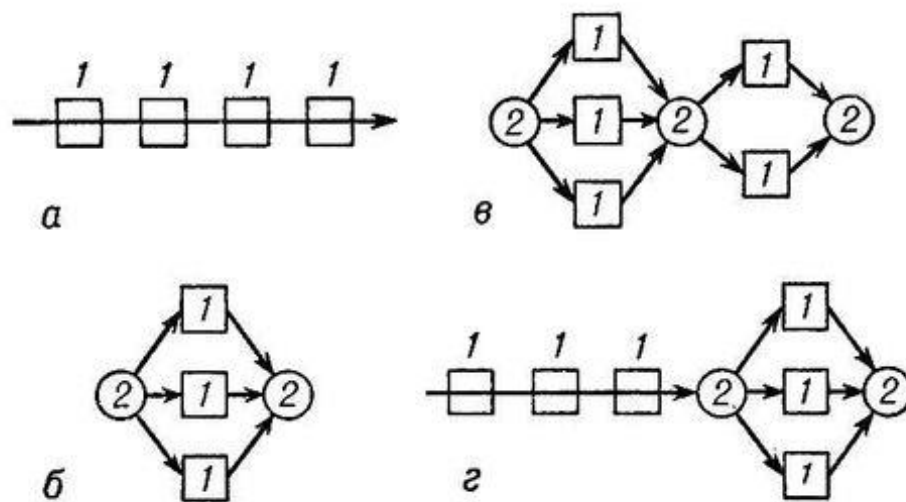


Рисунок 1.2 - Мал. 1. Структурні компонування автоматизованих ліній: а — однопотокова послідовна дія; б - однопотокова паралельна дія; в - багатопотокова; г - змішана (з розгалуженим потоком); 1 – робочі органи; 2 – розподільні агрегати.

Управління АЛ виконується системами автоматизованого управління, які поділяються на внутрішні та зовнішні, так система яскраво відображені на складних АЛ фасування рідких продуктів відображених на рисунку 1.3. Внутрішні системи управління забезпечують виконання окремим агрегатом або механізмом лінії всіх основних та допоміжних операцій технологічного процесу на даному агрегаті. Зовнішня система (зазвичай, система колійного контролю, організованою за принципом зворотний зв'язок) забезпечує узгоджену роботу агрегатів і ділянок лінії. Залежно від конкретних умов системи керування АЛ будуються на електричних, механічних, гідравлічних, пневматичних чи комбінованих зв'язках. Для автоматичного регулювання технологічного процесу та переналагодження обладнання на АЛ (переважно групових) застосовують системи електронного програмного управління. Великі комплексні АЛ оснащуються електронними керуючими машинами та іншими засобами обчислювальної техніки. На агрегатах АЛ переважно застосовується індивідуальний або багаторуховий електропривід і рідше - електричний, гідравлічний або механічний привід, що регулюється.

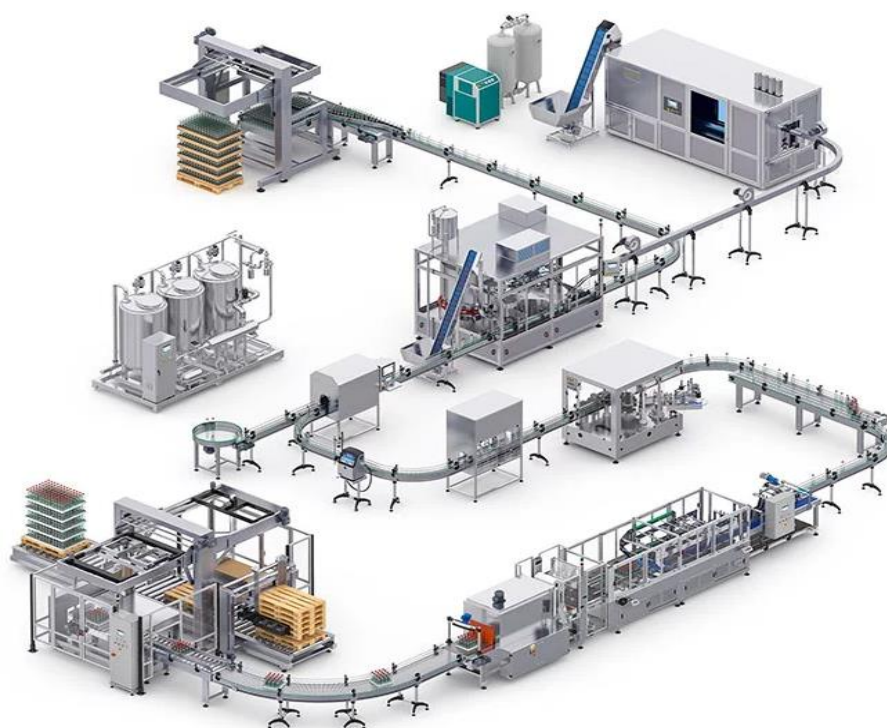


Рисунок 1.3 – Складна фасувально-пакувальна АЛ рідких продуктів із комбінованою системою автоматичного управління

Стабільність процесу на АЛ характеризується часом, протягом якого необхідні параметри процесу витримуються у потрібних допусках. Основна стабільність якості виготовленої продукції та унеможливлення впливу помилок під час опрацювання на АЛ виконується застосуванням систематичного контролю основних параметрів та безпосереднім впливом на технологічний процес виробництва.

Загальна ефективність АЛ дається взнаки, зокрема, у зменшенні числа робітників, що були зайняті на даному виробництві. Відповідно робота на АЛ вимагає вищої кваліфікації персоналу, що обслуговує. Максимально ефективні АЛ при комплексному впровадженні відпрацьованих технологічних процесів. У разі соціалістичного виробництва АЛ застосовують для трудомістких операцій та шкідливих виробничих процесів, якщо це значною мірою полегшує роботу робітників і підвищує умови для них. Проте, зазвичай, АЛ показують і вимогу економічної ефективності, особливо високу за комплексної автоматизації виробництва. Вартість продукції, що виготовляється на АЛ, залежить основним чином від вартості базових матеріалів та напівфабрикатів, продуктивності АЛ та витрат на їх створення.

Не менш важливим елементом практично любої АЛ фасувально-пакувальної напрямку є фасувальні дозатори. Дозатор - промисловий мірний пристрій. У повсякденному житті використовуються мірні інструменти: ложки та склянки з поділками для кулінарії, наприклад, або ваги. Але на виробництві з таким кустарним методом далеко не поїдеш – повільно та примітивно. Та й людський фактор залишає лазівку для неточного виміру. Спеціально для виробничих цілей були винайдені промислові фасувальні пристрої для вимірювання та відмірювання.

Дозатори – невід'ємна частина фасувально-пакувального обладнання (рисунок 1.4). Перш ніж упакувати продукцію, її частину необхідно відміряти за певними параметрами та помістити в пакувальну ємність. Це і є сфера роботи дозаторів. Вони продаються як у комплекті із пакувальним

					ДП.АКІТ.8872556.00.00.0000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

обладнанням, так і окремо. На багато фасувально-пакувальних машин можна встановити дозатор іншого порядку, замість вбудованого - опціонального.



Рисунок 1.4 – Автоматичний дозатор для АЛ фасування рідкої продукції

Дозатори використовуються для фасування різної продукції, як харчової так і нехарчової, як сипучої або дрібно-штучної, так і рідкої, пастоподібної, текучою. Таким чином, можна розфасовувати дуже багато видів продукції: цукор, сіль та спеції, сухофрукти та горіхи, чай та сушені трави, какао та кава, соуси та кетчуп, пасту, побутову хімію, пральні порошки та засоби для чищення, дрібні комп'ютерні деталі, намистини та бісер та багато іншого. Область застосування дозаторів дуже велика [7].

Принцип дії дозаторів відрізняється залежно від його виду. Існує два великі класи дозаторів для фасування: вагові та об'ємні. І менш використовувані - шнекові дозатори.

Вагові дозатори використовують у роботі вагові головки для відмірювання продукції за заданою вагою. Найчастіше це якась ємність: ківш чи резервуар із заслінкою – у ній і зважується продукт. Найчастіше мають режими грубого дозування, або точного. Перший варіант швидше і може використовуватися у фасуванні недорогої продукції, де вага дещо умовна і від партії до партії може різнитися в десятків-два грами. Якщо ж потрібна

					ДП.АКІТ.8872556.00.00.0000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

точна вага до грама, то краще використовувати точне дозування. Використовуються і для сипучої, і рідкої продукції.

Об'ємні дозатори найчастіше, цей пристрій має накопичувач із заслінкою. Але відмірювання тут відбувається за зовсім іншим принципом – за об'ємом, який займає продукція. Користувач просто задає потрібний, і машина фасує продукцію, відкриваючи заслінку, щойно досягається потрібний рівень мірного резервуара. Такі дозатори швидші і дешевші за вагові, часто використовуються для фасування сипучих продуктів, деякі види призначені для рідин.

Шнекові дозатори – машина, яка має резервуар-накопичувач і лопаті, що обертаються, - шнек. Залежно від швидкості обертання та кута нахилу лопатей можна налаштувати потрібне дозування. Такий вид дозуючої техніки використовують для зовсім дрібної, пилоподібної сипучої продукції: борошна, соди, спецій, крохмалю, цукрової пудри, а також інших порошкоподібних товарів.

Ваговий гравітаційний дозатор – класичний ваговий фасувальник для сипучих товарів. Зверху в накопичувач надходить продукція, яка зважується та відміряється у резервуарі та пропускається заданими партіями вниз. Швидкість роботи – близько 23 доз/хв.

Лінійний ваговий дозатор - пристрій із трьома вібраційними лотками, розташованими в один ряд. Їхнє завдання – швидше наповнити сипучою або штучною продукцією відміряюваний резервуар. Швидкість роботи такої машини – до 60 доз/хв.

Мультиголовковий ваговий дозатор - високопродуктивна техніка, що складається з накопичувача та вагових ємностей. Останніх може бути від 8 до 24 штук – від їхньої кількості залежить і швидкість роботи. Дозуючі ємності заповнюються із загального резервуару. Як тільки в одній із них досягається задана вага – у її нижній частині відкривається заслінка. Після цього подається сигнал до її подальшого наповнення. Така машина підходить для фасування невеликих штучних, гранульованих та сипких товарів.

					ДП.АКТ.8872556.00.00.0000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

Об'ємний дозатор роторного типу – машина трохи іншого пристрою. Продукція надходить через накопичувач у спеціальний циліндр з верхніми бортиками та обмежувачем, у якому кілька заглиблень-ємностей. Циліндр обертається, і продукція падає у поглиблення, які є мірками обсягу. Обмежувач забирає зайву продукцію зверху. Після заповнення поглиблення, продукція зсипається вниз. Високопродуктивне обладнання – близько 100 доз/хв.

Шнековий дозатор - принцип дії описаний трохи вище. Класичний пристрій - резервуар-накопичувач та лопаті, за допомогою яких відбувається дозування. Швидкість роботи цієї дозованої техніки – близько 45 доз/хв.

1.3 Автоматизація процесів на лініях розфасовки рідких або пастоподібних продуктів

Автоматизація розфасовочного (розливного), пакувального процесу рідких або пастоподібних продуктів при масовому виробництві продукції забезпечує зниження витрат та підвищення продуктивності на завершальному етапі виробництва, при зберіганні та транспортуванні товару споживачеві (рисунок 1.5) [8].



Рисунок 1.5 – Автоматизована лінія розфасовки і пакування рідких продуктів

					ДП.АКІТ.8872556.00.00.0000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

Всі виробництва навіть одного профілю мають будь-які відмінності один від одного. Таким чином, пакувальне обладнання на кожному з них є досить індивідуальним набором пристроїв і машин, проте об'єднуються одним порядком технологічних дій і зобов'язані працювати в узгоджених режимах за часом, послідовності операцій і продуктивності. Тому автоматизація пакувальної лінії – сукупність такого обладнання допомагає вирішити низку завдань, важливих для виробничого процесу:

- багаторазово прискорити пакування товару/продукції;
- економити витрати пакувальних матеріалів;
- нормувати відпуск продукції при дозованій упаковці;
- забезпечити деякі види очищення продукції (при необхідності) та контроль якості товару, що відпускається;
- звести до мінімуму аварійність та травматизм персоналу на цій ділянці виробництва;
- внаслідок контролю пакувальної лінії забезпечити повну інформаційну підтримку персоналу під час аналізу технічного стану обладнання, при економічних та комерційних розрахунках;
- виключити несанкціонований доступ до обладнання, продукції та втрати інформації.

Автоматичні дозатори є невід'ємним елементом будь-якого процесу автоматизації, дані машини працюють у складі автоматизованих ліній фасування рідких продуктів або як окремі пристрої фасування (рисунок 1.6). Дозатор може комплектуватися подавальним і накопичувальним столом, що обертається для більш комфортної роботи операторів без зайвих незручностей пов'язаних з постійним завантаженням транспортера дозатора порожньою тарою і знімання з нього наповненої тари.

Дане обладнання не застосовується для дозованої подачі сильно агресивних продуктів (перевищують 20% розчину кислот або лугів), легкозаймистих та вибухонебезпечних продуктів, продуктів із середнім та

					ДП.АКІТ.8872556.00.00.0000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

високим піноутворенням при розливі, продуктів, що мають неоднорідну консистенцію.



Рисунок 1.6 – Автоматичний дозатор лінії розфасовки рідких продуктів

При первинній упаковці проводиться обробка власне товару кінцевого користування: продуктів харчування, напоїв, фармацевтичних препаратів та медичного обладнання для персонального використання, багато предметів першої необхідності в побуті. Сенсори лінійних переміщень можуть застосовуватися для контролю положення дозаторів при наповненні упаковок продуктом або контролю положення механізму гільйотин для розділення стрічки упакованих продуктів.

Оскільки при виробництві цих товарів висуваються високі гігієнічні вимоги, в пакувальному устаткуванні також виконуються різні операції очищення. Високий ресурс та безпека важливі для машин розливного, формувального, фасувального та запаювального обладнання. А також конвеєрів доставки та переміщення продукції на ділянці.

					ДП.АКІТ.8872556.00.00.0000 ПЗ	Арк.
						24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

При автоматизації пакувальних ліній приділяється першочергова увага безпеки оперативного персоналу, попередження простоїв із збереженням максимальної продуктивності. Всі ці вимоги можуть задовольнятися за допомогою технічних засобів, що пропонуються – сенсорів безпеки, сенсорів контролю руху, засобів управління.

Для прикладу наведено норми безпеки та гігієни при упаковці в блістер. Магнітний захисний сенсор серії АМХ здатний працювати у важких експлуатаційних умовах – він контролює захисні огороження в установках. Такі магнітні сенсори можна використовувати в пакувальних машинах для контролю за захисним кліматичним ковпаком у положеннях відкритий/закритий. Корпус сенсора виконаний із нержавіючої сталі зі ступенем захисту IP68/69K, витримує високі температури. Можливе застосування агресивних методів очищення типу стерилізації паром. Сенсор підходить для автоматизації упаковки харчових продуктів, фармацевтичної та косметичної продукції.

Захист від несанкціонованого втручання в роботу розливної установки регламентує застосування автоматизованого обладнання і відповідної автоматики. Робоче поле розливної установки може бути захищене або відгороджене від проникнення на нього персоналу або частин тіла людини, а також сторонніх предметів за допомогою спеціальних загороджувальних пристроїв - фотобар'єрів. Підключення сенсорів до контролерів безпеки дозволить контролювати стан загороджень, засувки, люків тощо.

Управління доступом та вибір режиму роботи на розливних установках забезпечує ефективну роботу автоматизованої лінії. Застосування панелей управління, що встановлюються в шафах управління, дозволяє при процесах розливу та упаковки поєднати дві найважливіші функції (рисунок 1.7) [8, 9]:

- найчастіше виникає необхідність перемикання між різними режимами – автоматичною роботою у робочому режимі, або режимом технічного обслуговування чи ремонту;

					ДП.АКІТ.8872556.00.00.0000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

- забезпечити управління правом доступу персоналу – чим убезпечити оператора від дії шкідливих чинників, а устаткування від неприпустимого втручання неавторизованих осіб.



Рисунок 1.7 – Панель управління доступом та режимами роботи розфасовочних ліній

Управління доступом та вибір режиму роботи на розливних установках є пріоритетною задачею перед запуском автоматизованої лінії. Сенсори рівня різного виду застосовуються для контролю наявності сировини в установках дозування, запобігання холостій роботі лінії або переповнення ємностей. Дуже різноманітні показники точності вимірювань, фізичні принципи, що лежать в основі роботи сенсорів рівня, конструкції та конструкційні матеріали. Практично для будь-яких ділянок, умов роботи та матеріалів, що упаковуються, можуть бути підібрані ті сенсори або сигналізатори рівня, застосування яких сприяють найбільшій вигоді в ході експлуатації.

Безпека формувальних, фасувальних та запаювальних машин на автоматизованих лініях визначає ефективну їх роботу. В основі побудови системи автоматизації такого обладнання як формувальні, фасувальні та запаювальні машини лежить необхідність контролю кінематичних параметрів руху з високою точністю. Необхідно точно визначати просторове становище робочих органів та предметів, а також чітко синхронізувати роботу приводів.

					ДП.АКІТ.8872556.00.00.0000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

Засоби та пристрої автоматизації процесів фасування та пакування представлені на рисунку 1.8. Точний контроль швидкості подачі пакувального матеріалу, точне позиціонування маніпуляторів та предметів на конвеєрі подачі може здійснюватися за допомогою інкрементальних енкодерів, використанням їх як сенсори швидкості та положення. Компактні сенсори тиску використовуються для вимірювання тиску під час всмоктування та процесу надування пакувального матеріалу. Сенсори мітки кольорів використовуються для виявлення присутності етикеток, а також ліній на пакувальному матеріалі для точного ущільнення та різання.



Рисунок 1.8 – Пристрої автоматизації фасувальних ліній

Для приводу різних механізмів пакувальних машин в процесі роботи з підвищеними навантаженнями повинні застосовуватись електродвигуни з короткозамкненим ротором, точне та ефективне керування якими може виконуватись перетворювачами частоти або пристроями плавного пуску. В окремих випадках для підбору та контролю приводних моментів механізмів використовуються компактні редуктори або мотор-редуктори. Пневмовібратори можуть застосовуватись для ефективного випорожнення ємностей із сипучими продуктами.

Основним видом вторинної або групової упаковки є збір первинно упакованих виробів/продуктів в основному в картонні коробки. При цьому одним з основних завдань забезпечення продуктивної та безперервної роботи

					ДП.АКІТ.8872556.00.00.0000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		27

цієї пакувальної ділянки є автоматизація і захист роботи конвеєрів подачі заготовок та продукції, а також захист персоналу. Пристрої конвеєрної безпеки різноманітні та забезпечують запобігання аварійним ситуаціям на конвеєрі і його коректну роботу. До таких належать ряд первинних перетворювачів, а саме [9]:

- сенсори екстреної зупинки та тросові вимикачі;
- сенсори провисання конвеєрної стрічки;
- сенсори контролю сходження стрічки;
- сенсори наявності перешкоди;
- сенсори перевантаження на стрічці;
- сенсори швидкості руху стрічки.

Комбінації застосування захисних фотобар'єрів та контролерів безпеки дозволяють захистити операторів пакувальної лінії від дії небезпечних факторів, наприклад – від підвищених температур у робочому полі установки при упаковці в термозбіжну плівку. Температурні контролери з ПІД-регулюванням допомагають стежити за температурою нагрівальних елементів, які використовуються для герметизації упаковок.

При автоматизації процесу пакування продукції в кінцеву тару, там, де здійснюється агрегація коробів у палети та упаковка палет у термозбіжну плівку, найчастіше застосовуються роботизовані маніпулятори. Компактні високоефективні фотоелектричні сенсори використовуються для виявлення готової продукції перед перенесенням на коробчасту упаковку.

Враховуючи значні масогабаритні показники упаковки та великі ареали механічних переміщень маніпуляторів, захист працюючого персоналу на цих ділянках стає пріоритетним. За необхідності техобслуговування або ремонту обладнання необхідна можливість швидкої та безпечної зупинки або повторного запуску. Для сигналізації про стан роботи механізмів та попередження ремонтного та оперативного персоналу про несправності або роботи застосовується сигнальне обладнання світлового та звукового типу.

					ДП.АКТ.8872556.00.00.0000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		28

Високий рівень автоматизації пакувального процесу зумовлює високу ефективність насамперед з допомогою економії коштів. За даними деяких підприємств, автоматизація упаковки дозволяє в 5–8 разів зменшити чисельність персоналу, зайнятого на цій ділянці, а кількість пакувального матеріалу зменшити на величину до 40%. Автоматизована лінія забезпечує безперервну роботу пакувальної ділянки цілодобово протягом повного тижня та з набагато більш високою продуктивністю, ніж вручну. Високоякісна і приваблива на вигляд упаковка сприяє підвищенню конкурентоспроможності товару при продажах і кращого збереження товару при транспортуванні.

Робота високонадійного автоматичного пакувального обладнання значною мірою вирішує питання безпеки як щодо обмеження доступу неавторизованого персоналу до обладнання та захисту даних виробництва, так і діагностики обладнання, запобігання аварійним режимам та скорочення часу техобслуговування та ремонтних простоїв.

Добре вивчений процес роботи пакувального обладнання дозволяє побудувати досить досконалі системи автоматизації пакувального процесу, що поєднують економічну ефективність із високою надійністю та мінімальною участю людини. У даному розділі запропоновано різноманітні та універсальні рішення щодо всіх етапів та вимог, що забезпечують вичерпну поінформованість оперативного персоналу та керованість усіх процесів на автоматизованій лінії розфасовки рідких продуктів.

					ДП.АКТ.8872556.00.00.0000 ПЗ	Арк.
						29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2. СПЕЦИФІКАЦІЯ ВИБОРУ ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ АВТОМАТИЗАЦІЇ

2.1 Розробка структури технологічного процесу автоматизованої лінії розфасовки рідких та пастоподібних продуктів

Загалом, діяльність промислового підприємства можна розглядати як процес переробки деяких ресурсів на товарну продукцію (рисунок 2.1). У цьому процесі завод або підприємство можна схематично подати як основну виробничу діяльність (власне виробничий процес) і всю супутню їй адміністративно-господарську діяльність із забезпечення процесу виробництва.

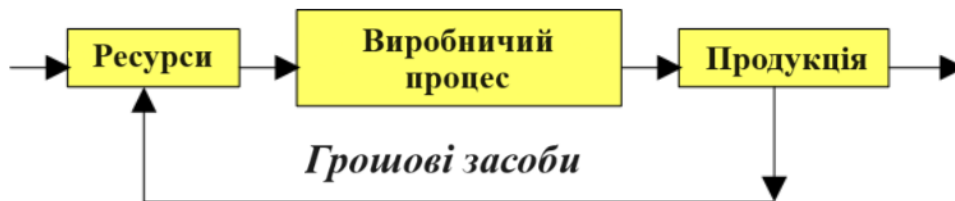


Рисунок 2.1 – Підприємство як єдина система ресурси - продукція

Використовувані у виробництві ресурси за своєю економічною природою можна поділити на 3 групи [10]:

- технічні (агрегати, машини, будівлі, споруди та інші знаряддя праці);
- матеріальні (сировина, паливо, енергія та інші предмети праці);
- трудові (люди праці).

З іншої сторони, сучасне промислове підприємство як виробник товарної продукції, а також у свою чергу бере участь у сфері її обігу та організовуючи збут, реалізацію своєї продукції. З огляду на це, діяльність промислового підприємства можна спрощено уявити, як сукупність процесів підготовки необхідних матеріальних, технічних і трудових ресурсів та виробництва за допомогою цих наявних ресурсів готової продукції, її збуту та реалізації. Тоді модель підприємства можна у спрощеному вигляді представити на рисунку 2.2. Дана модель дозволяє уявити загальне завдання

					ДП.АКІТ.8872556.00.00.0000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		30

управління підприємством як взаємозалежних завдань управління процесами підготовки, виробництва та збуту.

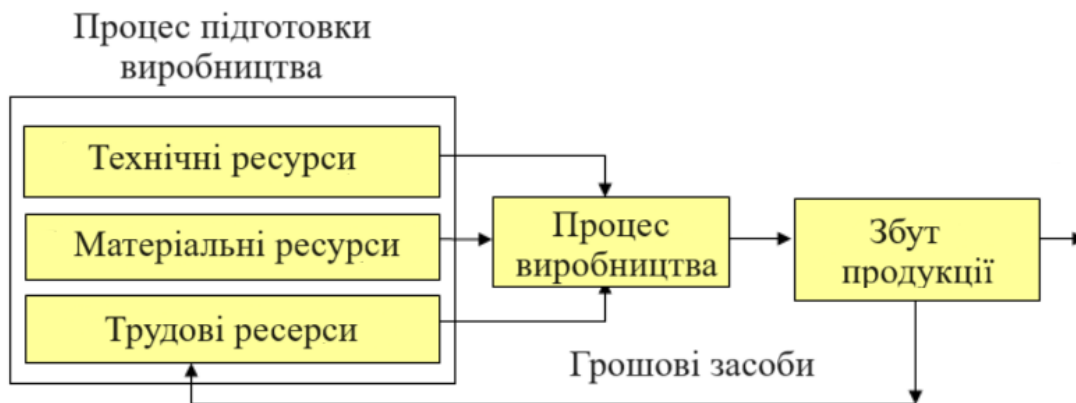


Рисунок 2.2 – Модель підприємства як системи ресурси – збут

Зворотній зв'язок тут відображає використання коштів реалізації для заповнення витрачених ресурсів. Систему управління заводськими потужностями можна представити у вигляді сукупності відповідних функціональних систем управління виділеними видами діяльності та загальнозаводської системи координації (узгодження рішень) цих функціональних систем на користь заводу загалом. Подібна структура автоматизованої системи управління (АСУ) заводу з розташуванням її за функціональними підсистемами представлена на рисунку 2.3.

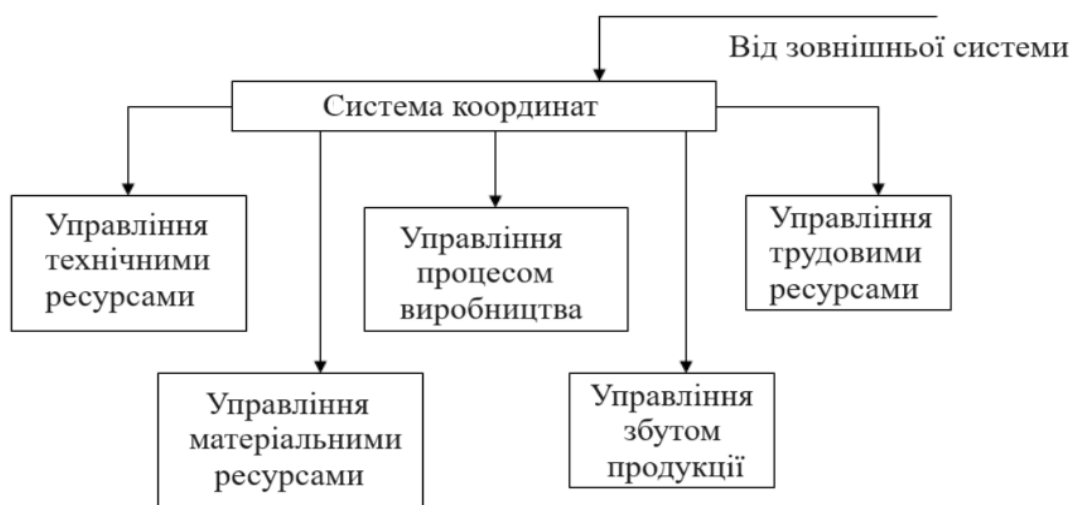


Рисунок 2.3 - Укрупнена структура управління промисловим підприємством (розкладання за функціональними підсистемами)

У загальній структурі АСУ підприємства поділ можна провести по її функціональних підсистемах:

- система координації здійснює свої функції шляхом перспективного та поточного планування роботи підприємства, вирішення завдань оперативної координації по заводу загалом для всіх функціональних систем;
- система управління технічними ресурсами здійснює планування та управління капітальним будівництвом, заміною та ремонтом обладнання, основними фондами заводу, що амортизуються у процесі виробництва;
- система управління матеріальними ресурсами здійснює планування та управління запасами сировини, матеріалів, палива та інших оборотних фондів виробництва;
- система управління трудовими ресурсами забезпечує планування та управління рухом робочої сили, її наймом, оплатою та навчанням;
- система управління виробництвом здійснює планування та управління власне виробничим процесом переробки ресурсів у готову продукцію заводу, її якістю, технологією виробництва;
- система управління збутом продукції здійснює планування та управління відвантаженням готової продукції, її реалізацією та надходженням коштів заводу, її фондами оборотних засобів.

Усі функціональні системи здійснюють облік та аналіз руху своїх ресурсів, ходу процесів, що відбуваються. Функціональні системи, що виділяються, рівноправні, ієрархічно всі вони управляються загальнозаводською системою координації, отримуючи від неї відповідні плани-завдання. У систему координації функціональні системи надають всю необхідну їй укрупнену інформацію своєї діяльності.

Між функціональними системами відбувається обмін оперативною інформацією. Подана структура дозволяє вирішувати загальне завдання управління заводом і його частинами, вирішуючи взаємопов'язані завдання

					ДП.АКІТ.8872556.00.00.0000 ПЗ	Арк.
						32
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

помітно меншої складності. Ця структура дозволяє створювати інтегровану загальну АСУ заводу поетапно, по окремих функціональних системах, що виділяються. Однак загальне завдання управління заводом та завдання управління у кожній з функціональних систем утворюють певну ієрархічну структуру завдань, у якій виділяються кілька рівнів розв'язання.



Рисунок 2.4 - Укрупнена структура управління промисловим підприємством розкладена за тимчасовими інтервалами

На рівні перспективного та поточного (техніко-економічного) планування визначають основні концепції збалансованого розвитку підприємства на п'ять років - рік, квартал, асортимент продукції з урахуванням попиту споживачів та інтересів виробництва, технологію та організацію виробництва, укрупнену виробничу програму. До типових завдань, які вирішуються на цьому рівні, відносяться для прикладу [11]:

- альтернативна перевірка різних планів капітальних вкладень та відтворення засобів виробництва;
- баланси матеріальних та необхідних ресурсів;
- розподіл фінансових коштів.

На рівні оперативного планування відбувається обробка (сортуння та аналіз) замовлень, що надходять на продукцію та підготовка об'ємно-календарних планів для всіх ділянок основного та обслуговуючих

					ДП.АКІТ.8872556.00.00.0000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

виробництв. Основне завдання цього рівня – складання оперативно-календарних планів на місяць, добу, зміну. Плани, що готуються, є основними робочими документами підприємства і істотно впливають на економічні результати його діяльності. В даний час при вирішенні цих завдань використовуються математичні моделі та методи оптимізації.

Отримані рекомендації вимагають корекції з боку персоналу управління, особливо корекції, пов'язаної з поточним ходом виробництва, підготовкою ресурсів, зміною замовлень. Це стосується визначення ритму та режимів роботи основних виробляючих агрегатів та устаткування, що їх обслуговує, яке забезпечують поточну координацію роботи (синхронізацію) учасників виробництва при виконанні замовлень. На рівні оперативного управління здійснюється контроль потоків ресурсів та їх відповідність виробничим графікам, а це: оперативне керування транспортними засобами на користь роботи основних агрегатів; оперативна подача матеріалів зі складів та на склади та інше. Всі ці складні завдання вирішуються здебільшого за допомогою теорії розкладів або евристичними методами.

На рівні безпосереднього управління технологічним процесом використовують дуже різноманітні системи автоматичного контролю та регулювання для різних агрегатів і процесах, що відбуваються в них. Завдання, розв'язувані на цьому рівні, донедавна зводилися до завдань стабілізації заданих параметрів технологічного режиму. В даний час характерне прагнення вирішення завдань оптимального управління цими режимами в рамках обмежень, що задаються рівнем оперативного управління. З точки зору алгоритмів оптимізації ці завдання індивідуальні, залежать від механізму окремих процесів та вимог до них.

Виділені системи планування та управління суворо ієрархічні. Система кожного рівня деталізує рішення вищої системи, передає їй інформацію про свій стан в узагальненому вигляді. Для вирішення завдань на рівнях планування необхідну інформацію накопичують і укрупнюють протягом відповідних періодів планування, використовуючи поточну інформацію. Чим

					ДП.АКІТ.8872556.00.00.0000 ПЗ	Арк.
						34
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

вищий рівень у системі, тим краща узагальнена інформація використовується, тим паче укрупнені рішення приймаються на одному рівні. На нижчих рівнях відбувається деталізація рішень з урахуванням деталізованої інформації менш тривалої за періодом часу. Рішення, що приймаються, реалізують протягом усього періоду планування, коригуючи їх у міру виникнення обурень або періодично протягом усього періоду.

На рівнях оперативного управління виробництвами та технологічними процесами інформацію використовують безпосередньо в міру її виникнення під час виробництва, у реальному часі. Рішення з управління, що приймаються, реалізують відразу, допустимі затримки зазвичай незначні.

При зборі інформації про стан об'єкта управління відбувається її обробка, формування та зберігання інформаційних масивів, необхідних на різних рівнях управління (у зручному вигляді для використання). При цьому відбувається обробка численних документів, за допомогою яких також досягається поінформованість про стан виробничих показників, ресурси виробництва, про постачальників та споживачів. Відбувається формування численних документів обліку та звітності. Завдання, що вирішуються, є найбільш традиційною областю застосування обчислювальної техніки для обробки великих масивів інформації. Типовими завданнями є виробничий облік та звітність, бухгалтерський облік, баланси з матеріального постачання, статистика, які раніше вирішувалися як завдання автономні не інтегровані.

Подання загальної структури АСУ підприємства як сукупності функціональних систем (рисунок 2.3) та систем планування і управління (рисунок 2.4) супроводжується просторовим розкладанням завдань на кожному рівні тимчасової ієрархії, по окремих ділянках виробництва, усередині кожної з функціональних систем.

Запропонований приклад деталізованої структури функціональної системи управління основним виробничим процесом підприємства по виробництву і фасуванні рідких та пастоподібних продуктів (рисунок 2.5).

					ДП.АКТ.8872556.00.00.0000 ПЗ	Арк.
						35
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Детальні структури формуються у межах інших функціональних систем підприємства [12].

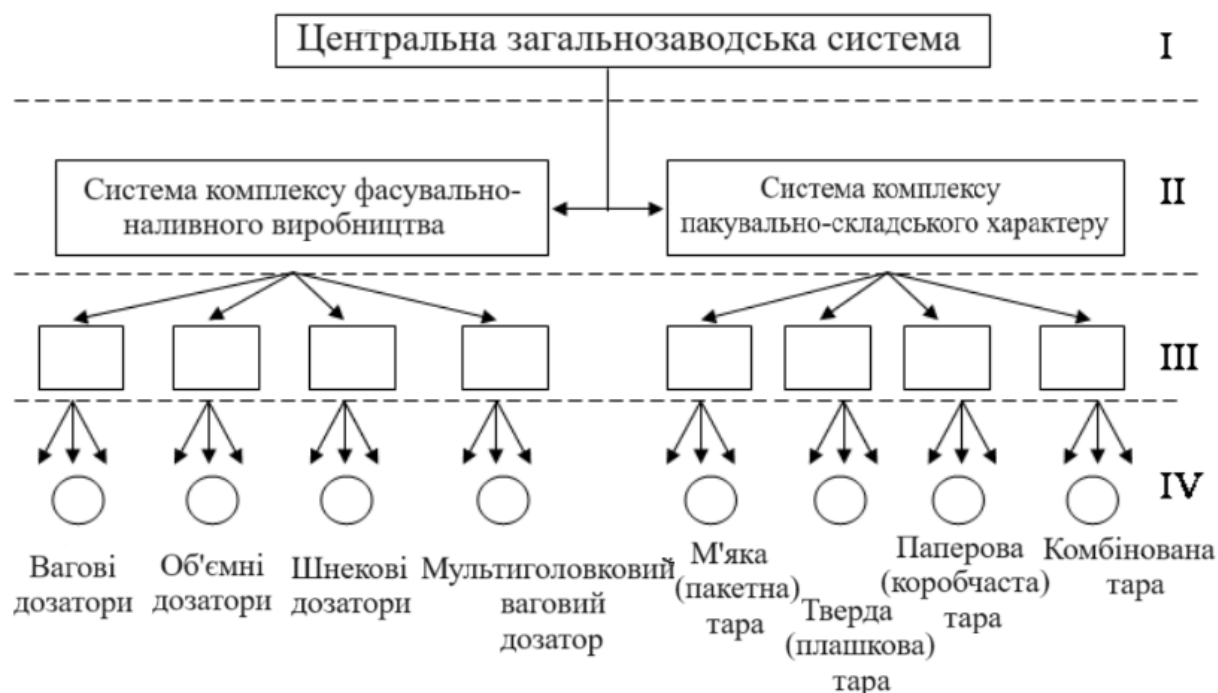


Рисунок 2.5 - Розширена структура управління промисловим підприємством (просторове розкладання): I – перспективне та поточне планування; II – оперативне (календарне) планування; III – оперативне управління виробництвом; IV – управління технологічним процесом.

Таким чином, формування АСУ підприємства відбувається в процесі розкладання загального завдання управління (декомпозиції) у тривимірному просторі:

- за функціями управління;
- за тимчасовим інтервалам періоду управління;
- у просторі на ділянках виробництва.

Система оперативного планування та управління є головною для підприємств чорної металургії, а також для інших підприємств із дискретно-безперервним та дискретним виробництвом. Неоптимальне оперативне планування та керування призводить до наднормативних простоїв основних виробничих агрегатів (ліній фасування та пакування, лінії підготовки тари),

уповільнення виробничого процесу (прихованих простоїв) таких агрегатів, випуску некондиційної продукції (низкосортної) або бракованої продукції, виплаті прямих штрафів організаціям зовнішньої економічної системи.

Оперативне планування та управління забезпечує поточну координацію роботи агрегатів, обслуговуючих механізмів та людей, об'єднаних єдністю виробничого процесу. Для таких систем характерне виконання таких функцій:

- складання оптимального плану-графіка виробничого процесу;
- оперативне управління виробництвом, пов'язане з реалізацією підготовленого плану-графіка шляхом виготовленням та передачі на об'єкт оптимальних керуючих впливів та команд (у таких випадках особливу увагу приділяють координації виробництва усередині ділянки, і із суміжними ділянками виробництва);
- оперативне отримання точної інформації про хід виробничого процесу, стан агрегатів та продуктів, необхідну для вирішення завдань управління; оперативний облік у всьому виробництві та на його ділянках.
- взаємодія систем безпосередньо і тісно пов'язаних з системами управління технологічним процесом і агрегатами.

2.2 Проектування та розробка структури і алгоритму роботи системи управління технологічним процесом фасування на автоматизовані лінії

У сучасних умовах, що змінюються, важливо оперативно підлаштовуватися під будь-які зміни середовищ та налаштовувати для цього обладнання поточних виробничих ліній. Особливо актуально все вище згадане при застосуванні у виробництві рідких або пастоподібних продуктів. У розділі запропоновано методичний підхід до функціонування автоматизованої системи контролю та управління автоматизованою лінією з виробництва і фасування рідких чи пастоподібних продуктів [13].

					ДП.АКІТ.8872556.00.00.0000 ПЗ	Арк.
						37
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Використання цього підходу в практичній діяльності дозволить контролювати поточні параметри, найбільш значущі для процесів виробництва у вигляді аналізу відхилень від побудованої регресивної моделі. Суть запропонованого підходу полягає в тому, щоб контролювати поточні параметри, які не повинні відхилятися від регресійної моделі (відхилення прямують до мінімуму). Основними перевагами впровадження в автоматизовану систему контролю та управління виробничої лінії запропонованого підходу дозволить також підвищити якість продукції, знизити кількість браку готової продукції, підвищити ефективність потокової лінії, оптимізувати час технологічного циклу. Більші можливості управління забезпечать оптимізацію витрат ресурсів, зниження експлуатаційного навантаження та продовжать життєвий цикл обладнання.

У даному розділі представлений матеріал про складання та керування автоматизованою лінією з виробництва рідких та пастоподібних напівфабрикатів. При розробці лінії враховані ті види обладнання, що знаходяться на підприємствах харчової промисловості та мережі громадського харчування. Описано цехи з первинної обробки та підготовки сировини та складання рецептурних компонентів. При організації випуску продукції за цією технологічною лінією процес виробництва буде повністю механізовано, що сприятиме збільшенню асортименту та якості продукції.

При розробці нових технологічних процесів та вдосконаленні модернізації існуючих необхідно спиратися на нові досягнення науки і техніки, а також на не впроваджені винаходи фізико-хімічних наук. Нові технології переробки плодів і овочів, що створюються, дуже важливі не тільки з точки зору фундаментальних наук, але і мають велике прикладне значення для поліпшення технології харчового виробництва.

Усі нові технології харчового виробництва і переробки повинні спиратися на вищевказані закономірності. Перегляд наших уявлень про склад та властивості фруктів та овочів потребує нових технологій, відповідно нових машин та апаратів для їх реалізації.

					ДП.АКТ.8872556.00.00.0000 ПЗ	Арк.
						38
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Технологія харчових продуктів та напівфабрикатів істотно відрізняється від інших хіміко-технологічних виробництв. Найважливішою особливістю харчових продуктів та напівфабрикатів є нестійкість їх якісних показників, що не дозволяє застосовувати у технічному процесі обробки, високі швидкості, тиск, температуру. Для харчових виробництв характерні сировина та напівфабрикати складного складу. Це матеріали, які швидко портяться, що визначає особливі умови їх збереження, потребує оперативного та надійного контролю якості. У цьому механізмі найскладніших процесів (фізичні, хімічні, біохімічні), властивих харчової технології вивчений недостатньо. Відсутні математичні описи багатьох явищ, що протікають під час переробки сировини та напівфабрикатів. У зв'язку з цим, при складанні технологічних ліній необхідно вибирати такі види обладнання, в яких будуть присутні система об'єктивної фіксації властивостей сировини, що переробляється в даний момент, і зміни режиму обробки для отримання найбільш якісного варіанту напівфабрикату, а значить і готового продукту.

До готових товарів харчового виробництва ставлять високі гігієнічні і не тільки вимоги. Сировинні продукти мають мати високу харчову цінність, бути корисними для здоров'я людини. Це в свою чергу зумовлює специфіку проектування технологічних ліній та виконання технологічних процесів. З порядку денного не знімається проблема якості виробленої продукції, яка напряду залежить від якості сировини та напівфабрикатів. Обумовлена оцінка машин не тільки за продуктивністю, надійністю або навіть за зовнішнім виглядом і кольором продукту, а й про збереження та зосередженням усіх цінних і корисних речовин сировини в процесі переробки.

За способом отримання харчових продуктів і напівфабрикатів виробництва класифікують за складом сировини (одно або багатокомпонентні) та повнотою її використання (безвідходне виробництво, або з виділенням технологічних відходів) [14]. Ці чи інші ознаки визначають

					ДП.АКІТ.8872556.00.00.0000 ПЗ	Арк.
						39
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

особливості та склад різновидів машин та апаратів у структурі технологічного процесу ліній харчового виробництва. У технологічній лінії виділяються три основних етапи: підготовчий, основний та заключний етапи. На підготовчому етапі виробництва сировину готують до переробки (мийка, очищення, різання та інших.), переважно відбуваються всі перетворення, необхідні отримання напівфабрикатів та готової продукції, але в заключному – продукції надають товарний вид.

Враховуючи вищезазначені закономірності харчових технологій та ряду суттєвих особливостей, що надають напівфабрикатам фруктових та овочевих соусів наукову новизну та практичну значимість, виникла потреба у розробці схеми технологічної лінії з виробництва та фасування. Важливою перевагою нових технологічних схем виготовлення рідких та пастоподібних напівфабрикатів (овочевих соусів) є можливість організації виробництва безперервним способом. Для цього створено автоматизовану лінію з приготування рідких напівфабрикатів (рисунок 2.6).

Представлена автоматизована лінія включає обладнання, що випускається серійно, застосовуються на підприємствах харчової промисловості та громадського харчування, вітчизняних та зарубіжних виробників.

Автоматизована лінія складається з чотирьох ділянок:

- ділянка приготування рідкої основи напівфабрикатів;
- ділянка обробки сировини;
- ділянка обробки додаткової сировини (інгредієнтів);
- ділянка складання рецептур та приготування рідких та пастоподібних напівфабрикатів.

Управління автоматизованою лінією забезпечує автоматизована система керування технологічним процесом, але оскільки фасування продукту йде в готову тару, завантажену в структурний елемент лінії (бункер), тому він називається напіваавтоматичний. Функціональна схема управління автоматизованою лінією представлена на рисунку 2.7.

					ДП.АКТ.8872556.00.00.0000 ПЗ	Арк.
						40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

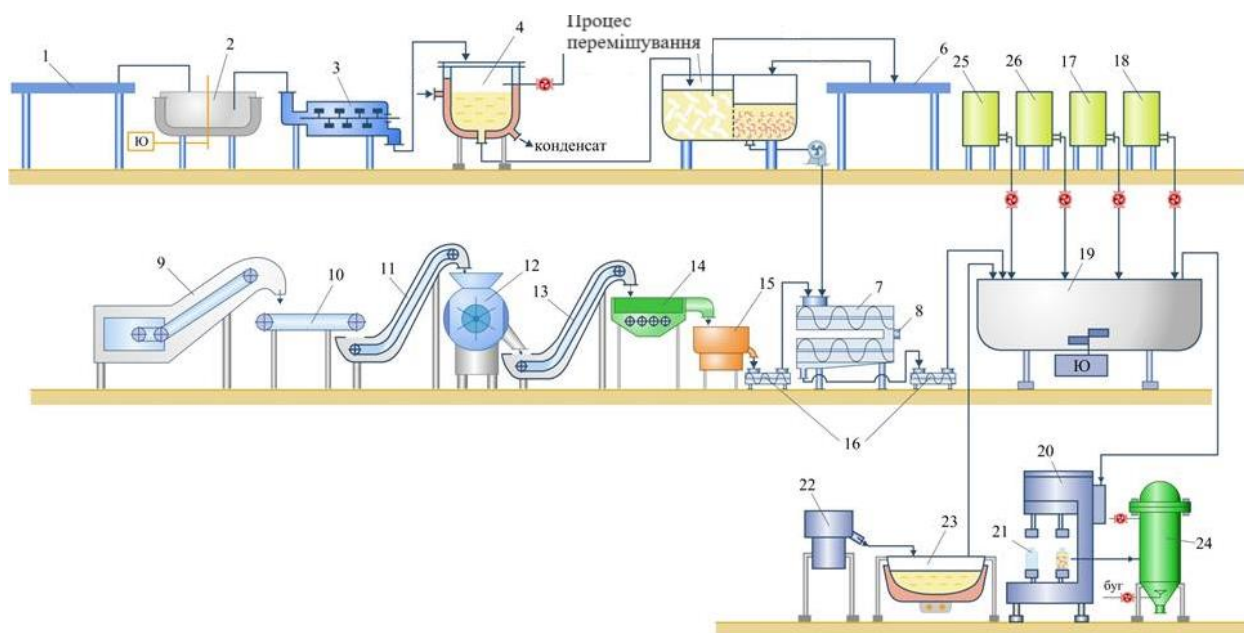


Рисунок 2.6 – Організація технологічного процесу виготовлення, фасування рідких напівфабрикатів на автоматизованій лінії, яка включає наступні етапи:

1 - сортування; 2 - очищення; 3 - подрібнення; 4 - варіння; 5 – поділ (проціджування); 6 – виділення окремих елементів; 7 - подрібнення; 8 - збирання відходів; 9 - мийка додаткової сировини; 10 – інспекція (перевірка якості); 11 – підйом, перенесення; 12 - подрібнення; 13 – підйом, перенесення; 14 - фасування; 15 - об'єм для збору; 16 - гвинтовий насос; 17 - дозатор солі; 18 - дозатор цукру; 19 - бункер для збору та перемішування; 20 – розфасовка; 21 - тара; 22 - просіювання; 23 - пасерування; 24 - автоклав; 25 - бак для варіння; 26 бак для стерилізації.

Уся система управління автоматизованою лінією фізично поміщена у щит керування. Система управління установки зібрана на пристроях ОВЕН. З великих вузлів лише головний привід поворотного столу виготовлений французьким виробником, а пневмоавтоматика використана відомих виробників FESTO та KIPVALVE. Основа системи управління фасувальної станції - програмований логічний контролер ОВЕН ПЛК110 із сенсорною панеллю оператора ОВЕН СП310. На контролер ПЛК110 заведені всі дискретні сигнали від багатьох сенсорів положення, оптичних та індуктивних сенсорів. Для підключення термопари встановлено додатковий модуль

					ДП.АКІТ.8872556.00.00.0000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		41

вводу/виводу ОВЕН МВ110. Рівень продукту в баку контролюється за допомогою 4 - каналного сигналізатора рівня рідини ОВЕН БКК1. Для живлення сенсорів використовуються блоки живлення ОВЕН БП30Б.

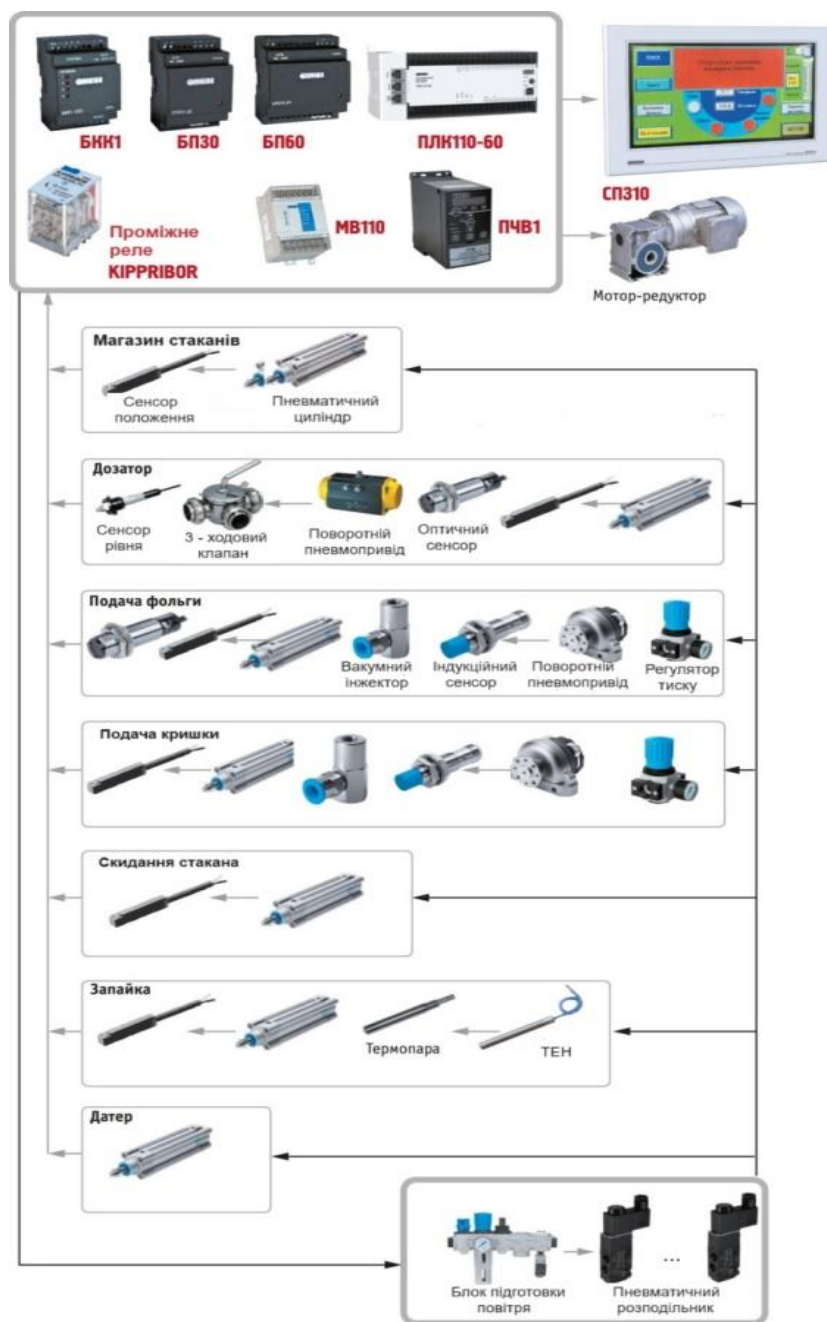


Рисунок 2.7 - Функціональна схема управління автоматизованою лінією

Технологічний цикл є невід’ємним елементом будь-якого технологічного процесу. Мотор-редуктор у парі з перетворювачем частоти, керованим ПЛК110, виконує функцію головного приводу поворотного столу станції фасувальня. Контроль повороту столу здійснюється за допомогою

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ДП.АКІТ.8872556.00.00.0000 ПЗ

Арк.

42

індуктивних сенсорів, а завантаження фасувальної тари (пластикових склянок) - за допомогою механізму, що приводиться в дію пневматичним циліндром шляхом виділення однієї склянки із загальної стопки та її встановлення у вкладку поворотного столу. Переміщення циліндра контролюється сенсором положення.

Дозатор забезпечує заповнення склянок продуктом. Дозуючий циліндр здійснює забір продукту встановленого обсягу з ємності та видавлювання дози в склянку [12]. Триходовий кран, керований поворотним пневматичним приводом, забезпечує перемикання напрямків руху продукту. Відсічний клапан запобігає падінню крапель продукту з магістралі, що подає. Контроль переміщення пневматичного циліндра здійснюється сенсором положення, а контроль наявності склянки – оптичним сенсором.

Установка фольги на заповнену продуктом склянку виконується відповідним вузлом. Дотримання точного кута повороту пневматичного приводу, контроль наявності та захоплення фольги, наявності склянки та положення пневматичного циліндра здійснюються за допомогою вакуумного реле, індуктивних сенсорів, оптичного сенсора та сенсорів положення циліндра.

При запаюванні фольги відбувається її притиск до склянки та нагрівання протягом встановленого часу. Управління нагрівачем здійснюється через твердотіле реле, а температура контролюється термopарою, підключеною до модуля введення MB110. Запаювальне кільце з нагрівачем наводиться рухом пневматичного циліндра, положення якого контролюється сенсорами. Після запаювання датер проставляє дату на фользі.

Робота вузла подачі кришки аналогічна роботі вузла подачі фольги, з тією різницею, що в процесі встановлення кришки склянка піднімається нагору за допомогою пневматичного циліндра. На завершення циклу відбувається вилучення запакованої склянки з вкладиша поворотного столу та його переміщення по лотку на групову упаковку коробки.

					ДП.АКІТ.8872556.00.00.0000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

Для початку роботи автоматизованої лінії необхідно завантажити в лінію тару (склянки), фольгу, при необхідності додаткову пластикову кришку, в завантажувальну ємність - продукт для фасування, налаштувати дозатор на необхідний обсяг фасування та встановити дату виробітку. Далі всі операції лінія виконує автоматично [13]. Управління гранично просто та інтуїтивно зрозуміле: кожна операція (вузол) позначена окремою піктограмою на панелі оператора СП310. Так, наприклад, якщо за технологією не потрібно встановлення додаткової кришки, потрібно натиснути на відповідний вузол, і він буде вимкнений. Натиснувши ще раз - і цей вузол знов у роботі.

У системі управління передбачені всі можливі блокування, при виявленні помилки будь-яка операція блокується. Кожна помилка описана та виводиться на інформаційний графічний дисплей СП310. Наприклад, якщо закінчилася тара в магазинному бункері, то лінія видасть повідомлення «немає тари» і відключить дозатор, якщо закінчилася фольга, лінія буде зупинена і на дисплеї з'явиться повідомлення «немає фольги, завантажте фольгу і натисніть ПУСК». Оператор завантажує фольгу, натискає кнопку, і робота продовжується. При спробі запустити лінію без фольги на дисплей буде виведено повторне попередження.

При необхідності автоматизовану лінію можна переналаштувати на різні форми та розмір тари, але оптимальною вважається тара одного посадкового розміру. Стаканчики мають однакові посадкові розміри, але різний об'єм — 250 і 500 г. Відповідно, для переналаштування потрібно лише змінити налаштування дозатора та пристрою підйому тари — це дуже просто і спеціалізований персонал тут не потрібний, оператор може переналаштувати самостійно протягом декількох хвилин. Якщо все-таки потрібно змінювати посадкові розміри, це слід враховувати при замовленні автоматизованої лінії, так як для цього необхідна заміна деяких вузлів. Оператор чи налаштувальник і в такому разі зможе переналаштувати лінію досить швидко.

					ДП.АКІТ.8872556.00.00.0000 ПЗ	Арк.
						44
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.3 Обґрунтування вибору промислового мікроконтролерного обладнання та засобів автоматизації технологічного процесу

Автоматизовані системи контролю та управління лініями з виробництва рідких або пастоподібних продуктів використовуються для аналізу перебігу складних процесів, що виконуються під час певного технологічного процесу. В цьому контексті система контролю та управління виробництвом є складною централізованою або децентралізованою інформаційно-технологічною системою для збору, аналізу та обробки сигналів процесу в реальному часі. Вона надає контролюючий вплив на процеси виробництва або автоматичним способом, або за допомогою втручань користувача. Відповідно до класичного визначення система управління призначена для підтримки персоналу цеху в управлінні його устаткуванням, і навіть контролю за виробничими процесами.

Згідно з іншою точкою зору автоматизована система управління являє собою встановлену систему керування із замкнутим контуром, яка не потребує оператора. Вона має дві пов'язані з нею змінні процесу: керуюча змінна та керована змінна. Керована змінна - це змінна процесу, яка підтримується із заданим значенням або в межах заданого діапазону. При цьому в будь-якій автоматичній системі управління використовуються чотири основні функції [14]:

- вимірювання;
- комбінація;
- компенсація;
- корекція.

Також у системі є три функціональні елементи, необхідні для виконання функцій системи автоматичного керування: елемент вимірювання, елемент виявлення помилки, кінцевий елемент керування. Крім того, у зв'язку з постійними змінами та динамікою суспільного розвитку і для підтримки конкурентоспроможності будь-якому підприємству необхідно

					ДП.АКТ.8872556.00.00.0000 ПЗ	Арк.
						45
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

швидко реагувати на ситуацію та вимоги ринку. Технологія повинна підтримувати наступне: будь-які зміни у виробничому процесі мають бути проаналізовані та проведені переналаштування обладнання. Сьогодні ефективні модифікації виробничих систем справді складні, які призводять до збільшення попиту на адаптивність.

Для ефективного обміну інформацією всі задіяні системи мають взаємодіяти як можна оперативніше та без збоїв. Особливої актуальності набуває необхідність переналаштування автоматизованих систем контролю та керування рідкими або пастоподібними продуктами, які включають: розвантажувальні пристрої для пастоподібної сировини, наповнювачі для пастоподібної сировини, ємності для контейнерів, контейнерні наповнювачі, системи транспортування, зберігання, змішування, сертифіковані по стандарту NTEP системи зважування, а також блок автоматизації та управління.

Для ефективної роботи автоматизованої лінії вибір мікропроцесорного пристрою керування та засобів автоматизації є відповідальним завданням, що включає можливість модернізації, заміни обладнання в процесі експлуатації виробничої лінії. Як було сказано вище основа системи керування фасувальної станції побудована на програмованому логічному контролеру ОВЕН ПЛК110 (рисунок 2.8) [15].



Рисунок 2.8 – Програмовано-логічний контролер ОВЕН ПЛК110

					ДП.АКІТ.8872556.00.00.0000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

ОВЕН ПЛК110[M02] – лінійка програмованих моноблочних контролерів з дискретними входами/виходами на борту для автоматизації середніх систем. Оптимальний для побудови систем автоматизації середнього рівня та розподілених систем управління.

Даний програмовано-логічний контролер застосовується для побудови розподілених систем управління та диспетчеризації з використанням як провідних, так і бездротових технологій, а саме:

- у системах HVAC;
- у сфері ЖКГ;
- АСУ водоканалів;
- лінії по дерево- та металообробці (розпил, намотування тощо);
- для керування харчопереробними та пакувальними апаратами;
- для керування кліматичним обладнанням;
- для автоматизації торговельного обладнання;
- у сфері виробництва будівельних матеріалів;
- для керування малими верстатами та механізмами.

Основними перевагами ОВЕН ПЛК110 є:

- наявність вбудованих дискретних входів/виходів;
- швидкісні входи для обробки енкодерів;
- ведення архіву роботи обладнання або робота за заздалегідь обумовленими сценаріями при підключенні до контролера USB-накопичувачів.
- просте та зручне програмування у системі CODESYS v.2 через порти USB Device, Ethernet, RS-232 Debug;
- передача даних на верхній рівень через мережу Ethernet або GSM (GPRS);
- 4 послідовні порти (RS-232, RS-485) для: збільшення кількості входів-виходів, управління частотними перетворювачами, підключення панелей операторів, GSM-модемів, зчитувачів штрих-кодів та інше.

					ДП.АКІТ.8872556.00.00.0000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		47

Сенсорна панель оператора ОВЕН СП310 представляє собою пристрій класу "людино-машинного інтерфейсу", призначена для завантаження керуючої програми (проекту), та функціонування програмовано-логічного контролера (ПЛК) або інших приладів, до яких підключається панель моніторингу функціонування та редагування значень параметрів (рисунок 2.9). Даний пристрій дозволяє відобразити на екрані хід виконання технологічного процесу та редагувати значення параметрів, які відповідають за функціонування системи [16].



Рисунок 2.9 - Сенсорна панель оператора ОВЕН СП310

Логіка роботи панелі СП310-Р визначається споживачем у процесі конфігурування персонального комп'ютера (ПК) з використанням програмного забезпечення «Конфігуратор СП300». До основних функції СП310-Р відносять:

- відображення стану керованого об'єкта в режимі реального часу з використанням графічних піктограм (індикатори, графіки, лінійки, умовні позначення обладнання тощо);
- відображення сенсорних елементів, за допомогою яких оператор здійснює безпосереднє керування функціонуванням об'єкта;
- управління функціонуванням ПЛК та інших приладів;
- запис та читання значень регістрів ПЛК та інших приладів, до яких підключається панель;

					ДП.АКІТ.8872556.00.00.0000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		48

- оперативна зміна режиму роботи (зміна зовнішнього вигляду екрану та інтерфейсу управління, параметрів управління тощо) шляхом завантаження нового проекту;
- робота в режимі Master або Slave.

MB110-224.8A – модуль введення аналогових сигналів (8 каналів) представлений на рисунку 2.10. Прилад призначений для вимірювання сигналів термопар, термометрів опору, сенсорів тиску, вологості - первинних перетворювачів і передачі вимірюваних значень цифрового інтерфейсу RS-485 в ПЛК контролер або в ПК (SCADA-систему). MB110 8A має 8 універсальних вхідних каналів гальванічно ізольованих від ланцюгів живлення та інтерфейсу.



Рисунок 2.10 - Модуль введення аналогових сигналів MB110-224.8A

Модуль аналогового введення ОВЕН MB110 8A застосовується в різних галузях промисловості, сільського та комунального господарства, а також на транспорті для автоматизації збору даних. Особливості модуля введення MB110-224.8A є наступні [17]:

- універсальне живлення DC - 24 В або AC - 230 В;
- окреме налаштування кожного каналу (дозволяє підключити 8 різних сенсорів);
- передача даних RS-485 на відстань до 1200 метрів;

					ДП.АКІТ.8872556.00.00.0000 ПЗ	Арк.
						49
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- стандартні протоколи обміну (Modbus RTU, ModBus-ASCII) для зв'язку із обладнанням сторонніх виробників;
- вбудоване джерело живлення для активних сенсорів із сигналом 4...20 мА;
- швидкозмінні клемники для зручності заміни модуля MB110 224.8А;
- діагностика стану сенсорів (контроль обриву чи короткого замикання);
- дистанційне зчитування даних через OwenCloud.

Ультразвуковий сенсор положення M30×102 застосовується для визначення наявності об'єкта у зоні чутливості за принципом відбиття від нього механічних хвиль високої частоти (200 кГц) (рисунок 2.11). Сенсор може працювати в умовах запилення, задимлення, пари, туману, а також визначати об'єкти будь-якого кольору та оптичної відбивної здатності (наприклад, може визначати прозорі об'єкти). Сенсор положення не виконує завдання вимірювання відстані до об'єкта [18, 19].



Рисунок 2.11 - Ультразвуковий сенсор положення M30×102

Випромінювачем ультразвукових коливань та приймачем відбитого від об'єкта сигналу є п'єзоелемент сенсора. Тривалість часу між випромінюванням сигналу та його прийомом залежить від віддаленості об'єкта від сенсора. Цей час вимірюється та порівнюється із запрограмованими значеннями ближньої та дальньої межі зони чутливості, які програмуються за допомогою кнопок. Це дозволяє зробити зону

					ДП.АКІТ.8872556.00.00.0000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		50

спрацьовування вужчою, ніж зона чутливості та відлаштуватися від впливу помилкових або фонових об'єктів.

Термоелектричний нагрівач патронний (ТЕНП) використовуються у виробничому середовищі при нагріванні обладнання великого розміру, наприклад прес-форми, термопласт-автомата (ТПА) та інших вузлів металевих пристроїв (рисунок 2.12). Патронні або пальчикові ТЕН представлені у розмірах від 50 до 1300 мм за довжиною та діаметром від 3 до 50 мм.

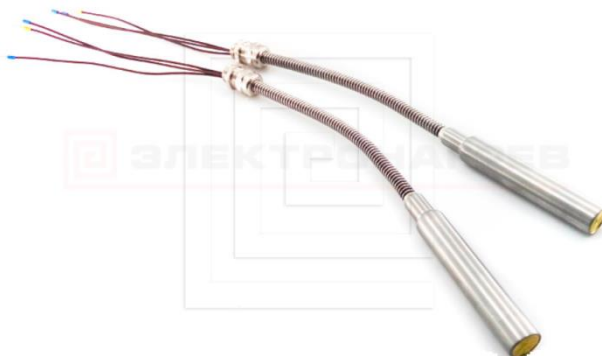


Рисунок 2.12 - Термоелектричний нагрівач патронний

ТЕНП розміщується у спеціальний отвір, відповідного розміру та діаметра через який і відбувається нагрівання відведеної частини обладнання. Завдяки контактному способу нагріву ТЕНП повинен повністю збігатися з розміром отвору під нагрівач.

Основними перевагами патронних ТЕНів від електронагрівачів є те, що:

- ТЕН має різноманіття конфігурацій та форм виконання;
- економічність;
- відповідність температурі нагріву;
- декілька варіантів підключення;
- вбудована термопара на замовлення.

Пристрій патронного ТЕНу представлений у вигляді сталевий або латунної трубки, всередині якої вміщена керамічна втулка з нагрівачем. Як нагрівач використовується дріт резисторний у формі спіралі. Порожній

					ДП.АКІТ.8872556.00.00.0000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		51

простір заповнюється порошком двоокису магнію, який має високий ступінь теплопровідності.

Пневматичний циліндр (пнеumoциліндр) Norgren серії PRA/RA є виконавчим механізмом у промисловому устаткуванні (рисунок 2.13). Приводиться в дію пневматичний циліндр стисненим повітрям, що подається через елементи, що керуються (пневморозподільники, пневмопедалі) з компресора. На виході компресора, щоб продовжити ресурс пневматичних елементів, рекомендується встановлювати фільтри, маслорозпилювачі (лубрикатори), а необхідний тиск встановлюється регулятором.



Рисунок 2.13 - Пневматичний циліндр Norgren серії PRA/RA

Принцип роботи пневматичного приводу описаний дуже давно, сьогодні ж пневмоциліндри застосовуються практично у всіх сферах виробництва. І на жаль, пневмоциліндри, як і будь-який інший агрегат промислових засобів автоматизації схильний до зносу. Конструкція пневмоциліндрів проста та надійна, не вимагає поточного обслуговування та розрахована на важкі умови експлуатації будівельних машин та механізмів у різних кліматичних умовах.

					ДП.АКІТ.8872556.00.00.0000 ПЗ	Арк.
						52
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3. РОЗРАХУНОК СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО РЕГУЛЮВАННЯ

3.1 Розробка методу автоматизованого контролю і управління виробничої лінії як частини АСУ підприємства

Зростання витрат на модифікацію або реінжиніринг існуючих установок та розробку нових посилюється тим, що подібні виробничі процеси є дороговартісними, так і податливим до помилок у зв'язку з включенням в себе безлічі технічних та інформаційно-технологічних інтерфейсів. Щоб підвищити мінливість (здатність до адаптації) таких систем, необхідно знайти загальне, багаторазове рішення для цих проблем.

Для забезпечення стабільності виробничо-технологічних процесів та оптимізації режимів роботи обладнання ліній з виробництва рідких чи пастоподібних продуктів необхідна своєчасна, повна, достовірна, комплексна і в той же час не надмірна інформація про ключові параметри, які мають найбільший вплив на якість продукції. Іншими словами кажучи, одним із основних завдань є оцінка інформативності та достовірності параметрів та вибір з них керованих та контрольованих.

Для вирішення цих завдань закономірно використовувати два підходи [20]:

- метод лідера до матриці суміжності;
- метод матриць впливу.

Загалом для контролю та управління потокових ліній з виробництва пастоподібних/рідких продуктів слід використовувати метод лідера до матриці суміжності, який застосовується при відносно невеликій (менше 100) кількості операцій та факторів, що впливають на вихідні параметри продукції, що виробляється. Використання даного методу дозволяє виявляти найбільш інформативні характеристики виробничо-технологічного процесу. Визначення об'єктивних критеріїв якості готової продукції, напівфабрикатів та сировини, поелементний всебічний аналіз процесів, вибір ключових

					ДП.АКІТ.8872556.00.00.0000 ПЗ	Арк.
						53
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

режимних параметрів, що відображають перебіг будь-якого етапу технологічного процесу дозволяє виділити необхідні точки регулювання та контролю, що у свою чергу, сприятиме вибору найбільш підходящих автоматизованих засобів контролю та управління. До таких параметрів можуть належати: вологість, температура, об'єм та ті параметри, які можуть змінюватися протягом усього виробничого циклу.

Отже можна аргументувати, що для більш ефективного управління та контролю необхідно, перш за все, виявити найбільш значущі параметри, зв'язки та значимість на будь-якій стадії технологічного процесу, що можна визначити за формулою:

$$r_{ij} = \frac{\frac{1}{n-1} \sum_{k=1}^n (\bar{x}_i - x_{ki}) (\bar{x}_j - x_{kj})}{\sqrt{D_{x_i}^2} \sqrt{D_{x_j}^2}}$$

де: r_{ij} – коефіцієнт кореляції, що характеризує суміжність та напрямок зв'язку між i -тим і j -тим параметрами; \bar{x}_i – середнє значення i -ого параметра; \bar{x}_j – середнє значення j -ого параметра; $D_{x_i}^2$ – дисперсія i -го параметра; $D_{x_j}^2$ – дисперсія j -ого параметра.

Перевірку значущості набутих значень можна проводити за допомогою критерію Стюдента з використанням наступної формули [21]:

$$St_{ij} = \frac{r_{ij} \sqrt{n-2}}{\sqrt{1-r_{ij}^2}}$$

Параметр вважається тим більш значущим, чим коефіцієнт більший за нуль, якщо зв'язок відсутній або мало помітний, коефіцієнт прирівнюється до 0. Вибравши найбільш значущі параметри за допомогою регресійного аналізу необхідно визначити характер взаємозв'язку між параметрами за наступною формулою (3) шляхом розрахунку для кожного параметра коефіцієнтів лінійної множинної регресії по методу найменших квадратів:

$$R(\vec{p}) = \sum_{l=1}^L (x_l - \bar{x}_l)^2 \rightarrow \min.$$

					ДП.АКІТ.8872556.00.00.0000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		54

Суть пропонованого підходу полягає в тому, щоб контролювати поточні параметри, які повинні відхилятися від регресійної моделі (відхилення прямують до мінімуму). Регресійна модель будується на підставі L спостережень досліджуваного показника. На рисунку 3.1 представлений методичний підхід до функціонування автоматизованої системи контролю та управління ліній з виробництва рідких або пастоподібних продуктів.



Рисунок 3.1 – Методичний підхід до функціонування автоматизованої системи контролю та управління ліній з виробництва продуктів

Автоматизований контроль процесу наповнення рідких та пастоподібних продуктів дозволяє проводити пакувальні та переробні операції для виробництва даної продукції на заданих швидкостях, не дбаючи про постійні відходи сировини, переробку трудових ресурсів та надлишкових витрат за недостатності обладнання. Усуваючи прояви надлишкових або недостатньо заповнених контейнерів за рахунок моніторингу відхилення значущих параметрів можна значно зменшити втрату матеріалу, забезпечити оптимальну швидкість лінії та підвищити безпеку та ефективність праці.

Критично важливим для ефективності процесу є те, що інтегрована автоматизація забезпечує точну подачу матеріалу із систем зберігання в багатоцільові місця використання, що дозволяє оптимізувати ресурси та покращити організацію об'єктів.

Переваги впровадження в автоматизовану систему контролю та управління виробничої лінії пропонованого підходу дозволить також підвищити якість продукції, що випускається, реєструючи відхилення кількості продуктів. Система контролю виробничої лінії буде фіксувати стан машин у реальному часі, інформація про відхилення буде надаватися оператору за допомогою аудіовізуальних сигналів. За рахунок цього

					ДП.АКІТ.8872556.00.00.0000 ПЗ	Арк.
						55
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

знизиться кількість браку готової продукції, підвищиться ефективність потокової лінії, оптимізується час технологічного циклу, мінімізується час простою. Інтегрована автоматизація забезпечить системний контроль процесу, зв'язок, зчитування, моніторинг у єдиний керований модуль. Більш широкі можливості управління забезпечать оптимізацію витрат ресурсів, зниження експлуатаційного навантаження та продовжать життєвий цикл обладнання.

3.2 Розробка функціональної схеми об'єкта керування та розрахунок його параметрів ПД-регулятора

Багато об'єктів автоматичного управління в різних галузях людської діяльності містять тимчасові запізнення сигналів, які не можна знехтувати. Тимчасове запізнення сигналів проявляється в тому, що при зміні вхідного сигналу вихідний сигнал об'єкта управління (ОУ) починає змінюватися не відразу, а з деякою затримкою у часі. Це негативно впливає на можливості управління промисловими об'єктами і може призвести до втрати стійкості системи управління, погіршення якості перехідних процесів тощо [22, 23].

Для покращення якості регулювання систем із запізненням застосовуються типові ПД-регулятори та їх модифікації, які набули широкого застосування в промисловості. Їхня поширеність обумовлюється простотою побудови та промислового застосування, ясністю функціонування, придатністю для вирішення різних практичних завдань та низькою вартістю. Універсальна структура таких регуляторів дозволяє досягти прийнятних результатів стосовно широкого класу промислових об'єктів низького порядку. Але необхідні статичні та динамічні показники якості регулювання типових ПД-регуляторів не завжди можуть забезпечити, вони вимагають налаштування. На сьогоднішній день накопичений величезний досвід експлуатації таких регуляторів, розроблені різні методи синтезу та налаштування параметрів. В даний час у кожного з відомих

					ДП.АКІТ.8872556.00.00.0000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		56

методів існують певні переваги та недоліки, свої обмеження та сферу застосування. Актуальними залишаються методи аналізу та синтезу систем з ПД-регуляторами та в останні роки, тому оптимальне налаштування параметрів ПД-регулятора це одне з головних завдань систем автоматичного регулювання технологічних процесів у харчовій промисловості.

Існує безліч методів налаштування ПД-регулятора, тому виникає потреба проведення порівняльного аналізу різних методів та знаходження найприйнятнішого для конкретного виду завдань. Для розрахунку параметрів ПД-регулятора технологічного процесу взято об'єкт – промисловий дозатор автоматизованої лінії фасування рідких або пастоподібних продуктів, що складається з двох баків об'ємом 40 м^3 . Функціональна схема об'єкта (дозатора) представлена на рисунку 3.2 [24].

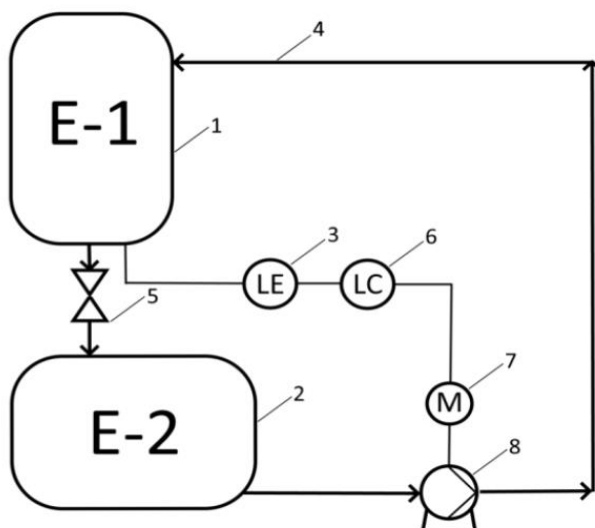


Рисунок 3.2 - Функціональна схема об'єкта управління (промисловий дозатор): 1 – основна ємність; 2 – допоміжна ємність; 3 - сенсор рівня; 4 – лінія запізнення (незаповнений трубопровід); 5 – ручний вентиль; 6 – регулятор рівня, 7 – асинхронний двигун (привід насоса); 8 – насос.

Перший бак є основним, він представляє собою вертикальну циліндричну ємність, в яку вбудований сенсор рівня рідини. Допоміжний бак розташований нижче основного, це забезпечує вільний злив рідини із основної ємності. Необхідно забезпечити стабільну роботу цього об'єкта.

					ДП.АКТ.8872556.00.00.0000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		57

Об'єм рідини в основному баку потрібно регулювати від мінімального значення, рівного 9 м³, до заданого значення 34 м³. За характеристикою розгону, показаної на рисунку 3.3, було визначено, що це другий об'єкт порядку із запізненням, передавальна функція якого має наступний вигляд:

$$W(p) = \frac{y}{u} = \frac{K}{T^2 p^2 + 2dTp + 1} e^{-\tau s},$$

де T – стала часу об'єкта, K - коефіцієнт підсилення об'єкта, d -коефіцієнт демпфірування, τ - час затримки.

Також за характеристикою розгону можна визначити динамічні характеристики об'єкта, такі як: $\tau = 75$ с, $T = 47$ с, с, $K = 1$.

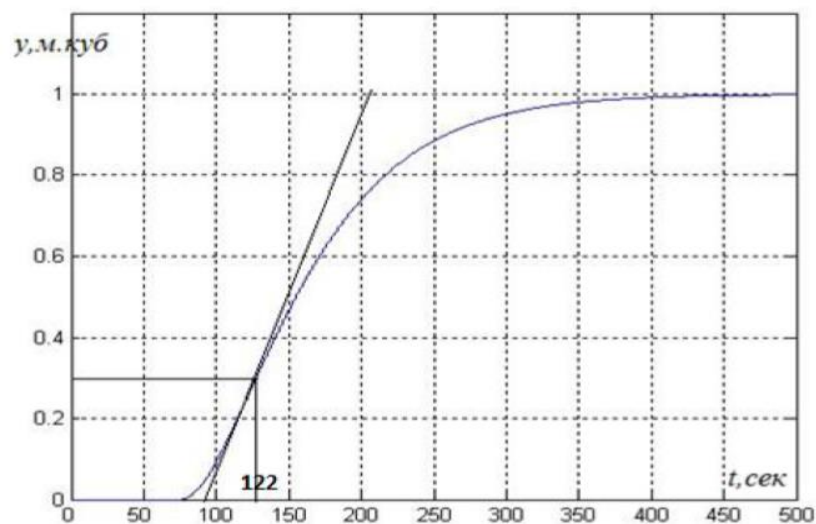


Рисунок 3.3 – Графічна характеристика розгону

Для визначення сталої часу T , проводиться дотична до графіка переходного процесу та береться точка, у якій дотична перестає торкатися графіка, а це 122 с при амплітуді сигналу 0.3. Наступним кроком віднімається час запізнення та отримуємо в результаті [25]:

$$122 \text{ с} - 75 \text{ с} = 47 \text{ с}.$$

Таким чином, передавальна функція об'єкта управління має вигляд:

$$W_o(p) = \frac{1}{2209 p^2 + 94 p + 1} e^{-75 s}.$$

У замкнутій системі необхідно забезпечити наступні вимоги до якості перехідного процесу:

$$t_{mn} \leq 600 \text{ с}, \sigma = 0\%, \Delta = 0.$$

3.3 Розрахунок параметрів ПІД-регулятора за допомогою різних математичних методів

Метод Циглера-Нікольса характеризується простотою використання, але не дає прийнятних результатів. Тим не менш, він досить часто використовується практично. При використанні даного методу коефіцієнти ПІД-регулятора розраховуються за такими формулами [26]:

$$K_p = \frac{1.2T}{K\tau}, K_i = \frac{0.6T}{K\tau^2}, K_d = \frac{0.6T}{K},$$

де T – стала часу об'єкта, τ – час затримки.

Виходячи з розрахункових співвідношень, емпіричні значення параметрів ПІД-регулятора отримано у наступні формі:

$$K_p = 0.752, K_i = 0.005, K_d = 28.2.$$

У програмному середовищі Simulink програмного пакету MATLAB проведено чисельне моделювання системи з ПІД-регулятором, структурна схема якого представлена на рисунку 3.4, а результати моделювання показано на рисунку 3.5.

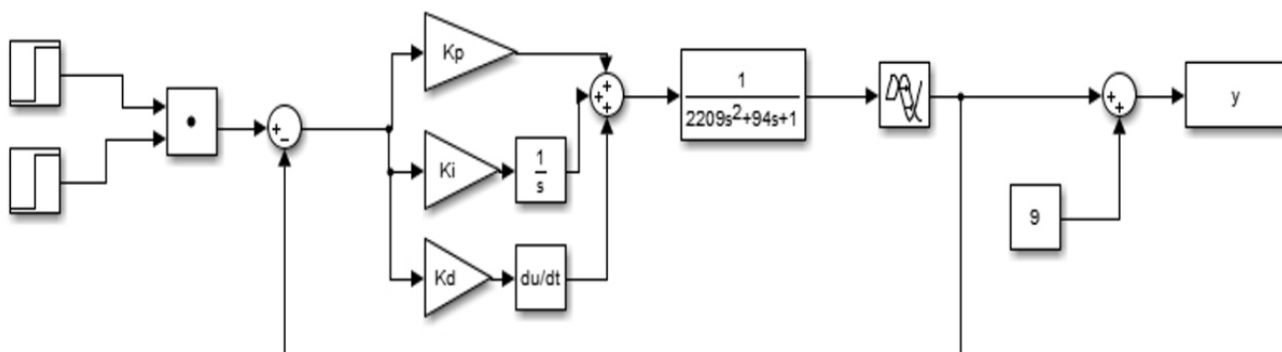


Рисунок 3.4 – Структурна схема системи промислового дозатора автоматизованої лінії фасовки з ПІД-регулятором

Недолік даного методу полягає в тому, що отримані параметри далекі від оптимальних значень. Нестача виникає через спрощеності методу (використання двох параметрів для опису об'єкта).

Параметри ПД-регулятора визначалися при декременті затухання, що дорівнює чотири, що дає повільне згасання процесу коливань.

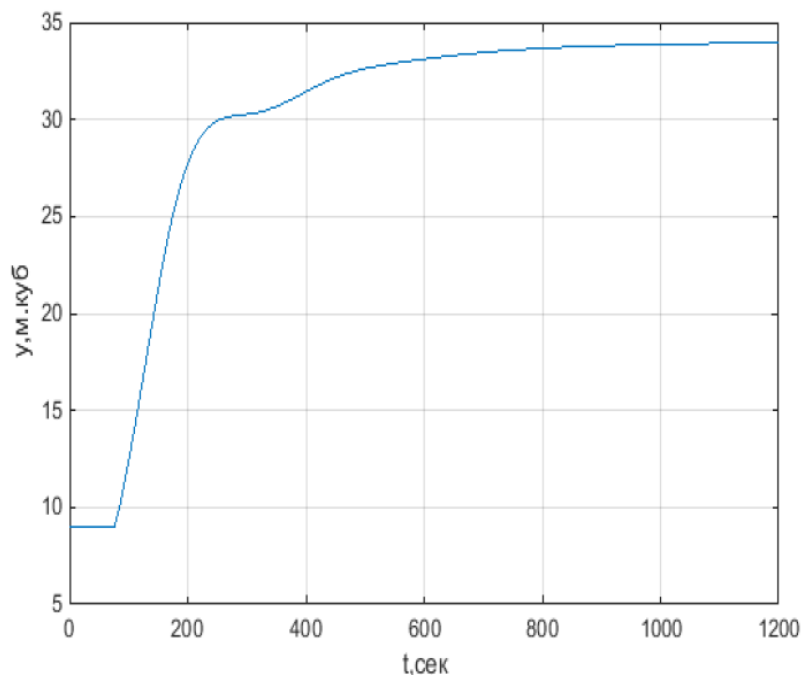


Рисунок 3.5 - Перехідний процес системи з ПД-регулятором (метод Циглера-Нікольса)

Інший недолік даного метода полягає в тому, що він не враховує вимог до запасу стійкості системи. Через повільне затухання переходного процесу в системі, отримуємо мінімальний запас стійкості.

Наступний метод Чина-Хронеса-Ресвіка є наближеним методом, його перевага полягає у простоті налаштування параметрів. У цьому методі вводяться нові параметри, це час затримки T_I та час вирівнювання T_G , які визначаються за графіком, що представлений на рисунку 3.6 [27].

$$T_I = 75 \text{ с.}, T_G = 220 - 75 = 145 \text{ с.}$$

Тоді емпіричні параметри ПД-регулятора приймуть такі значення:

					ДП.АКТ.8872556.00.00.0000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		60

$$K_p = 1.66K_o \frac{T_i}{T_g} = 0.858,$$

$$K_i = \frac{1}{T_g} = 0.007,$$

$$K_d = 0.5T_i = 37.5.$$

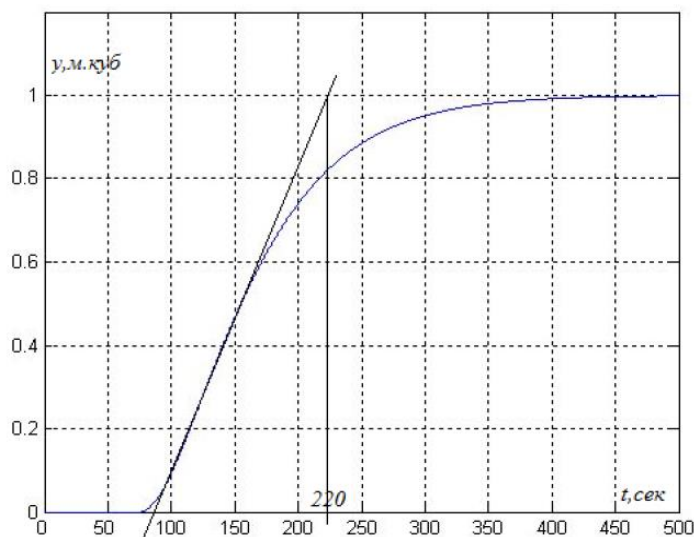


Рисунок 3.6 – Визначення параметрів по перехідній характеристиці

Результати моделювання об'єкта управління з ПД-регулятором, розрахованим методом Чина-Хронеса-Ресвіка представлені на рисунку 3.7.

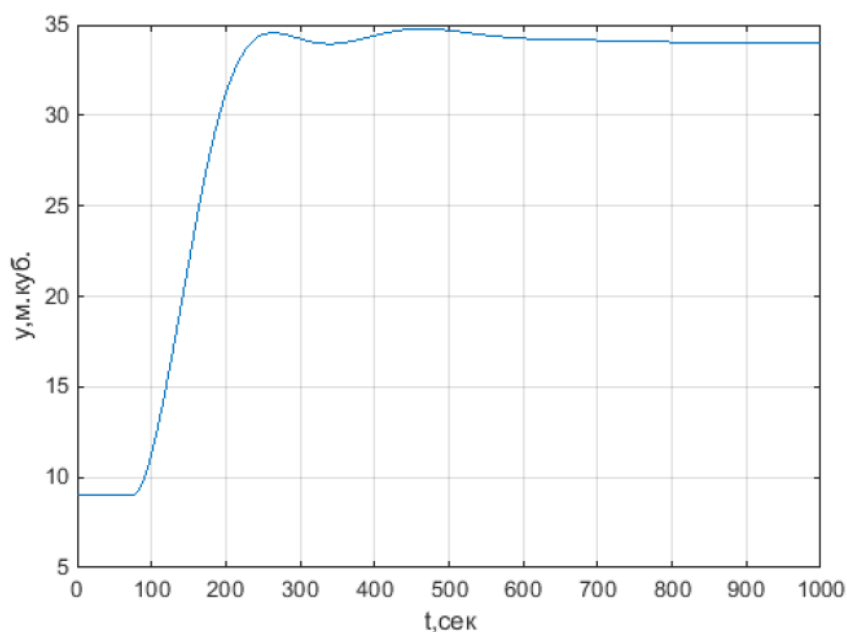


Рисунок 3.7 - Перехідний процес системи з регулятором
(метод Чина-Хронеса-Ресвіка)

У наступному методі Куна вводиться стала часу T_{Σ} . Цей параметр характеризує швидкодію будь-якого аналізованого об'єкта. Він вводиться для передавальної функції загального вигляду [28, 29]:

$$W(s) = \frac{K_s (1 + T_{D1}s)(1 + T_{D2}s) \dots (1 + T_{Dm}s)}{(1 + T_1s)(1 + T_2s) \dots (1 + T_ns)} e^{-sT_t},$$

де сумарна стала часу дорівнює:

$$T_{\Sigma} = T_1 + T_2 + \dots + T_n - T_{D1} - T_{D2} - \dots - T_{Dm} + T_t.$$

У цьому методі існує два способи налаштування: швидкий та нормальний (таблиця 3.1). Швидке налаштування регулятора застосовується для систем з об'єктами першого чи другого порядку, нормальне налаштування використовується для систем управління з об'єктами вищого порядку.

Параметри ПІД-регулятора розраховуються за наступними співвідношеннями:

$$K_{\Pi} = K_p, K_I = K_p / T_i, K_D = K_p T_d.$$

Таблиця 3.1 – Параметри налаштування регулятора за допомогою метода Куна

Вид налаштування	Параметри регулятора		
	K_p	T_i	T_d
Нормальний	k_s	$0,66T_{\Sigma}$	$0,17T_{\Sigma}$
Швидкий	$k_s / 2$	$0,8T_{\Sigma}$	$0,12T_{\Sigma}$

На основі передавальної функції об'єкта управління визначається сумарна стала часу T_{Σ} [30-33]:

$$W_o(p) = \frac{1}{(47s + 1)(47s + 1)} e^{-75s}.$$

В даному випадку стала часу дорівнює 169 с. Для розрахунку параметрів використовується швидке налаштування. Отримані коефіцієнти ПІД-регулятора дорівнюють:

$$K_p = 0.5, K_i = 0.0037, K_d = 10.14.$$

Результати моделювання об'єкта управління з ПД-регулятором, розрахованим методом Куна, представлено на рисунку 3.8.

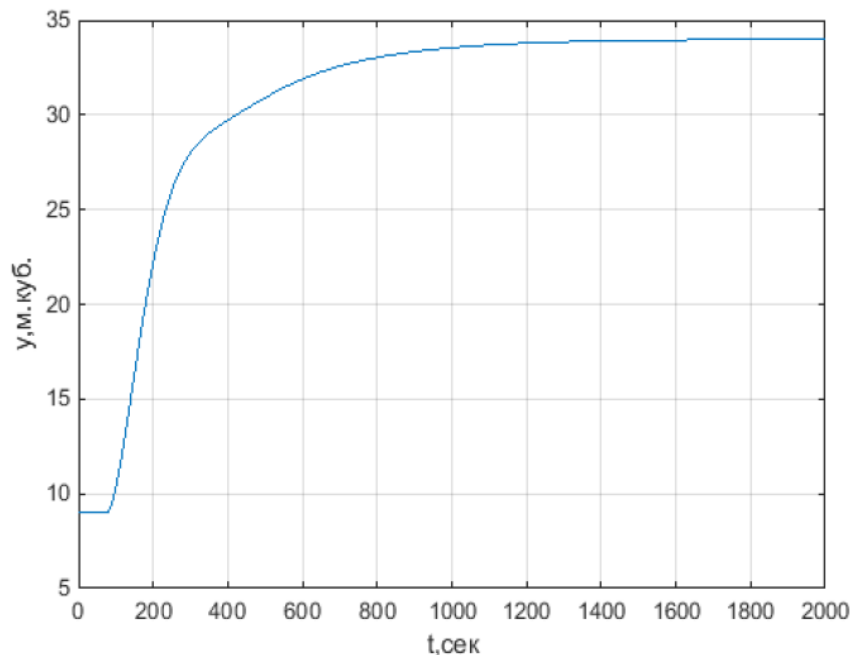


Рисунок 3.8 - Перехідний процес системи з регулятором (метод Куна)

При використанні спектрального методу необхідно знайти полюси об'єкта:

$$A(p) = 2209p^2 + 94p + 1 = 0,$$

$$p_{1,2} = -0.021276.$$

Коефіцієнт підсилення інтегрального каналу розраховується за умовою необхідної відносної швидкісної помилки [34, 35]:

$$K_i \geq \frac{1}{K_o \delta}, \text{ где } \delta = 5\%.$$

На основі полюсів об'єкта $\{p_1, p_2\}$ визначаються «компенсуючі» значення сталої часу:

$$T_I = |1/p_1| = 47c, T_D = |1/p_2| = 47c.$$

Емпіричні значення коефіцієнтів регулятора дорівнює:

$$K_p = K_i(T_I + T_D),$$

$$K_p = 0.007(47 + 47) = 0.658,$$

$$K_i \geq 0.007, K_d = \frac{K_i T_I T_D}{T_I + T_D} = 0.1645.$$

Результати моделювання системи з ПІД-регулятором представлені на рисунку 3.9.

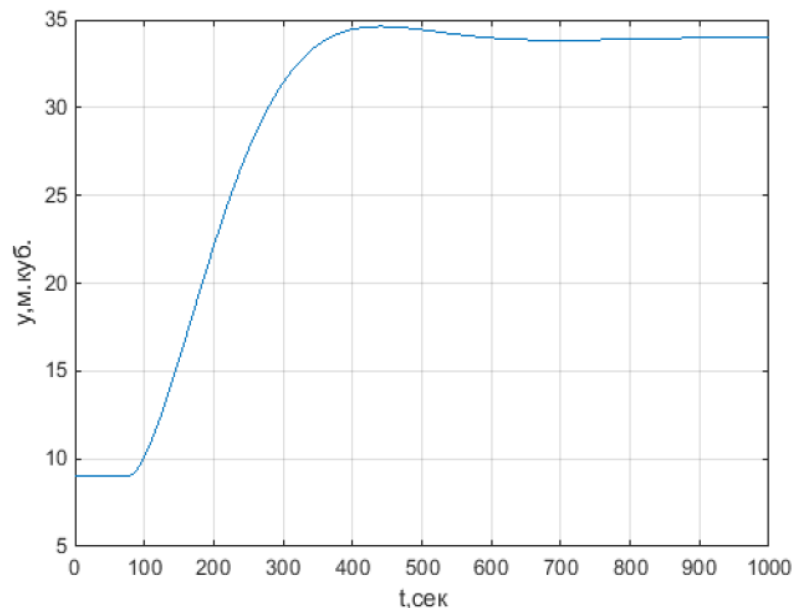


Рисунок 3.9 - Перехідний процес системи з регулятором
(спектральний метод)

У даному розділі розраховані параметри ПІД-регулятора для об'єкта другого порядку з запізненням різними методами. Найкращий результат для даного об'єкта показав спектральний метод, тому що в цьому випадку саме найменше перерегулювання 2% та час перехідного процесу приблизно 500 с. Також прийнятний результат показав метод Чина-Хронеса-Ресвіка, у цьому випадку перерегулювання дорівнює 3%, а тривалість перехідного процесу 450 с. Недолік цього в тому, що він не враховує вимоги до запасу стійкості. Перехідний процес системи з ПІД-регулятором, розрахованим методом Куна, не має перерегулювання, але час перехідного процесу не відповідає бажаному. Розраховані параметри далекі від оптимальних значень, надалі планується застосувати для їх розрахунку метод чисельної оптимізації.

					ДП.АКТ.8872556.00.00.0000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		64

ВИСНОВКИ

У представленій кваліфікаційній роботі розроблена автоматизована система розфасовки рідких та пастоподібних продуктів. Основні етапи автоматизації зконцентровані на процесах виконання поставлених завдань, робота та виконання технологічних процесів автоматизованих програмно-технічних пристроїв з допомогою, програмовано-логічних контролерів промислового взірця – центральні мікроконтролерні модулі, модулів розширення для підключення сенсорів та виконавчих пристроїв. Застосування технічних засоби автоматизації дозволяють контролювати на станції розфасовки дозування рідких продуктів для розливу у відповідну тару, а також переналаштовувати, корегувати умови САД та вносити оповіщення на пульт оператора. Це дає можливість ефективніше та безперебійно і з меншою кількістю аварій працювати автоматизованій лінії.

Представлений у першому розділі аналіз автоматизованих ліній розливу та розфасовки рідких продуктів, дозволяє показати функціональні можливості системи автоматичного управління технологічним процесом від розливу у вибрану тару до кінцевої упаковки продукту. Аналіз та можливості САД показують, що САУ є об'єктом управління, що дає можливість встановити переваги і недоліки актуальних інформаційних алгоритмів та технічних засобів, які використовуються при розробці складних автоматизованих систем. Актуалізовано контрольовані параметри технологічного процесу та налаштування ПД-регуляторів.

Для забезпечення надійного та безперебійного функціонування технологічного процесу відповідно до поставлених задач, обґрунтований вибір програмно-технічних засобів автоматизації, що відповідають основним високим стандартам і вимогам, до ефективної і якісної роботи запропонованої САУ. На етапах вибору обґрунтовано застосування технічних засобів, спеціально для запропонованого об'єкта керування, з урахуванням контрольованих параметрів, та засобів контролю (сенсорів та

					ДП.АКІТ.8872556.00.00.0000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		65

виконавчих механізмів), тощо. Проаналізований програмований логічний контролер відомих брендів, мережеві контролери і контрольно-вимірювальне обладнання, виконавчі механізми.

Розроблено структуру технологічного процесу автоматизованої лінії розфасовки рідких та пастоподібних продуктів, а саме САУ регулювання технологічних параметрів САД. Функціонування даної САУ ґрунтується на тому, щоб налаштувати станцію промислового дозатора на тип тари, дозування при розфасовці рідкої продукції для цієї ж тари, що в свою чергу реєструє відхилення регульованих параметрів, які характеризують роботу об'єкта керування або плин процесів від устанавленого режиму роботи.

Розроблено методу автоматизованого контролю і управління виробничої лінії як частини АСУ підприємства, суть пропонованого підходу полягає в тому, щоб контролювати поточні параметри, які повинні відхилятися від регресійної моделі, а регресійна модель будується на підставі спостережень досліджуваного показника. Особливо важливим для ефективності процесу є те, що інтегрована автоматизація забезпечує точну подачу матеріалу із систем зберігання в багатоцільові місця використання, що дозволяє оптимізувати ресурси та покращити організацію об'єктів керування.

У третьому розділі кваліфікаційної роботи представлено розробку функціональної схеми об'єкта керування та розрахунок параметрів ПДД-регулятора з допомогою різних методів, параметрів ПДД-регулятора технологічного процесу взято об'єкт – промисловий дозатор автоматизованої лінії фасування рідких або пастоподібних продуктів. Розрахунок параметрів ПДД-регулятора різними методами при застосуванні не стаціонарних параметрів об'єкта керування і впливу зовнішніх збурень шляхом моделювання у програмному середовищі MATLAB.

У процесі розрахунку параметрів ПДД-регулятора різними методами досліджено стійкість запропонованої системи та якості регулювання на різних етапах побудови кривої перехідних процесів. Проведено вибір та

					ДП.АКТ.8872556.00.00.0000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		66

обґрунтування параметрів перехідного процесу, розрахована передавальна функція досліджуваної системи при різних контрольних параметрах.

У роботі також розраховані параметри ПД-регулятора для об'єкта другого порядку з запізненням різними методами. Найкращий результат для даного об'єкта показав спектральний метод, тому що в цьому випадку саме найменше перерегулювання 2% та час перехідного процесу приблизно 500 с. У свою чергу прийнятний результат показав метод Чина-Хронеса-Ресвіка, у цьому випадку перерегулювання дорівнює 3%, а тривалість перехідного процесу 450 с. Перехідний процес системи з ПД-регулятором, розрахованим методом Куна, не має перерегулювання, але час перехідного процесу не відповідає бажаному.

Запропонована у кваліфікаційні роботі САУ забезпечує надійну, безперебійну і якісну роботу в періоди контролю технологічних параметрів на розфасовки і дозування рідких та пастоподібних продуктів, а також дає можливість мінімізувати людський фактор, це значною мірою підвищує ефективність та надійність роботи системи.

					ДП.АКІТ.8872556.00.00.0000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		67

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Schleipen M. Automated production monitoring and control system engineering by combining a tandardized data format (CAEX) with standardized communication (OPC UA). URL: <http://www.intechopen.com/books/factory-automation/automated-production-monitoring-and-control-systemengineering-by-combining-a-standardized-data-form>.

2. Дли М.И., Стоянова О.В., Белозерский А.Ю. Модели представления данных сложных производственных проектов в автоматизированных информационных системах промышленных предприятий // Программные продукты и системы. 2015. №4 (112). С. 210-218.

3. D Aman Kumar, "Application of IoT and Machine Learning in Agriculture", International Journal of Research and Technology, vol. 9, July 2020.

4. G Archana, N Dharmil, N Pratiksha and S Atharva, "Smart Crop Prediction using IoT and Machine Learning", International Journal of Engineering Research and Technology NTASU 2020, 2021.

5. M Manikrao, S Manish, S Anjali, S Divya and K Monika, "Agricultural crop recommendation system using IoT and M.L", International Journal of Analytical and Experimental Model Analysis, June 2020.

6. R. Pallavi, R. B. Vinitha, K. Rishita and K. Pranavi, "Crop Monitoring and Recommendation System using Machine Learning and IoT", International Journal of Innovative Technology and Exploring Engineering, vol. 9, no. 9, July 2020.

7. Narendiran Radhika, "Kind of Crops and Small Plants Prediction using IoT with Machine Learning", International Journal of Computer & Mathematical Sciences, April 2018.

8. H Rani, P Pooja, P Padmaja, S Saurabh and J Hrushikesh, "IOT based Crop Recommendation Crop Disease Prediction and its solution", International Research Journal of Engineering and Technology, vol. 7, no. 10, October 2020.

					ДП.АКІТ.8872556.00.00.0000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		68

9. G Rushika, K Juilee, M Pooja, N Sachee and R Priya, "Prediction of Crop Yield using Machine Learning", International Research Journal of Engineering and Technology, February 2018.

10. T Raghav, A Bhagavatula, S Aashish, J Drishti, B Natesh and S Varshini, "Smart Management of Crop Cultivation using IOT and Machine Learning", International Research Journal of Engineering and Technology, November 2018.

11. Черевко О.І. Обладнання підприємств сфери торгівлі: навчальний посібник / Черевко О.І., Новікова О.В., Потапов В.О. – К.: Ліра-К, 2010. – 648с.

12. Rajeev Kapoor, Variender Kadyan and Sachin Ahuja, "Weight based artificial neural network (W-ANN) for predicting dengue using machine learning approach with Indian perspective", Int J Sci Technol Res, vol. 9, pp. 3290-8, 2020.

13. S. B. G. T. Babu and C. S. Rao, "Statistical Features based Optimized Technique for Copy Move Forgery Detection", 2020 11th Int. Conf. Comput. Commun. Netw. Technol. ICCCNT 2020, 2020.

14. Zar Kyi Win and Tin Tin New, "PLC Based Automatic Bottle Filling and Capping System", International Journal of Trend in Scientific Research and Development, vol. 3, no. 6, October 2019.

15. B. Kalidasan, J. Ben Ajai Raja, M. Giri Gowtham and M. Kadeesh, "Automatic Bottle Filling Machine", International Research Journal of Engineering and Technology, vol. 5, no. 3, Mar 2018.

16. M. Carvalho, B. L. Saux, P. Trouvé-Peloux, A. Almansa and F. Champagnat, "Deep depth from defocus: How can defocus blur improve 3D estimation using dense neural networks?", Proc. ECCV Workshops, pp. 307- 323, 2019.

17. S. Gur and L. Wolf, "Single image depth estimation trained via depth from defocus cues", Proc. IEEE/CVF Conf. Comput. Vis. Pattern Recognit. (CVPR), pp. 7683-7692, Jun. 2019

					ДП.АКІТ.8872556.00.00.0000 ПЗ	Арк.
						69
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

18. R. Hurtado-Pérez, C. Toxqui-Quitl, A. Padilla-Vivanco, J. F. AguilarValdez and G. Ortega-Mendoza, "Focus measure method based on the modulus of the gradient of the color planes for digital microscopy", Opt. Eng., vol. 57, no. 2, pp. 1, Feb. 2018.

19. U. Nadeem, S. A. A. Shah, F. Sohel, R. Togneri and M. Bennamoun, "Deep learning for scene understanding" in Handbook Deep Learning Application Smart Innovation System Technologies, Cham, Switzerland:Springer, vol. 136, pp. 21-51, 2019.

20. Микитишин А. Г., Митник М. М., Стухляк П. Д., Пасічник В. В. Комп'ютерні мережі. [навчальний посібник] Львів: «Магнолія 2006». 2013. 256 с.

21. Лупенко С.А., Тиш Є.В. Прикладна теорія цифрових автоматів. Навчальний посібник. Тернопіль: ТНТУ ім. І. Пулюя. 2011. 247 с. 14.

22. Паламар М.І., Стрембіцький М.О., Паламар А.М. Проектування комп'ютеризованих вимірювальних систем і комплексів. Навчальний посібник. Тернопіль: ТНТУ. 2019. 150 с.

23. Osukhivska H., Tysh I., Lobur T., Shylinska I., Lupenko S. Method for Estimating the Convergence Parameters of Dynamic Routing Protocols in Computer Networks. In 2021 IEEE 16th International Conference on Computer Sciences and Information Technologies (CSIT). 2021. Vol. 1. P. 228-231.

24. Тиш Є., Зима О. Вибір критеріїв ефективності безпроводних телеметричних мереж. Матеріали VII науково-технічної конференції "Інформаційні моделі, системи та технології". Тернопіль : ТНТУ. 2019. С. 139.

25. Тиш Є.В., Зима О.В. Методи та засоби підвищення ефективності безпроводних телеметричних мереж. Збірник тез доповідей VIII Міжнародної науково-технічної конференції молодих учених та студентів «Актуальні задачі сучасних технологій». 2019. С. 101.

26. Оконський М. В., Лупенко С. А., Паламар А. М. Комп'ютерна система для моніторингу метеорологічних параметрів на основі IoT. Збірник

					ДП.АКТ.8872556.00.00.0000 ПЗ	Арк.
						70
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

тез доповідей X Міжнародної науково-практичної конференції молодих учених та студентів «Актуальні задачі сучасних технологій». 2021. С. 109.

27. Vasylykivskiy I., Ishchenko V., Pohrebennyk V., Palamar M., Palamar A. System of water objects pollution monitoring. International Multidisciplinary Scientific GeoConference Surveying Geology and Mining Ecology Management (SGEM 2017), Vienna, Austria. 2017. Vol. 17, No. 33. P. 355-362.

28. Palamar A. Intelligent control and monitoring module for uninterruptible power supply system. II International Scientific and Practical Conference «Theoretical and Applied Aspects of Device Development on Microcontrollers and FPGAs» (MC&FPGA-2020), Kharkiv, Ukraine. 2020. P. 12-13.

29. Луцька Н.М. Дослідження та синтез оптимальних регуляторів для систем автоматизації технологічних комплексів неперервного типу [Текст]: дис. канд. техн. наук : 05.13.07 / Н.М. Луцька – Київ, 2006. – 180С.

30. Теорія автоматичного керування: Підручник. — 2-ге вид., перероб. і догі. К.: Либідь, 2007. — 656 с.

31. Курдюков А.П. Синтез робастного H_{∞} -регулятора для управління энергетической котельной установкой / А.П. Курдюков, В.Н. Тимин // Управление большими системами. – 2009. – № 25. – С. 179–214.

32. Бунке О.С. Автоматизація процесів керування інерційними контурами котлоагрегата теплової електростанції з використанням методу динамічної корекції [Текст]: дис. канд. техн. наук : 05.13.07 / О.С. Бунке – Київ, 2014. – 174 с.

33. Артюх С.Ф. Основы автоматизированных систем управления энергогенерирующими установками электростанций [Текст] / С. Ф. Артюх, М.А. Дуэль, И.Г. Шелепов – Х.: Знание, 1998. – 324 с.

34. ДСТУ Б А.2.4-16:2008. Автоматизація технологічних процесів. Умовні графічні зображення приладів і засобів автоматизації в схемах. – К.: Мінрегіонбуд України, 2009.

35. Клепач М.І. Теорія автоматичного керування. Навчальний посібник. / М.І. Клепач / Рівне: НУВГП, 2007. – 206 с.

					ДП.АКІТ.8872556.00.00.0000 ПЗ	Арк.
						71
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		