

ХЕРСОНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ФАКУЛЬТЕТ ІНЖЕНЕРІЇ ТА ТРАНСПОРТУ

КАФЕДРА АВТОМАТИЗАЦІЇ, РОБОТОТЕХНІКИ І МЕХАТРОНІКИ

Пояснювальна записка

до кваліфікаційної роботи бакалавра

на тему: «Автоматизація процесу приготування сухих напоїв»

«Automation of the process of dry drink preparation»

Виконав: студент 2 курсу, групи 2Ас
спеціальності 151 – «Автоматизація та
комп'ютерно-інтегровані технології»
Барченко А.С.

Керівник: к.т.н., доцент Поліщук В.М.

Рецензент _____
(прізвище та ініціали)

Херсон – 2024 рік

Херсонський національний технічний університет

Факультет	Інженерії та транспорту
Кафедра	Автоматизації, робототехніки і мехатроніки
Освітньо-кваліфікаційний рівень	бакалавр
Спеціальність	151 - «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Завідувач кафедри автоматизації,
робототехніки і мехатроніки
Дмитрієв Д.О.

«___» _____ 2024 р.

ЗАВДАННЯ**на кваліфікаційну роботу студенту**

Барченко Андрію Сергійовичу

1. Тема роботи:	Автоматизація процесу приготування сухих напоїв
керівник роботи:	к.т.н., доцент Поліщук В.М.
затверджені наказом вищого навчального закладу від «15 » січня 2024 р. № 21-с	
2. Строк подання студентом проекту	«10» червня 2024 р.
3. Вихідні дані до проекту:	Розробити автоматизовану систему приготування сухих напоїв згідно технічного завдання
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки:	1) Аналіз існуючих методів та технологій виробництва сухих напоїв, їх переваги та недоліки;
	2) Вимоги до автоматизованих систем керування цим процесом, враховуючи якість; 3) Розробка проекту автоматизації процесу приготування сухих напоїв; Висновки
5. Перелік графічного матеріалу:	1) Схема приготування сухих нешипучих напоїв;
	2) Схема приготування сухих шипучих напоїв
	3) Синтез системи автоматичного керування технологічним процесом
	4) Функціональна схема програмно-апаратного комплексу
	5) Типова сучасна розподілена система автоматизації ієрархії
	6) Інтерфейс панелі оператора

6. Консультанти розділів проекту

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Основна частина	Поліщук В.М., к.т.н., доцент		

7. Дата видачі завдання « 11 » березня 2024 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналіз існуючих методів та технології виробництва сухих напоїв, їх переваги та недоліки	18.03.24	
2	Вимоги до автоматизованих систем керування технологічним процесом	12.04.24	
3	Розробка проекту автоматизації процесу приготування сухих напоїв	04.05.24	
4	Оформлення пояснювальної записки	24.05.24	
5	Розробка технічної документації на випускну роботу	27.05.24	
6	Підготовка роботи до здачі	10.06.24	

Студент

Барченко А.С.

(підпис)

Керівник проекту

Поліщук В.М.

(підпис)

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота бакалавра: 77 сторінок, 16 рисунків, 1 таблиця, 6 додатки. Графічна частина – 6 аркушів формату А1 .

Кваліфікаційна робота бакалавра присвячена питанням автоматизації процесу виготовлення сухих напоїв. Було проведено аналіз існуючих методів та технологій виробництва з метою визначення ключових параметрів, що впливають на продуктивність та якість виготовленої продукції.

Об'єктом розробки є система автоматизації процесу приготування сухих напоїв, яка включає в себе технологічне обладнання, програмне забезпечення та контрольні системи для забезпечення стабільного і ефективного виробництва.

Метою даної роботи є створення автоматизованої системи, яка забезпечить безперебійне функціонування виробництва при збільшених навантаженнях та підтримання високої якості готової продукції.

Новизна роботи полягає в інтеграції сучасних технологій автоматизації з процесами виробництва сухих напоїв, що дозволило досягти високих показників ефективності та якості. Розроблена автоматизована система має велике значення для підприємств харчової промисловості, оскільки дозволяє підвищити ефективність виробництва, покращити якість продукції та знизити виробничі витрати. Впровадження таких систем є важливим кроком на шляху до модернізації та підвищення конкурентоспроможності підприємства.

ПРИГОТУВАННЯ СУХИХ НАПОЇВ, ДАТЧИК, ПРОГРАМОВАНИЙ ЛОГІЧНИЙ КОНТРОЛЕР, СУШІННЯ, РЕГУЛЯТОР

					ХНТУ 151.КРБ.23.026 РФ			
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата	Реферат			
Розроб.	Калініченко А.С.							
Перевір.	Поліщук В.М.							
Реценз.								
Н.Контр.	Поліщук В.М.							
Затверд.	Дмитрієв Д.О.				ХНТУ, гр. 2Ас			
					Лім.	Лист	Аркуші	
						5	77	

THE ABSTRACT

Bachelor's qualification work: 77 pages, 16 figures, 1 table, 6 appendices.
Graphic part - 6 sheets of A1 format.

The bachelor's qualification work is devoted to the automation of the process of making dry drinks. An analysis of existing production methods and technologies was carried out to determine the key parameters that affect the productivity and quality of manufactured products.

The object of development is an automation system for the preparation of dry beverages, which includes technological equipment, software and control systems to ensure stable and efficient production.

The purpose of this work is to create an automated system that will ensure the smooth functioning of production under increased loads and maintain high quality of finished products.

The novelty of the work lies in the integration of modern automation technologies with the processes of dry beverage production, which allowed to achieve high efficiency and quality indicators. The developed automated system is of great importance for food industry enterprises, as it allows to increase production efficiency, improve product quality and reduce production costs. The implementation of such systems is an important step towards modernization and increasing the competitiveness of the enterprise.

PREPARATION OF DRY DRINKS, SENSOR, PROGRAMMABLE LOGIC
CONTROLLER, DRYING, REGULATOR

					ХНТУ 151.КРБ.23.026 РФ	Лист
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		6

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

1 Мета проекту.

Розробити автоматизовану систему приготування сухих напоїв, яка забезпечить високу продуктивність, якість готового продукту, економію ресурсів та зручність в експлуатації

2 Призначення та цілі створення системи

2.1 Призначення системи.

У сучасному виробництві важливу роль відіграють АСКТП. Вони сприяють підвищенню ефективності виробництва, зменшенню витрат і поліпшенню якості продукції. Розробка автоматизованої системи керування для процесу приготування сухих напоїв має свої специфічні цілі та завдання, спрямовані на оптимізацію цього процесу.

Призначення АСКТП:

- Керування технологічним обладнанням через надання команд для координації і перемикання між робочими режимами.
- Центральний моніторинг основних параметрів виробництва за допомогою збору та відображення даних з АСКТП та інших автоматизованих систем.
- Повідомлення про незвичайні ситуації на виробничій лінії, автоматичне переведення виконавчих механізмів АСКТП в безпечний

					ХНТУ 151.КРБ.23.026ТЗ						
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата	Технічне завдання			Лім.	Лист	Аркуші	
Розроб.		Калініченко А.С.								7	77
Перевір.		Поліщук В.М.									
Реценз.											
Н. Контр.		Поліщук В.М.									
Затверд.		Дмитрієв Д.О.								ХНТУ, гр. 2Ас	

режим, а також активація аварійного режиму АСКТП та інших систем у випадку черезвичайних ситуацій.

- Для стабілізації необхідних режимів під час виготовлення сухих напоїв, використовуються методи контролю технологічних параметрів, візуалізації даних та надання вказівок виконавчим механізмам у автоматичному режимі, включаючи дії операторів.

Об'єктом керування автоматизовану системою керування технологічними процесами (АСКТП) є технологічні процеси виробництва сухих напоїв.

2.2 Мети створення системи.

Метою створення АСКТП є:

- Автоматизація контролю над технологічними параметрами для забезпечення оптимальних умов приготування сухих напоїв.
- Підвищення ефективності виробництва шляхом раціонального використання ресурсів та зменшення витрат.
- Забезпечення сталості параметрів якості сухих напоїв шляхом точного контролю процесів виробництва.
- Мінімізація відхилень в якості продукції та покращення консистентності смаку та властивостей напоїв.
- Зменшення часу простою обладнання та оптимізація виробничих процесів для збільшення обсягів виробництва.
- Автоматизація рутинних завдань для звільнення часу операторів та підвищення їхньої продуктивності.

3. Технічні вимоги

					ХНТУ 151.КРБ.23.026 ТЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		8

Технічні вимоги до схеми автоматизованого виготовлення сухих напоїв
включають:

- Платформа керування
- Система збору даних
- Сенсори та датчики
- Виконавчі механізми
- Інтеграція з іншими системами
- Безпека
- Масштабованість
- Доступність та обслуговування

					ХНТУ 151.КРБ.23.026 ТЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		9

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ І СКОРОЧЕНЬ.....	12
ВСТУП.....	13
1 АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ МЕТОДІВ ТА ТЕХНОЛОГІЙ ВИРОБНИЦТВА СУХИХ НАПОЇВ, ЇХ ПЕРЕВАГИ ТА НЕДОЛІКИ.....	16
1.1 Сировина для виробництва сухих напоїв	16
1.1.1 Основні компоненти сировини	16
1.1.2 Характеристика та властивості порошків, що використовуються для створення сухих напоїв	18
1.2 Виробництво сухих напоїв	20
1.2.1 Підготовка сировини для виробництва	20
1.2.2 Технічна система приготування сухого напою	24
1.3 Огляд існуючих методів та технологій виробництва	27
1.3.1 Мікрохвильове сушіння	27
1.3.2 Вакуумне сушіння.	29
1.3.3 Термічне сушіння.	30
1.4 Висновок	39
2 ВИМОГИ ДО АВТОМАТИЗОВАНИХ СИСТЕМ КЕРУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИМ ПРОЦЕСОМ	40
2.1 Структурна схема промисловим об'єктом керування	40
2.2 Якість САР та її аналіз	41
2.2.1 Математична модель	41
2.2.2 Розрахункова перехідна функція	43
2.2.3 Закон регулювання та тип регулятора	45
2.3 Датчики технологічних параметрів	49
2.3.1 Вибір дачиків температури	49
2.3.2 Вибір датчика рівня	50
2.3.3 Вибір датчика вологості сировини	51
2.4 Програмований логічний контролер	53

2.5 Основні компоненти та функції АСКТП	54
2.6 Висновок	55
3 РОЗРОБКА ПРОЕКТУ АВТОМАТИЗАЦІЇ ПРОЦЕСУ ПРИГОТУВАННЯ СУХИХ НАПОЇВ	56
3.1 Опис функціональної схеми автоматизації.....	56
3.2 Функціональна схема	59
3.3 Програмне забезпечення автоматизованої системи керування	61
3.4 Багаторівнева архітектура АСУ ТП.....	62
3.5 Інтерфейс панелі оператора.....	65
3.6 Висновок	67
ВИСНОВКИ	68
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	69
ДОДАТОК А ТЕХНОЛОГІЧНА СХЕМА ПРИГОТУВАННЯ СУХИХ ШИПУЧИХ НАПОЇВ	72
ДОДАТОК Б ТЕХНОЛОГІЧНА СХЕМА ПРИГОТУВАННЯ СУХИХ НЕШИПУЧИХ НАПОЇВ.....	73
ДОДАТОК В СИНТЕЗ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИМ ПРОЦЕСОМ.....	74
ДОДАТОК Г ФУНКЦІОНАЛЬНА СХЕМА ПРОГРАМНО-АПАРАТНОГО КОМПЛЕКСУ.....	75
ДОДАТОК Д ТИПОВА СУЧАСНА РОЗПОДІЛЕНА СИСТЕМА АВТОМАТИЗАЦІЇ ІЄРАРХІЇ.....	76
ДОДАТОК Е ІНТЕРФЕЙС ПАНЕЛІ ОПЕРАТОРА.....	77

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ І СКОРОЧЕНЬ

SCADA – Supervisory Control And Data Acquisition (диспетчерське управління і збір даних);

КСУ – комплексна система управління

РН – водневий показник

АСКТП – автоматична система керування технологічним процесом

ПЛК – програмований логічний контролер

ТП – технологічний процес

АР – автоматичне регулювання

АСУ ТП – автоматична система управління технологічним процесом

ВСТУП

Перші кроки у створенні сухих напоїв були зроблені в різних культурах задовго до нашого часу. Наприклад, у стародавні часи люди створювали порошкові суміші для зручності зберігання й транспортування. Однак, історія створення сучасних сухих напоїв почалася з розроблення технології, що дає змогу виробляти порошкові суміші, які можна було розчиняти у воді або інших рідинах для отримання готового напою. Ця подія відбулася наприкінці 19 століття і стала відправною точкою для розвитку індустрії сухих напоїв.

Найстаріший документований сухий напій, комерційно випущений про який можна знати, це суха кава. У 1938 році на ринку з'явився перший комерційний продукт під брендом Nescafe, який являв собою розчинну каву. Він був легко приготованим і зручним у використанні напоєм, що зробив його популярним у багатьох країнах світу.

Таким чином, Nescafe став першим широко відомим і комерційно успішним сухим напоєм, який допоміг розширити ринок і стимулював розвиток індустрії сухих напоїв. Це стало ключовим моментом у виробництві сухих напоїв і відкрило шлях для подальших інновацій у цій галузі.

З плином часу, з появою нових технологій і методів виробництва, асортимент сухих напоїв став значно розширюватися, включно з різними видами чаю, фруктовими, спортивними та енергетичними напоями, а також іншими на основі порошкових і гранульованих сумішей.

Ось кілька ключових подій і моментів у цьому процесі розвитку:

- Суха кава: У 1901 році німецький винахідник Фрідріх Баушенштайн отримав патент на винахід сухої кави. Проте комерційний успіх прийшов пізніше.

- У 1938 році японська компанія "Nestle" випустила на ринок свій сухий кавовий напій під брендом "Nescafe". Це стало значним кроком у виробництві та споживанні кави.
- Сухі соки: У другій половині 20-го століття з'явилися сухі соки, які дозволили зберігати соки фруктів та ягід у стабільній формі. Це робило їх зручними для транспортування та зберігання, а також споживання у будь-який час.
- Сухі смаки для напоїв: Виникнення сухих смаків для напоїв також відбулося у другій половині 20-го століття. Ці смаки, такі як сухі смаки фруктів або ягід, стали популярними варіантами для додавання до води та інших напоїв.
- Сухі коктейлі: У більш пізній період сухі коктейлі стали доступними для споживання. Ці суміші, які містять порошок або кристали різних інгредієнтів для коктейлю, можуть бути змішані з водою або іншими рідкостями для створення коктейлю без необхідності великої кількості інгредієнтів.

За останні десятиліття сухі напої продовжують розвиватися та розширювати свої можливості, з'являються нові смаки, формули та технології виробництва. Зараз вони широко використовуються у домашньому середовищі, в ресторанах та кафе, а також в індустрії харчових продуктів.

Автоматизація виробництва — це процес впровадження автоматичних систем управління та контролю для різних виробничих процесів.

Автоматизація процесу приготування сухих напоїв є актуальною темою з кількох причин.:

- Швидкість виробництва: Автоматизовані системи дозволяють збільшити швидкість виробничого процесу, що призводить до вищої продуктивності.

- Зменшення часу простою: Автоматизація допомагає мінімізувати час простою обладнання за рахунок швидкого виявлення та усунення несправностей.
- Стабільність і точність: Автоматизовані системи забезпечують точне дозування інгредієнтів, контроль температури, вологості та інших параметрів, що дозволяє отримувати продукт стабільної якості.
- Відстеження і контроль якості: Можливість відстеження кожного етапу виробничого процесу для забезпечення відповідності стандартам якості.

Метою створення системи є забезпечення стабільної роботи виробництва сухих напоїв, навіть при підвищених навантаженнях та гарантування високої якості готової продукції.

Основним завданням цієї роботи є концептуальна розробка проекту автоматизації процесу приготування сухих напоїв, включаючи широкий спектр питань.

1 АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ МЕТОДІВ ТА ТЕХНОЛОГІЙ ВИРОБНИЦТВА СУХИХ НАПОЇВ, ЇХ ПЕРЕВАГИ ТА НЕДОЛІКИ

1.1 Сировина для виробництва сухих напоїв

1.1.1 Основні компоненти сировини

Сировина для виробництва сухих напоїв включає в себе різноманітні складники, які можуть бути природного або штучного походження. Основними компонентами сировини для виробництва сухих напоїв включають:

1. Есенції та ароматизатори:

- Натуральні есенції: Отримуються з екстракції ароматичних сполук з природних джерел, таких як фрукти, ягоди, трави та інші рослини. Натуральні есенції зазвичай мають більш природний смак та аромат
- Штучні ароматизатори: Синтезовані хімічні сполуки, які імітують смак та аромат природних продуктів. Вони дозволяють отримати більшу різноманітність смаків і ароматів.

2. Солодильники та підсолоджувачі:

- Цукор: Найпоширеніший солодильник, який надає солодкий смак напою.
- Штучні підсолоджувачі: Використовуються для надання солодкості без додавання калорій. Наприклад, аспартам, сукралоза, сорбіт і стевіозид.

3. Пігменти та барвники:

- Натуральні барвники: Отримуються з природних джерел, таких як фрукти, овочі та рослини. Вони можуть надавати напою яскравий і природний колір.
- Штучні барвники: Хімічні речовини, які додаються для надання певного кольору напою. Вони можуть бути більш стійкими і інтенсивними за

рахунок використання штучних пігментів.

4. Регулятори кислотності:

- Лимонна кислота та яблучна кислота: Використовуються для надання кислотного смаку напою та контролю рівня водородного показника(pH).
- Лактати: Використовуються як консерванти та регулятори кислотності.

5. Консерванти:

Ще одним важливим етапом у процесі виробництва напоїв є використання консервантів, таких як бензоати та сорбати. Ці речовини потрібні для забезпечення безпеки та тривалості зберігання продукту, запобігаючи росту мікроорганізмів і зберігаючи його якість протягом тривалого періоду часу. Додавання консервантів - це ефективний спосіб зберегти свіжість та безпеку напою протягом всього його шляху від виробництва до споживання.

6. Емульгатори та стабілізатори:

- Емульгатори: Використовуються для стабілізації емульсій та допомагають розчинити та зберегти рівномірний розподіл різних компонентів у напої.
- Стабілізатори: Вони додаються для забезпечення стабільності текстури та консистенції напою.

7. Вітаміни та мінерали:

Деякі виробники можуть додавати додаткові вітаміни та мінерали з метою не лише поліпшення смакових якостей, але і збагачення харчової цінності напою. Це може стати важливим фактором для споживачів, які шукають продукти з підвищеним вмістом поживних речовин. Такий підхід дозволяє забезпечити більш збалансований харчовий склад напою, сприяючи збереженню здоров'я і підтримці загального благополуччя споживачів.

8. Наповнювачі:

Один з ключових аспектів виробництва напоїв - це використання наповнювачів, які відіграють різноманітні функціональні ролі у створенні кінцевого продукту. Наповнювачі використовуються не лише для підвищення об'єму або текстури напою, але й як важливі носії ароматів та смаку, що впливають на остаточний вигляд і якість напою. Серед різноманітних наповнювачів, що використовуються в промисловому виробництві, можна виділити такі як мальтодекстрин, крохмаль, та інші, кожен з яких має свої особливості та впливає на характеристики напою унікальним чином.

Ці складники використовуються в різних пропорціях і комбінаціях для створення бажаного смаку, аромату, кольору та текстури сухих напоїв. Виробництво сухих напоїв вимагає точного дотримання рецептур і стандартів якості для забезпечення однакового смаку і якості продукту.

1.1.2 Характеристика та властивості порошків, що використовуються для створення сухих напоїв

Порошкоподібні концентрати займають важливе місце у харчовій промисловості, оскільки вони дозволяють створювати швидкорозчинні та зручні у використанні напої, які зберігають свої харчові властивості та смакові якості протягом тривалого часу. Ці концентрати широко використовуються для виготовлення різноманітних продуктів, включаючи каву, чай, фруктові та овочеві напої, а також сухе молоко.

Порошок повністю розчиняється у воді або іншій рідині без утворення осаду. Висока розчинність є критично важливою для забезпечення гладкої текстури напою. Для створення таких порошків використовують інстантні технології, що передбачають попереднє зволоження та подальше сушіння. На розчинність впливає: розмір частинок порошку, температура рідини, наявність агломератів та ступінь попередньої обробки.

У порошку важливо зберігати всі корисні компоненти, а саме: вітаміни, мінерали, антиоксиданти та інші біологічно активні речовини. На поживні властивості впливають процеси сушіння та обробки, вони можуть знижувати кількість деяких вітамінів та інших активних компонентів. Для мінімізації втрат поживних речовин використовують низькотемпературне сушіння або технології ліофілізації, також можуть додавати вітаміни та мінерали після основного процесу сушіння для компенсації втрат.

Смакові властивості повинні відповідати очікуванням споживачів, зберігаючи природний смак та аромат вихідної сировини. На смак впливає тип та якість сировини, метод сушіння та додаткові компоненти (ароматизатори, підсоложувачі), використання натуральних ароматизаторів та підсолоджувачів, контроль процесів сушіння для збереження максимального аромату та смаку.

Порошки повинні мати однорідний колір і текстуру, які відповідають природним властивостям вихідної сировини, також відповідати вимогам безпеки харчових продуктів, бути вільними від шкідливих мікроорганізмів та забруднень, щоб не було ризику виникнення харчових інфекцій. На гігієну впливають процеси виробництва, зберігання транспортування, треба дотримуватися санітарно-гігієнічних норм на всіх етапах виробництва, використовувати сучасні технології обробки та пакування, регулярно контролювати якість продукції.

В економічні характеристики входить:

- Вартість виробництва: Економічні витрати на виробництво порошків, які включають витрати на сировину, енергію, обладнання, пакування та логістику.
- Фактори, що впливають на економічність: Технологічні процеси, ефективність виробництва, масштаб виробництва.
- Технологічні підходи: Оптимізація виробничих процесів для зниження витрат, використання економічно ефективних методів сушіння,

впровадження сучасних технологій автоматизації для підвищення продуктивності та зниження витрат на робочу силу.

Стабільність порошку:

- Визначення стабільності: Стабільність означає здатність порошку зберігати свої фізико-хімічні властивості та харчову цінність протягом тривалого періоду зберігання.
- Фактори, що впливають на стабільність: Вологість, температура зберігання, вплив світла та кисню. Висока вологість може сприяти утворенню грудок та псуванню продукту.
- Технологічні підходи: Використання герметичних пакувань, антиоксидантів, бар'єрних матеріалів (наприклад, упаковка з алюмінієвою фольгою) для забезпечення стабільності порошків.

Ці деталі допоможуть глибше зрозуміти особливості кожного аспекту порошків, які використовуються для створення сухих напоїв та ключові характеристики на які треба звернути увагу.

1.2 Виробництво сухих напоїв

1.2.1 Підготовка сировини для виробництва

Процес підготовки сировини є критично важливим етапом у виробництві сухих напоїв, оскільки він впливає на якість кінцевого продукту. До основних підготовчих операцій належать миття, подрібнення та інші підготовчі операції. Розглянемо кожен із цих етапів детальніше.

1. Миття є першою операцією в підготовці сировини, яка забезпечує очищення від забруднень та патогенів. Використовуються різні технології миття залежно від типу сировини:

Технології миття:

- Мийні барабани: Сировина занурюється в обертовий барабан з водою. Барабан обертається, забезпечуючи механічне очищення сировини.
- Форсункові системи: Сировина розташовується на конвеєрі і обробляється струменями води під високим тиском, що видаляє забруднення.
- Пузиркові мийки: Сировина поміщається у воду, через яку пропускаються повітряні бульбашки, що забезпечують делікатне очищення від забруднень.

Вода це сновний мийний засіб. Для покращення ефективності можуть використовуватися гаряча вода або вода з додаванням дезінфікуючих засобів.

Також використовують дезінфікуючі розчини для знищення мікроорганізмів. До складу можуть входити хлор, оцтова кислота, перекис водню тощо.

2. Подріблення

Подрібнення сировини необхідне для підготовки до подальших етапів обробки, таких як сушіння або концентрування. Використовуються різні методи подрібнення залежно від типу сировини.

Технології подрібнення:

- Механічні подрібнювачі: Використовуються для подрібнення твердих матеріалів. Приклади включають ножові подрібнювачі, дискові млини, молоткові млини та ін.
- Роторні дробарки: Використовуються для подрібнення м'яких матеріалів. Роторні дробарки обладнані ножами або лопатями, що обертаються з високою швидкістю.
- Шнекові подрібнювачі: Використовуються для подрібнення пастоподібних або рідких матеріалів. Шнекові подрібнювачі забезпечують рівномірне подрібнення сировини.

Найкращий матеріал для механізмів які займаються цим процесом-нержавіюча сталь, завдяки своїй міцності та стійкості до корозії. Також не буде зайвим звернути увагу на полімерні матеріали, вони використовуються для

виготовлення лопатей та інших рухомих частин подріблювачів для зменшення зносу.

3. Сортивання.

Цей процес забезпечує високу якість кінцевого продукту та ефективність виробництва. Розглянемо основні методи та технології детальніше. Сортивання може здійснюватися за різними критеріями, включаючи розмір, вага, форма, колір та інші фізико-хімічні властивості сировини. Існують різні методи, які використовуються в залежності від типу сировини та вимог до кінцевого продукту.

Комбіновані методи сортування передбачають поєднання кількох методів для досягнення більш високої ефективності. Наприклад, оптичні сортувальники можуть комбінуватися з пневматичними системами для видалення домішок за кольором і вагою одночасно. Використання комбінованих методів дозволяє досягти оптимальних результатів у сортуванні сировини для виробництва сухих напоїв.

Сортивання є критично важливим етапом підготовки сировини для виробництва сухих напоїв, який забезпечує високу якість кінцевого продукту та ефективність виробництва. Використання різних методів сортування, таких як механічні, оптичні, пневматичні, магнітні, гідродинамічні та комбіновані, дозволяє ефективно відділяти якісну сировину від домішок і дефектних часток.

4. Відділення небажаних часток.

Відділення небажаних частинок є важливим етапом у підготовці сировини для виробництва сухих напоїв. Цей процес спрямований на видалення сторонніх домішок, таких як камені, пісок, металеві частки та інші контамінації, що можуть вплинути на якість та безпеку кінцевого продукту.

Розглянемо основні методи та технології відділення небажаних частинок детальніше.

Магнітні сепаратори використовуються для видалення металевих часток із сировини. Вони бувають: барабанными: металеві частки притягуються до поверхні обертового магнітного барабана; пластинчастими: використовують плоскі магнітні пластини, розташовані над конвеєрною стрічкою, для вилучення металевих часток; рідинними: використовуються для видалення металевих часток з рідких середовищ.

5. Дезінфекція.

Дезінфекція є важливим етапом підготовки сировини для забезпечення безпеки та якості кінцевого продукту. Вона спрямована на знищення або зменшення кількості патогенних мікроорганізмів. Існують різні методи дезінфекції, які можуть бути використані залежно від типу сировини та виробничих вимог.

Хімічні методи дезінфекції включають використання хлорвмісних розчинів, таких як хлорне вапно (кальцій гіпохлорит) і натрій гіпохлорит, які застосовуються для дезінфекції води та поверхонь. Органічні кислоти, такі як оцтова і лимонна кислоти, також використовуються для знищення мікроорганізмів на поверхні сировини. Перекис водню є ще одним ефективним дезінфектантом, який використовується для обробки сировини та поверхонь. Крім того, четвертинні амонієві сполуки широко застосовуються для дезінфекції обладнання та поверхонь.

Фізичні методи дезінфекції включають ультрафіолетове (УФ) випромінювання, де УФ-лампи використовуються для дезінфекції води, повітря та поверхонь. Теплова обробка, як пастеризація та стерилізація, також є ефективними методами дезінфекції. Пастеризація включає нагрівання сировини до температури 60-85°C протягом декількох хвилин для знищення бактерій та

ферментів, а стерилізація передбачає нагрівання до температури вище 100°C для знищення всіх форм мікроорганізмів. Озонування використовує озонові генератори для дезінфекції води та повітря, оскільки озон має потужні окислювальні властивості, що дозволяють ефективно знищувати мікроорганізми.

Механічні методи дезінфекції включають фільтрацію, де мембранні фільтри використовуються для видалення мікроорганізмів з рідких середовищ. Ультрафільтрація є методом розділення, що дозволяє видалити найдрібніші частки та мікроорганізми за допомогою мембран.

Дезінфекція є ключовим етапом у підготовці сировини для виробництва сухих напоїв, що забезпечує безпеку та якість кінцевого продукту. Використання різних методів дезінфекції, таких як хімічні, фізичні, механічні та комбіновані, дозволяє ефективно знищувати патогенні мікроорганізми та забезпечувати відповідність продукції стандартам безпеки. Ретельний вибір і контроль методів дезінфекції є запорукою успішного виробничого процесу.

Технічні вимоги до підготовки сировини для виробництва сухих напоїв включають кілька ключових етапів, кожен з яких має свої особливості та вимоги до обладнання. Миття забезпечує очищення сировини, подрібнення готує її до подальшої обробки, а додаткові підготовчі операції забезпечують необхідний рівень якості та безпеки. Ретельне дотримання технологічних вимог на кожному з цих етапів є запорукою високої якості кінцевого продукту.

1.2.2 Технічна система приготування сухого напою

Після підготовки сировини їй треба пройти екстракцію, процес екстракції полягає у вилученні активних речовин з сировини за допомогою розчинника. Цей розчинник може бути водою, спиртом або іншими рідинами, залежно від характеру сировини та властивостей екстрагента. Зазвичай сировину і розчинник

поміщають у спеціальний апарат, де відбувається контакт між ними протягом певного часу при підвищеній температурі і тиску. При цьому можуть використовуватися різні технології, такі як перколяція (проходження розчинника через шар сировини), мацерація (витримування сировини у розчиннику) або суперфіксована рідинна екстракція, яка використовує високий тиск і температуру для покращення ефективності екстракції. Після екстракції отриманий екстракт і розчинник розділяють за допомогою фільтрації або центрифугування, залишаючи концентрований екстракт для наступного етапу.

Після екстракції екстракт концентрують, щоб зменшити його об'єм та підвищити концентрацію активних речовин. Цей процес може здійснюватися за допомогою різних методів. Один з найбільш поширених - це випарювання, де екстракт нагрівають у вакуумному апараті. Вакуум дозволяє знизити температуру кипіння розчинника, що сприяє більш економному випаровуванню і зменшує ризик руйнування термолабільних компонентів екстракту. Іншим методом є мембранна фільтрація, така як ультрафільтрація або зворотний осмос, де розчинник відфільтровують через мембрани, залишаючи за собою концентрований екстракт. Ці методи дозволяють досягти високої концентрації активних речовин без значної втрати їх властивостей.

Після концентрації екстракт піддають сушінню, щоб перетворити його на порошок. Один з найпоширеніших методів сушіння - це сушіння розпиленням, де концентрований екстракт розпилюють у гарячому повітряному потоці, що дозволяє швидко випарувати вологу і отримати порошок. У сушарці розпилювального типу екстракт під високим тиском розпилюють через форсунки, утворюючи дрібні краплі, які миттєво висихають при контакті з гарячим повітрям. Це дозволяє зберегти корисні властивості екстракту і отримати порошок з однорідною структурою. Інший метод, відомий як ліофілізація або заморожуване сушіння, використовує замороження екстракту та випарування води під вакуумом. Ліофілізація дозволяє зберегти максимальну

кількість біологічно активних речовин і ароматичних компонентів, однак цей метод є більш енерговитратним і дорогим.

Після сушіння отриманий порошок змішують з іншими інгредієнтами, такими як цукор, молочні компоненти, стабілізатори та емульгатори, для досягнення однорідної суміші. Цукор додають для покращення смаку та текстури напою. Молочні компоненти, такі як сухе молоко або молочні білки, покращують смакові властивості та створюють більш кремову консистенцію. Стабілізатори, наприклад, камедь або модифікований крохмаль, допомагають зберігати структуру порошку і запобігають його розшаруванню. Емульгатори, такі як лецитин, сприяють рівномірному розподілу жирів у напої. Процес змішування здійснюється у спеціальних змішувачах, які забезпечують рівномірне перемішування всіх компонентів для досягнення однорідної маси.

Після змішування готовий продукт фасують у відповідну упаковку. Фасування може здійснюватися у різні типи упаковки, такі як пакети, банки, стіки, що забезпечують зручність використання і тривале зберігання. Процес фасування включає дозування продукту, запаювання упаковок і маркування. Сучасні фасувальні лінії оснащені автоматичними системами контролю ваги та об'єму, що дозволяє точно дозувати продукт і уникати відхилень від заданих параметрів.

Контроль якості готового продукту здійснюється на всіх етапах виробництва і включає аналіз фізико-хімічних, органолептичних та мікробіологічних показників. Перевіряються такі параметри, як вологість, розмір часток, вміст активних речовин, смакові та ароматичні властивості. Крім того, проводяться мікробіологічні дослідження для виявлення можливих патогенних мікроорганізмів. Всі ці заходи забезпечують високу якість та безпеку готового продукту, що відповідає встановленим стандартам і вимогам споживачів.

1.3 Огляд існуючих методів та технологій виробництва

1.3.1 Мікрохвильове сушіння

Мікрохвильове сушіння є інноваційним методом, який використовує електромагнітні хвилі в діапазоні мікрохвиль (300 MHz - 300 GHz) для нагрівання та випаровування вологи з продукту. Це відбувається завдяки діелектричному нагріванню, при якому молекули води в продукті швидко коливаються під дією мікрохвильового поля, створюючи тепло зсередини.

Процес мікрохвильового сушіння починається з підготовки продукту: очищення, подрібнення та попереднє заморожування (за потреби). Після цього продукт завантажується в сушильну камеру, де рівномірно розподіляється шаром або поміщається в спеціальні контейнери для максимізації ефективності сушіння. Магнетрон генерує мікрохвилі, які через волноводи потрапляють у сушильну камеру, де рівномірно розподіляються, забезпечуючи нагрівання продукту. Мікрохвилі викликають коливання молекул води у продукті, що призводить до їх нагрівання та швидкого випаровування вологи. Цей процес є ефективним завдяки глибокому проникненню мікрохвиль у продукт. Волога, що випаровується, видаляється з сушильної камери за допомогою системи вентиляції, що запобігає конденсації і забезпечує безперервний процес сушіння. Після завершення сушіння продукт охолоджується та збирається у відповідні контейнери для подальшого пакування та зберігання.

Для забезпечення високої якості кінцевого продукту важливо точно контролювати параметри процесу: потужність мікрохвиль, температуру в сушильній камері, вологість продукту та тривалість процесу. Потужність мікрохвиль впливає на швидкість нагрівання та випаровування вологи, а оптимальна потужність залежить від типу продукту та його властивостей. Температура в сушильній камері повинна підтримуватися на оптимальному рівні, щоб запобігти перегріву та втраті якості продукту. Контроль вологості дозволяє досягти бажаного рівня сушіння та уникнути пересушування.

Тривалість процесу залежить від початкової вологості продукту, його маси та потужності мікрохвиль.

Мікрохвильове сушіння забезпечує високу швидкість процесу, що дозволяє обробляти великі обсяги продукту за короткий час. Метод є енергоефективним завдяки локалізованому нагріванню, що мінімізує втрати енергії. Мікрохвильове сушіння також зберігає поживні речовини та органолептичні властивості продукту завдяки меншій тривалості та нижчим температурам сушіння. Однак цей метод потребує значних початкових інвестицій у спеціалізоване обладнання та має обмеження щодо типу продуктів, що можуть бути оброблені. Для забезпечення стабільної якості продукту необхідний точний контроль параметрів процесу. Мікрохвильове сушіння використовується у виробництві сухих напоїв, таких як кава та чай, для збереження їхніх ароматичних і смакових властивостей. Метод також застосовується для виробництва фруктових та овочевих порошків, супів швидкого приготування та молочних продуктів з мінімальними втратами поживних речовин.

Переваги мікрохвильового сушіння:

- Швидкість: швидкий процес сушіння, що дозволяє обробляти великі обсяги продукту за короткий час.
- Енергоефективність: ефективне використання енергії завдяки локалізованому нагріванню.
- Збереження якості: мінімальні втрати поживних речовин та органолептичних властивостей продукту.

Недоліки мікрохвильового сушіння:

- Висока вартість обладнання: значні початкові інвестиції у спеціалізоване обладнання.

- Обмеження щодо типу продуктів: не всі продукти підходять для мікрохвильового сушіння.
- Потреба в точному контролі параметрів: для забезпечення стабільної якості продукту необхідний точний контроль процесу.

1.3.2 Вакуумне сушіння.

Вакуумне сушіння є складним і технологічно продуманим процесом виробництва сухих напоїв, який вимагає використання спеціалізованого устаткування та ретельного контролю параметрів. У цьому методі важливо забезпечити стабільні умови вакууму та контрольовані температури вакуумної камери для ефективного випаровування вологи з продукту. Вакуумне середовище дозволяє знизити тиск, зберігаючи при цьому низькі температури, що дозволяє уникнути окислення та втрати поживних речовин у продукті.

Процес вакуумного сушіння зазвичай включає кілька етапів, включаючи підготовку продукту, розміщення його у вакуумній камері, зниження тиску та контроль температури для оптимального випаровування вологи. Після завершення сушіння продукт може бути вилучений з камери та підданий додатковій обробці, якщо це необхідно.

Вакуумне сушіння має деякі переваги, такі як збереження органолептичних властивостей продукту та висока якість кінцевого продукту. Однак, цей метод може бути витратним у плані енергії та вимагати значних витрат на устаткування та обслуговування. Крім того, процес вакуумного сушіння може бути часом затратним і тривалим, залежно від характеристик продукту та умов виробництва.

Переваги вакуумного сушіння:

- Збереження якості: Вакуумне середовище дозволяє знизити тиск, зберігаючи при цьому низькі температури, що дозволяє уникнути

окислення та втрати поживних речовин у продукті. Це забезпечує збереження органолептичних властивостей продукту та високу якість кінцевого продукту.

- Однорідність сушіння: Контрольовані умови вакуумної камери дозволяють забезпечити однорідність сушіння продукту, запобігаючи появі нерівностей та пересихання.
- Збереження поживних речовин: Низькі температури вакуумного сушіння дозволяють зберегти більше поживних речовин та вітамінів у продукті, порівняно з іншими методами сушіння.

Недоліки вакуумного сушіння:

- Витратність: Вакуумне сушіння може бути витратним у плані енергії через використання спеціалізованого устаткування та необхідність підтримувати стабільні умови вакууму.
- Витрати на устаткування: Впровадження вакуумного сушіння виробництва вимагає значних витрат на придбання та обслуговування спеціалізованого устаткування, що може бути фінансово навантажливим для підприємства.
- Часові витрати: Процес вакуумного сушіння може бути часом затратним і тривалим, залежно від характеристик продукту та умов виробництва.

1.3.3 Термічне сушіння.

Термічне сушіння є одним із найпоширеніших методів виробництва сухих напоїв. У цьому процесі, тепло використовується для випаровування вологи з продукту. Процес термічного сушіння може бути виконаний різними способами, включаючи використання сонячних сушильних систем, тунельних сушильних камер або роторних сушарок.

Системи теплового сушіння використовують спеціалізоване устаткування, яке може включати в себе нагрівальні елементи, вентиляційні системи, фільтри, та контрольні пристрої для регулювання температури, вологості та швидкості обміну повітря. Ці системи дозволяють створити контрольовані умови, що забезпечують ефективне сушіння продукту з мінімальними втратами поживних речовин та органолептичних властивостей.

Процес термічного сушіння може займати різний час залежно від властивостей продукту, товщини шару сировини, температури та вологості середовища. Оптимальні умови сушіння розробляються для кожного конкретного продукту з урахуванням його особливостей та вимог. Термічне сушіння є ефективним методом для збереження продуктів, що мають довгий строк зберігання та вимагають високої якості.

Переваги термічного сушіння:

- Збереження якості продукту: Термічне сушіння дозволяє зберегти більшість органолептичних властивостей, смаку та аромату продукту, а також поживних речовин.
- Універсальність: Цей метод можна використовувати для сушіння різноманітних видів продуктів, від фруктів та овочів до трав та зернових.
- Простота управління: Термічне сушіння може бути легко контрольованим та регульованим за допомогою спеціалізованого обладнання та програмного забезпечення.
- Можливість масового виробництва: Цей метод може бути використаний для великих обсягів виробництва, що робить його ефективним для промислових масштабів.

Недоліки термічного сушіння:

- Втрати поживних речовин: Підвищені температури під час сушіння можуть призводити до втрати певних поживних речовин, вітамінів та мінералів у продукті.
- Тривалий час сушіння: Деякі продукти можуть вимагати тривалого часу сушіння, особливо якщо вони мають велику вологості або товщину.
- Енерговитрати: Процес термічного сушіння може вимагати значних кількостей енергії для підтримки потрібних температур та вентиляції.
- Можливість перегріву: Неправильне керування температурою або вентиляцією може призвести до перегріву продукту, що впливає на його якість та безпеку.

1.3.4 Порівняльний аналіз методів

На сьогоднішній день, в більшості випадків, для сушіння продуктів найчастіше використовується термічне (теплове) сушіння, яке є традиційним методом. Це пов'язано з його відносно низькими витратами на устаткування та простотою в реалізації. Термічне сушіння може використовуватися для широкого спектру продуктів і дозволяє отримати прийнятну якість сушених продуктів.

Вакуумне та мікрохвильове сушіння застосовуються у специфічних галузях та випадках, де важлива збереження якості та органолептичних властивостей продукту. Наприклад, вакуумне сушіння може бути використане для сушіння деяких фруктів, овочів або спеціальних харчових добавок.

Мікрохвильове сушіння може бути популярним у харчовій промисловості коли вам потрібно швидко сушити продукт, забезпечити більший контроль над процесом сушіння та його параметрами, а також зменшити споживання енергії.

1.3.5 Технологічна схема

Сухі напої готують нешипучими та шипучими. У типову технологічну схему приготування сухих нешипучих (негазованих) напоїв раціоналізаторами ВО «Росинка» внесено деякі зміни.

Цукор-пісок просівають через сито ХУ (рис. 1), потім норією I подають у магнітний сепаратор II. У ньому від цукру відокремлюються металеві домішки. Із сепаратора цукор-пісок надходить самопливом на подрібнення в млин III. Потім його зважують XIV і заповнюють змішувач XIII. Крім цукру змішувач завантажують плодово-ягідним екстрактом, кислотою, барвником та іншими компонентами зі збірки-мірника IV. Суміш ретельно перемішують протягом 10-15 хв. Потім суміш норією XII подають у сушарку М, де вона висушується за температури до 80 градусів і вологості 2,5%. Висушену масу вивантажують у мікроподрібнювач IX. Після подрібнення масу направляють у прес для таблетування. У процесі отримання таблеток вводиться есенція. Готові таблетки передаються до пакувального автомату VII. Таблетки загортаються по дві штуки, потім упаковуються в картонні коробки. Під час приготування сухих напоїв у порошку, його після млина направляють до пакувального апарату.

Схемою автоматизації приготування сухих нешипучих напоїв, розробленою в КТІППі, передбачено контроль, сигналізацію та регулювання температури повітря, що надходить до сушарки, регулювання тиску пари, що спрямовується до калорифера, облік пакетів із готовою продукцією, місцеве та дистанційне керування електродвигунами устаткування та дистанційноблоковане й автоматизоване зблоковане керування електродвигунами устаткування.

Контроль, сигналізація та регулювання температури повітря, що нагрівається в калорифері для використання в сушарці, здійснюється манометричним термометром 3-2 типу ТКП-160Сг. Багатовиткова трубчаста пружина 3-1 в кожусі встановлена на повітропроводі. Двоконтактний регулювальний пристрій 3-3 має два мікроперемикачі, пов'язані із зеленим і

червоним показчиками завдання. У разі збігу стрілки приладу з показчиками відбувається перемикання контактів мікроперемикача. На вентиль з електромагнітним приводом 3-4 типу 15кч888 подається команда. Контактна система приладу вмикає лампу HL21 за гранично низької температури і сигналізує лампою HL22 у разі досягнення гранично високої температури повітря.

Стабілізація тиску пари, що надходить у калорифер, здійснюється регулятором тиску прямої дії типу 21ч10нж, виконавча частина якого 1-2 встановлена на паропроводі.

Облік пакетів із готовим порошком або коробок із таблетками здійснюється лічильником 2-2 типу СЕД-2, датчик якого 2-1 розташований на транспорті після пакувального автомату.

Схемою автоматизації передбачено управління електродвигунами обладнання місцевого - кнопковими вимикачами SB1, SB3, SB5, SB7, SB9, SB11, SB13, SB15, SB17, SB19 та дистанційне - кнопковими вимикачами SB2, SB4, SB6, SB8, SB10, SB12, SB14, SB16, SB18, SB20 та сигналізація про їхню роботу лампами HL1 ... HL20, а також дистанційно-зблоковане керування електродвигунами за допомогою ключа керування SA1. КМ 1 КМ 10 - магнітні пускачі.

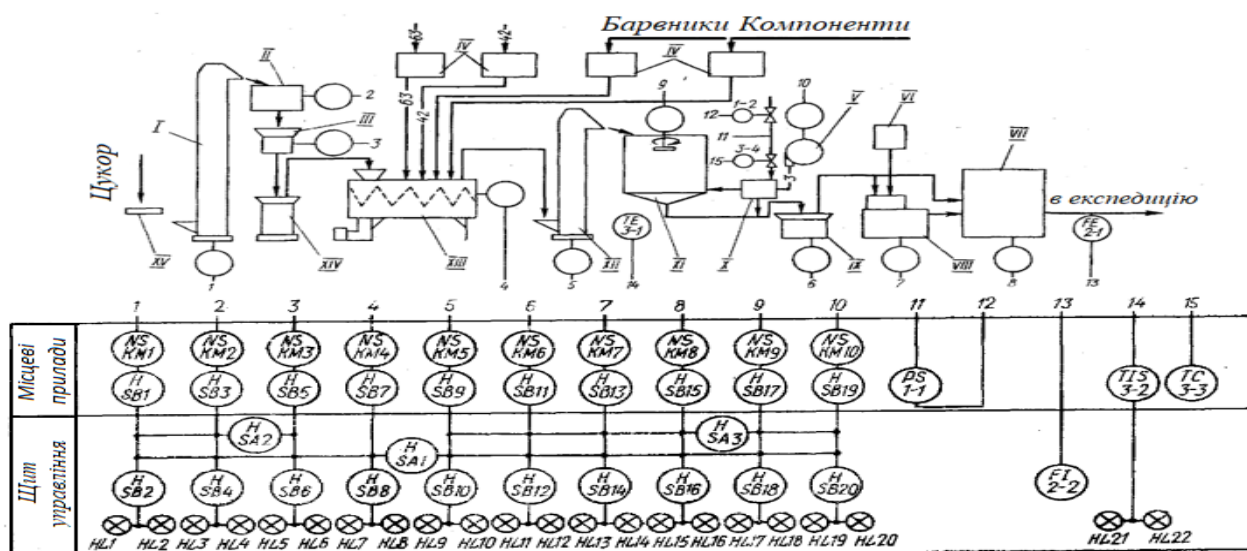


Рис. 1 – Технологічна схема приготування сухих нешипучих напоїв

I-норія 1, II-магнітний сепаратор, III-млин, IV-збірники-мірники, V-повітродувка, VI-мірник есенції, VII-пакувальний автомат, VIII-прес, IX-мікромлин, X-калорифер, XI-сушарка, XII-норія 2, XIII-змішувач, XIV-ваги, XV-сито.

Дистанційно-зблоковане й автоматизоване зблоковане керування електродвигунами норії № 1, магнітного сепаратора і млина (I група) здійснюють зі щита кнопковими вимикачами SB2, SB4, SB6 і ключем керування SA2 на початку роботи устаткування цієї ділянки. Потім після завантаження суміші вмикають електродвигун змішувача. Після закінчення процесу змішування вмикають групу електродвигунів у складі електродвигуна норії № 2, сушарки, повітродувки, млина, преса і пакувального автомату кнопковими вимикачами SB10, SB12, SB14, SB16, SB18, SB20 і ключем управління SA3, Пуск електродвигунів цієї ділянки здійснюється в такій послідовності: спочатку вмикають I групу електродвигунів, потім електродвигун змішувача і, нарешті, електродвигуни II групи. Зупинка електродвигунів цієї ділянки здійснюється в такій послідовності: спочатку відключається електродвигун норії, потім магнітного сепаратора і млина, потім другої норії, сушарки тощо.

Механізація та автоматизація процесу приготування сухих нешипучих напоїв сприяє контролю за перебігом процесу, покращує якість готового продукту, що впливає на забезпечення гарантійного терміну зберігання до вживання порошку або таблеток, підвищує продуктивність праці, полегшує працю обслуговувального персоналу та є етапом комплексної механізації та автоматизації виробництва.

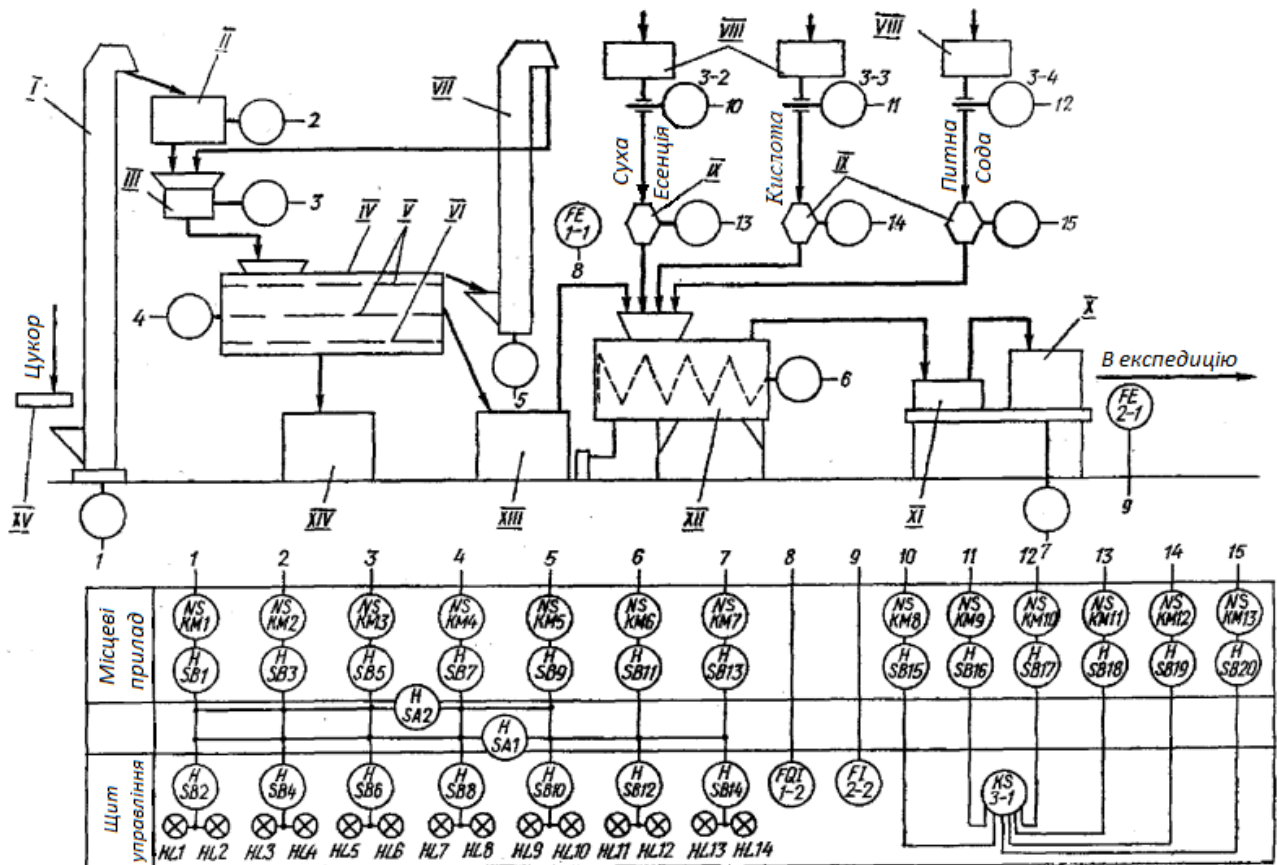


Рис. 2 - Технологічна схема приготування сухих шипучих напоїв

I - норія No 1; II - магнітний сеператор; III - млин; IV - пристрій для розсіву на фракції; V - вібросито; VI - лоток; VII - норія No 2; VIII - бункери; IX - автоматичні дозатори; X - пакетофасувальна машина; XI, XIII, XIV - ваги; XII - змішувач; XV - сито,

Схема автоматизації приготування сухих шипучих напоїв зображена на рис. 2. Цукор-пісок після просіювання через сито XV надходить у норію I, потім

у магнітний сепаратор II і потім самопливом у млин III на подрібнення. Після подрібнення цукровий пісок подається на пристрій для розсіву на фракції IV. Пристрій складається з двох вібросит V і лотка VI. Верхнє сито має отвори діаметром 0,5 мм, середнє 0,14 мм. Частинки цукрового піску, що не пройшли через верхнє сито, зсипаються в приймальний бункер норії No 2 VII і повертаються в млин. Фракція цукру із середнього сита потрапляє на ваги XIII, а з них у змішувач XII. Фракція цукру, що пройшла через сито, потрапляє на лоток, розташований у нижній частині пристрою, і з нього на ваги XIV. Ця фракція цукру не використовується для приготування сухих напоїв, а спрямовується на виробництво звичайних безалкогольних напоїв.

До фракції цукру, що надійшла в змішувач, додають суху есенцію, винно-кам'яну кислоту зі збірок і питну соду з бункера VIII. Дозування перерахованих компонентів у змішувач здійснюється автоматичними дозаторами IX. Після перемішування суміш направляють на автоматичні ваги XI і потім у пакетофасувальну машину X.

Схемою автоматизації приготування сухих щипучих напоїв, передбачено автоматичне програмне дозування компонентів у змішувач, облік відваг дозатором і пакетів із готовою продукцією, місцеве й дистанційне керування електродвигунами устаткування та дистанційно-зблоковане й автоматизоване зблоковане керування електродвигунами устаткування.

Автоматичне програмне управління процесом дозування компонентів у змішувач здійснюється командним електричним приладом 3-1 типу КЕП. На приладі встановлюється програма подачі керуючих команд на засувки з електромагнітним приводом 3-2, 3-3, 3-4 типу РИМЗ. КЕП також і управляє схилами автоматичного дозатора. Після зважування цукру на вагах і його направлення в змішувач вмикається КЕП. Він подає керуючу команду на чергове відкриття засувок бункерів, у яких зберігається певна кількість компонентів.

Облік кількості відважок, вироблених автоматичним порційним дозатором типу ДМС-50-2, здійснюється лічильником 1-2 типу СЕД-2, датчик якого 1-1 розміщений у дозаторі.

Облік пакетів із готовою продукцією після пакетофасочної машини здійснюється лічильником 2-2 типу СЕД-2, датчик 2-1 якого розташований на транспортері.

Схемою автоматизації передбачено управління електродвигунами обладнання місцевого - кнопковими вимикачами SB1, SB3, SB5, SB7, SB9, SB11, SB13, SB15,

SB18, дистанційне - кнопковими вимикачами SB2, SB4, SB6, SB8, SB10, SB12, SB14, а також сигналізація про їхню роботу лампами HL1... HL14. Крім того, передбачено дистанційно-зблоковане керування електродвигунами за допомогою ключа керування SA1. KM1.... KM13 - магнітні пускачі.

Дистанційно зблоковане й автоматизоване зблоковане керування електродвигунами норії No 1, магнітного сепаратора, млину, пристрою для розсіву на фракції та норії No 2 здійснюється зі щита кнопковими вимикачами SB2, SB4, SB6, SB8, SB10 і ключем керування SA2.

Місцеве управління дозаторами здійснюється кнопковими вимикачами SB15... SB20.

Пуск електродвигунів здійснюється в такій послідовності: спочатку вмикають електродвигун норії No 2, потім пристрій для розсіву на фракції, потім електродвигуни млина, магнітного сепаратора і норії No 1. Після дозування компонентів у змішувач вмикається його електродвигун. Після закінчення його роботи вмикається електродвигун пакетофасувальної машини. Зупиняють електродвигуни обладнання цієї ділянки у зворотному порядку, тобто спочатку електродвигуни норії No 1, потім магнітного сепаратора, млина, пристрою для

розсіву на фракції і норії No 2. У разі аварійного стану відключається вся перерахована група електродвигунів разом з електродвигуном змішувача і пакетофасувальної машини.

Механізація та автоматизація процесу приготування сухих шипучих напоїв підвищує точність дозування компонентів, покращує якість продукції, що випускається, підвищує продуктивність праці, полегшує працю обслуговуючого персоналу, підготовлює дільницю до переходу до комплексної механізації та автоматизації виробництва.

1.4 Висновок

У першому розділі було проведено детальний опис об'єкта автоматизації, який включає в себе аналіз основних матеріальних потоків та їх інформаційних змінних. Розглянуто та проаналізовано відомі варіанти рішень задачі автоматизації, що дозволило визначити найбільш ефективні методи та технології для досягнення встановленої мети. На основі проведеного аналізу сформульовано техніко-економічні вимоги до проєктованого виробу, що включають вимоги до точності, надійності, швидкості реагування та енергоспоживання.

2 ВИМОГИ ДО АВТОМАТИЗОВАНИХ СИСТЕМ КЕРУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИМ ПРОЦЕСОМ

2.1 Структурна схема промисловим об'єктом керування

При створенні АСК процесом сушіння сухих напоїв у сушильних установках, треба встановити потрібну вологість продукту та продуктивність установки. Під час автоматизованого управління сушильною установкою можна визначити два основних параметри, які піддаються регулюванню: температуру гарячого повітря на виході з калорифера та вологість готового продукту на виході з сушильної вежі.

На рис. 2 є структурна схема одноконтурної САР.

Її основні елементи: ЕС - елемент порівняння, АР - автоматичний регулятор, РО - регульований орган, ЗУМ - потужностний підсилювач, ІМ - виконавчий пристрій, СОУ - властиво об'єкт керування, Д - датчик, ЗД - задатчик, НП - перетворювач.

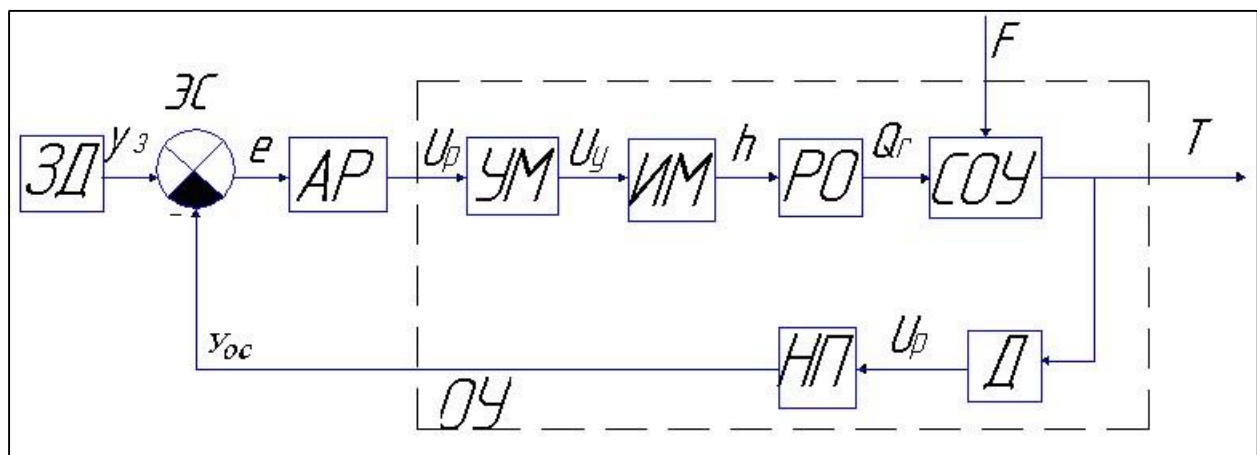


Рис 3 - Структурна схема САР промисловим об'єктом керування

y_z – сигнал,

e – похибка регулювання,
 u_p - вихідний керуючий сигнал,
 u_y - керуюча напруга,
 h - рух регульовального пристрою,
 Q_T - використання енергії або речовини,
 F – вплив, що обурює,
 T – параметр керування (наприклад температура),
 u_{oc} - зворотній зв'язок (вихідна напруга або струм перетворювача).

Регулювання промислових систем повинно забезпечувати стабільне управління процесом при будь-яких рівнях навантаження на технологічний агрегат. У зоні робочої точки система повинна гарантувати задану якість управління процесами. Також система повинна забезпечувати задану точність регулювання в сталому режимі, зокрема мінімальну дисперсію помилки та нульову статичну помилку регулювання.

Якщо дотримуватись цих вимог то об'єкт керування гарантує стаціонарність управління, тому варіанти параметрів будуть мінімальними і компенсуватимуться запасом стійкості системи.

2.2 Якість САР та її аналіз

2.2.1 Математична модель

Щоб побудувати передатну функцію нашого об'єкта керування, потрібно подати вхідний сигнал, тобто швидкість обертів двигуна, а на виході будемо реєструвати покази температури. Експериментальна характеристика контрольованого об'єкта, а саме температури в приміщенні, наведена в таблиці

Час, С	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
Вхідний східчастий вплив, швидкість обертів двигуна м ³ /час	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70
Зміна вихідної величини	0.7	0.8	3.4	85.2	6.7	7.9	8.8	9.3	9.5	9.6	9.6	90

Таблиця 2.1 - Експериментальні дані

Далі побудуємо графіки перехідного процесу. Для цього треба на вхід подати східчастий вплив $x(t)$ - швидкість обертів двигуна.

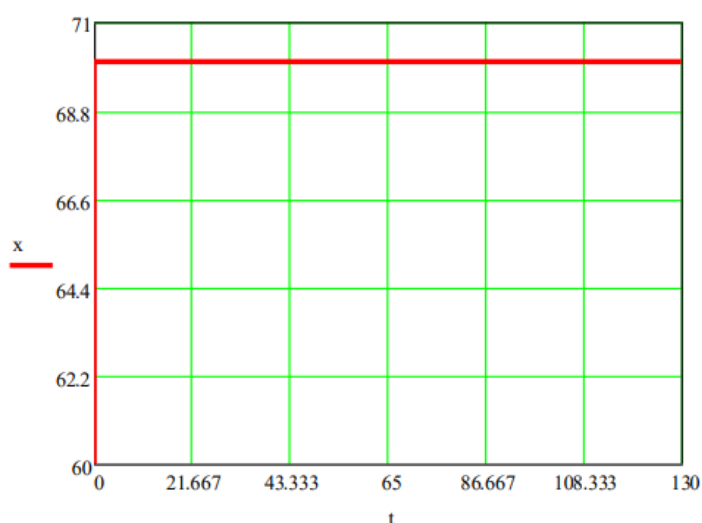


Рис. 4 – Графік стрибкоподібного впливу

x -зміна вхідної величини; t -час.

За даними таблиці будуємо експериментальну перехідну функцію об'єкта керування

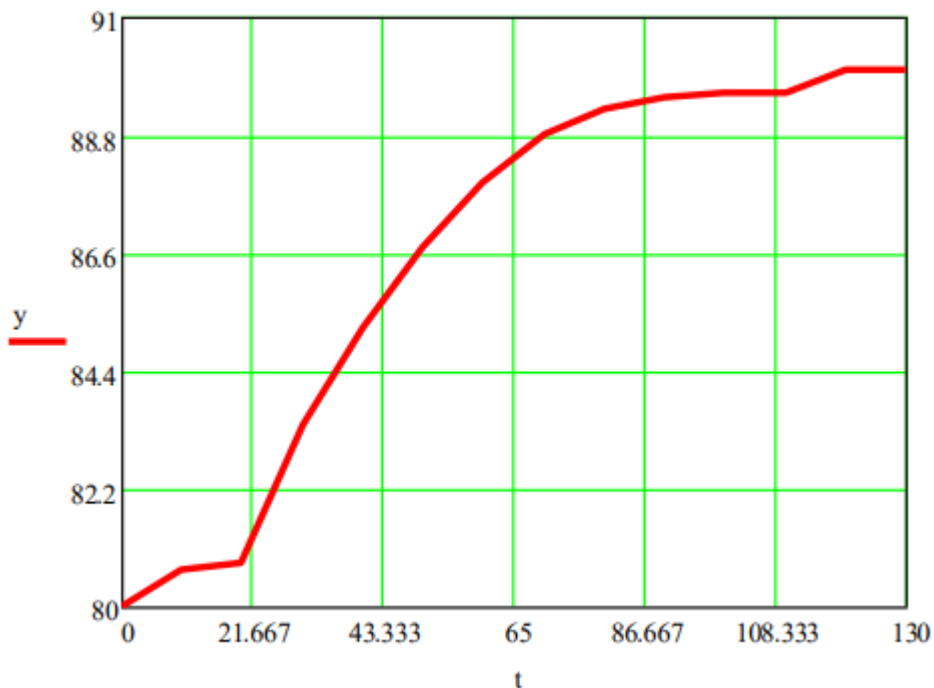


Рис. 5 - Перехідна функція об'єкта керування

х-зміна вхідної величини; t-час.

Отримана функція об'єкта буде мати вигляд:

$$W(p) = \frac{k}{T \cdot p + 1} \cdot e^{-t \cdot p} \quad (2.1)$$

k - коеф. підсилення об'єкта,

T - постійний час об'єкта,

t - час запізнювання об'єкта.

Ізходячи з цього виходить: k:=1,6 t:=15 T:=50

2.2.2 Розрахункова перехідна функція

Ми визначимо розрахункову перехідну функцію об'єкта за допомогою програмного пакету Mathcad, використовуючи передатну функцію, яку ми вже отримали раніше:

$$\begin{array}{l}
 \left(\begin{array}{l} 0 \\ 10 \\ 20 \\ 30 \\ 40 \\ 50 \\ 60 \\ 70 \\ 80 \\ 90 \\ 100 \\ 110 \\ 120 \\ 130 \end{array} \right) \quad t1 := \quad \begin{array}{l} \Delta y := 10 \quad \Delta x := 10 \\ k := \frac{\Delta y}{\Delta x} \quad k = 1 \\ k := 1.6 \\ \tau := 15 \\ T := 50 \\ W(p) := \frac{k \cdot e^{-\tau \cdot p}}{T \cdot p + 1} \\ \frac{W(p)}{p} \left| \begin{array}{l} \text{invlaplace}, p \\ \text{float}, 2 \end{array} \right. \rightarrow -1.0 \Phi(t - 15.0) \cdot (1.6 e^{-0.02 \cdot t + 0.3} - 1.6) \\ h(t) := -1.0 \Phi(t - 15.0) \cdot (1.6 e^{-0.02 \cdot t + 0.3} - 1.6) \end{array}
 \end{array}$$

Від отриманих параметрів побудуємо графік перехідної функції

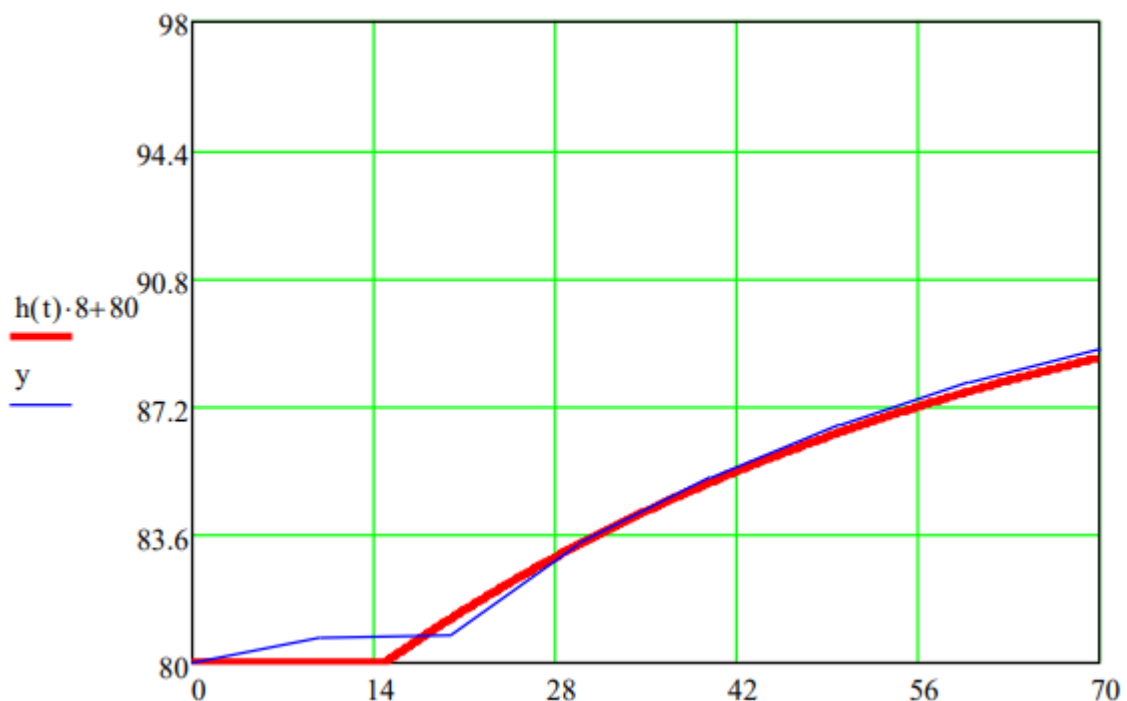


Рис. 6 – Ідентифікація розрахункової, експериментальної функції
Функцію перехідного процесу, яку ми розраховуємо, позначаємо як $h(t)$, а

експериментальну функцію перехідного процесу - як $y(t)$.

2.2.3 Закон регулювання та тип регулятора

Закон регулювання — це алгоритм, за яким система автоматичного управління впливає на керований об'єкт з метою підтримання його параметрів на заданому рівні або зміни їх у певний спосіб. Основна мета закону регулювання — забезпечення стабільної роботи системи та досягнення оптимальних умов функціонування керованого процесу.

П-регулятор (пропорційний регулятор) це один з найпростіших і найпоширеніших типів регуляторів у системах автоматичного управління. Його основна функція забезпечувати керуючий вплив, пропорційний до помилки регулювання:

$$x = k \cdot \Delta y \quad (2.2)$$

Згідно формулі швидкість переміщення регульовального органа буде пропорційною відхиленню регульованого параметра:

$$\frac{dx}{dt} = k \cdot \frac{d\Delta y}{dt} \quad (2.3)$$

k — коефіцієнт передачі регулятора. Таким чином, П - регулятор має один параметр налаштування k .

ПІ-регулятори застосовуються в системах, де необхідно забезпечити високу точність регулювання та усунути постійну помилку. Вони використовуються в промислових процесах для управління температурою, тиском, рівнем рідини; У автоматизації виробництва для регулювання швидкості, конвеєрів, позиціонування механізмів; У системах опаленні і вентиляції для управління температурою і потоком повітря; У енергетиці для регулювання параметрів електричних мереж та генераторів.

Він здатен забезпечити високу точність завдяки усуненню постійної помилки, також поєднує пропорційний і інтегральний вплив для стабільної роботи системи. З недоліків в нього високий коефіцієнт інтегрування, який може призвести до повільнішої реакції на зміни в системі.

$$x = k \cdot \Delta y + \left(\frac{1}{T_u} \right) \cdot \int_0^t \Delta y \cdot dt \quad (2.4)$$

У роботі був розглянут критерій Найквіста, заснований на побудові амплітудно-фазової характеристики відкритої системи. Він визначає стійкість замкненої системи на основі аналізу її відкритої системи. Основна ідея полягає в тому, що якщо частотна характеристика відкритої системи не охоплює точку $(-1, 0)$ в комплексній площині, то замкнена система є стійкою.

Для визначення стійкості замкнутої системи ПІ-регулятора у роботі є функція розімкнутої системи АР:

$$W(p)_{\text{розомкнутої системи}} = W(p)_{\text{об'єкта управління}} \cdot W(p)_{\text{регулятора}} \quad (2.5)$$

Функція розімкнутої системи системи ПІ-регулятора буде мати вид:

$$W_{\text{piraz}}(p) := W(p) \cdot W_{\text{pi}}(p)$$

$$W_{\text{piraz}}(p) := \frac{k \cdot e^{-\tau \cdot p}}{T \cdot p + 1} \cdot \left[K_{p1} \cdot \left(1 + \frac{1}{T_{u1} \cdot p} \right) \right]$$

$$W_{\text{piraz}}(p) := \frac{1.6 e^{-15 \cdot p}}{50p + 1} \cdot \left[1.25 \left(1 + \frac{1}{30p} \right) \right] \quad (2.6)$$

Щоб визначити стійкість замкнутої системи ПІ-регулятору завдяки критерію Найквіста виходить передатна функція розімкнутої системи АР:

$$W_{piraz}(p) := W(p) \cdot W_{pi}(p)$$

$$W_{piraz}(p) := \frac{k \cdot e^{-\tau \cdot p}}{T \cdot p + 1} \cdot \left[K_{p1} \cdot \left(1 + \frac{1}{T_{u1} \cdot p} \right) \right] \quad (2.7)$$

$W(p)$ – передатна функція керованого об'єкта; $W_{piraz}(p)$ – передатна функція системи у розімкнутому стані; $W_{pi}(p)$ - передатна функція ПІ - регулятора

На основі приведеної інформації були обрані параметри налаштування ПІ-регулятора, оскільки він забезпечує оптимальні показники якості регулювання. Об'єкт керування апроксимується аперіодичною ланкою 1-го порядку і має властивість самовирівнювання.

У роботі був використан один із найпопулярніших ПІ-регуляторів у сфері автоматизації - Honeywell UDC3200. Цей регулятор широко використовується завдяки своїм високим технічним характеристикам, надійності та простоті налаштування.



Рис 7 – ПІ-регулятор Honeywell UDC3200

Основні технічні характеристики:

- Входи: Підтримка різних типів термопар, RTD, аналогових входів (0-10 В, 4-20 мА)
- Виходи: Реле, твердотільне реле (SSR), аналогові виходи (4-20 мА)
- Живлення: 90-264 В AC або 24 В AC/DC

- Діапазон температури: Робочий діапазон від -10 до 70 °С
- Дисплей: Двохрядковий дисплей з можливістю відображення процесу та налаштувань
- Функції: ПП-регулювання, автонастроювання, контроль відхилень, аварійні сигнали
- Комунікації: Підтримка протоколів Modbus RTU для інтеграції в SCADA-системи
- Габарити: Компактний корпус, який легко вбудовується в панелі управління

Причини популярності Honeywell UDC3200:

1. Висока надійність: Honeywell UDC3200 зарекомендував себе як надзвичайно надійний регулятор, що працює стабільно навіть в умовах важких промислових середовищ.
2. Простота використання: Інтуїтивно зрозумілий інтерфейс та легке налаштування роблять цей регулятор зручним для операторів.
3. Широкий діапазон застосувань: Завдяки своїм універсальним входам і виходам, цей регулятор можна використовувати в різних галузях промисловості, таких як хімічна, нафтохімічна, харчова та інші.
4. Інтеграція з SCADA: Підтримка протоколу Modbus RTU дозволяє легко інтегрувати Honeywell UDC3200 в системи SCADA для централізованого моніторингу та управління.
5. Автонастроювання: Функція автонастроювання дозволяє автоматично оптимізувати параметри регулювання, що спрощує запуск і налаштування системи.

Завдяки цим перевагам, Honeywell UDC3200 часто обирають для автоматизації процесів, де потрібне точне та надійне регулювання параметрів.

Якості процесу регулювання. Регулятор забезпечує високу стабільність процесу, зменшуючи коливання параметрів навіть при змінних умовах; Висока точність регулювання дозволяє підтримувати параметри процесу (наприклад, температуру або тиск) у вузьких межах; Завдяки оптимальним налаштуванням

пропорційної та інтегральної складових регулятор забезпечує швидку реакцію на зміни параметрів; Використання високоякісних компонентів та надійне програмне забезпечення забезпечують тривалу та безперебійну роботу регулятора; Підтримка різноманітних вхідних та вихідних сигналів дозволяє використовувати регулятор у різних промислових процесах.

2.3 Датчики технологічних параметрів

2.3.1 Вибір датчиків температури

При виборі датчиків треба звернути увагу на кілька характеристик, включаючи діапазон вимірювання, точність, чутливість, швидкість відгуку, стабільність і надійність. Необхідно також зважати на робочі умови, такі як температура і тиск, а також на матеріали, з яких виготовлений датчик, щоб вони відповідали умовам експлуатації. Важливим є тип вихідного сигналу і сумісність з системами керування, з якими датчик буде працювати. Крім того, слід враховувати механічну міцність, стійкість до корозії та впливу агресивних середовищ, а також наявність необхідних сертифікатів і відповідність стандартам. Важливим аспектом є також вартість датчика та витрати на його встановлення і обслуговування.

Тип датчика EST110 призначений для вимірювання температури в промислових умовах. Цей датчик зазвичай використовується для моніторингу та контролю температури в різних технологічних процесах

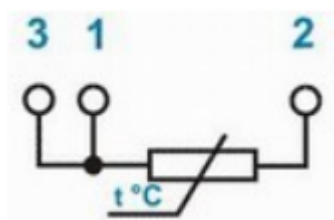


Рис. 8 - Схема датчика EST110

Датчик температури EST110 є популярним промисловим термометром, який використовується для точного вимірювання температури. Нижче наведені технічні дані для датчика температури EST110:

- Тип сенсора: Платиновий резистивний датчик (RTD), зазвичай PT100 або PT1000.
- Температурний діапазон: Від -50°C до +150°C.
- Матеріал корпусу: Нержавіюча сталь, часто 316L для підвищеної стійкості до корозії.
- Захист від вологи: IP67 або IP68, що забезпечує захист від пилу і води.
- Робочий тиск: До 10 бар (залежно від моделі та умов експлуатації).
- Тип підключення: Гвинтове або байонетне з'єднання.
- Вихідний сигнал: 2-, 3- або 4-дротова схема підключення.
- Калібрування: Відповідно до міжнародного стандарту ІЕС 60751.
- Матеріал ізоляції: Скловолокно, кераміка або ПТФЕ (тефлон) для різних температурних діапазонів.
- Час відгуку: Зазвичай 1-2 секунди для досягнення 63.2% кроку зміни температури в повітрі або рідинах.
- Механічний захист: Промисловий корпус із захистом IP67 або вище.

Ці характеристики роблять EST110 надійним вибором для широкого спектру промислових застосувань, де потрібне точне і стабільне вимірювання температури.

2.3.2 Вибір датчика рівня

При виборі датчика рівня важливо враховувати кілька ключових факторів для забезпечення оптимальної продуктивності та надійності системи. Основні аспекти, на які варто звернути увагу, включають тип середовища, яке потрібно вимірювати, діапазон вимірювання, точність, надійність, вплив зовнішніх чинників (таких як температура, тиск, вологість), матеріал будівельних деталей,

метод монтажу та інтерфейс підключення. Важливо також враховувати вимоги конкретної додаткової системи або обладнання, до якої буде встановлений датчик рівня. Крім того, врахуйте вартість і доступність датчика, а також можливість підтримки технічної підтримки і обслуговування.

Ротаційні датчики рівня можуть бути відмінним вибором для використання у виготовленні сухих напоїв в певних умовах. Вони часто використовуються для вимірювання рівня в ямках, резервуарах або бункерах, де рівень рідини або сировини змінюється. Вони зазвичай мають просту конструкцію, що робить їх надійними у та легкими у використанні, забезпечують високу точність вимірювання рівня, деякі моделі можуть працювати в екстремальних умовах, таких як висока температура або підвищений тиск. З недоліків вони можуть бути менш практичними для вимірювання рівня великих об'ємів рідини або сировини, так як вони зазвичай вимірюють рівень в ямках або резервуарах з обмеженою висотою.

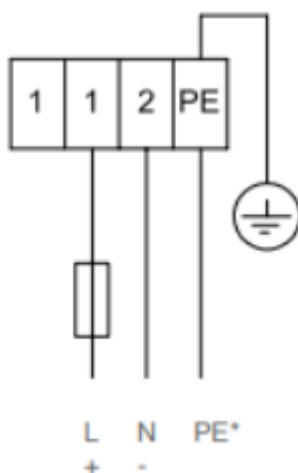


Рис. 9 - Схема ротаційного датчика рівня

2.3.3 Вибір датчика вологості сировини

У багатьох галузях промисловості існують стандарти щодо вмісту вологи у продукції. Використання датчика вологості допомагає забезпечити дотримання цих стандартів. Також зменшення вологості сировини може допомогти

зменшити час і енергію, необхідні для процесів сушіння та обробки, що зменшує витрати та підвищує ефективність виробництва.

Було розглянуто три методи вимірювання вологості: ємнісний метод, мікрохвильова технологія та рефлектومتрія в тимчасовій області.

Ємнісний метод використовується у випадках, коли немає зовнішніх впливів, таких як температура, і мінералізація матеріалу залишається стабільною, а також не треба висока точність вимірювання.

Мікрохвильові датчики реагують на зміни температури та електропровідності матеріалу, проте для отримання правильних показників потребують обробки сигналу програмними засобами, що забезпечує високу точність вимірювання.

Фактори, які можуть впливати на показники, включають температуру сировини. Отже, вологоміри забезпечують інформацію не лише про вміст води на поверхні, як у випадку з рефлексивними інфрачервоними вологомірами, але й про вміст води у всій сировині.

Rotronic HygroFlex HF5: Цей датчик вологості є досить універсальним і використовується в різних галузях, включаючи фармацію, харчову промисловість та наукові дослідження. Він має високу точність і надійність.



Рис. 10 - Зовнішній вигляд датчика

Технічні характеристики датчика вологості Rotronic HygroFlex HF5:

Діапазон вимірювань вологості: від 0% до 100% відносної вологості.

Температурний діапазон: -40°C до +85°C.

Інтерфейс зв'язку: зазвичай цифровий інтерфейс, такий як RS485 або Ethernet, для підключення до систем моніторингу та управління.

Живлення: вбудовані батареї або від зовнішнього джерела живлення.

Корпус і захист: корпус датчика вологості має захист від пилу і вологи, що дозволяє використовувати його у різних умовах експлуатації.

Додаткові можливості: можливість калібрування, вбудований дисплей для відображення вимірюваних значень, можливість збереження даних та використання додаткових датчиків (наприклад, температури).

2.4 Програмований логічний контролер

Програмований логічний контролер треба використовувати для здійснення контролю та управління технологічним процесом у виробничих або промислових установках. Він дозволяє відслідковувати та контролювати параметри такі як температура, тиск, вологість, рівень рідини чи будь-які інші важливі характеристики процесу.

У роботі базується система автоматизації на використанні логічного контролера TM251MESC.



Рис. 11 - Зовнішній вигляд контролеру TM251MES-C

Цей контролер відмінно підходить для використання у нашій системі. Його легкість налаштування та широкий вибір сумісних модулів роблять його ідеальним для управління всіма виконавчими механізмами та збору даних від датчиків.

2.5 Основні компоненти та функції АСКТП

Автоматизована система керування технологічним процесом (АСКТП) – це комплекс апаратно-програмних засобів, призначений для автоматичного контролю та управління технологічним процесом у виробничих і промислових установках. АСКТП використовується для забезпечення оптимальних умов ведення технологічних процесів, підвищення їх ефективності, безпеки та якості продукції.

З функціональних вимог вона повинна забезпечувати точний контроль та управління параметрами процесу, такими як температура, тиск, рівень, витрата та інші, підтримувати можливість програмування різних алгоритмів управління, включаючи ПД-регулювання, логічне управління, мати можливість розширення та адаптації до змін у технологічному процесі або розширення виробництва.

З технічних вимог система повинна бути сумісною з різними типами датчиків і виконавчих механізмів, що використовуються в технологічному процесі, працювати безперервно та без збоїв в умовах виробництва, мати високу надійність компонентів та бути захищена від впливів зовнішніх факторів, таких як волога, пил, електромагнітні завади.

Інформаційні вимоги: АСКТП повинна забезпечувати моніторинг параметрів процесу в реальному часі та їх візуалізацію на зручних для оператора інтерфейсах, зберігати історичні дані про процес для подальшого аналізу та оптимізації, система повинна мати функції самодіагностики та генерування тривог у разі виникнення несправностей або відхилень від нормальних параметрів.

Економічні вимоги: вартість впровадження та експлуатації повинна бути економічно обґрунтованою та відповідати бюджету підприємства, впровадження системи повинно сприяти підвищенню ефективності виробництва та швидкій окупності витрат.

2.6 Висновок

У розділі на основі отриманої математичної моделі було розроблено структурну схему системи управління, було проведено всебічний аналіз та розробку КСУ, що забезпечує ефективне управління процесом приготування сухих напоїв. Отримані результати створюють міцну базу для подальшого впровадження системи на виробництві та її оптимізації для досягнення найвищих стандартів якості та продуктивності. Особливу увагу було приділено обґрунтуванню обраного закону управління. Проведений теоретичний синтез, як класичними методами, так і за допомогою сучасних підходів, дозволив визначити оптимальні параметри для досягнення високої ефективності та надійності системи управління.

3 РОЗРОБКА ПРОЕКТУ АВТОМАТИЗАЦІЇ ПРОЦЕСУ ПРИГОТУВАННЯ СУХИХ НАПОЇВ

3.1 Опис функціональної схеми автоматизації

Процес виробництва сухих напоїв включає декілька послідовних етапів, кожен з яких виконується за допомогою автоматизованих систем і обладнання. Функціональна схема автоматизації дозволяє забезпечити ефективність, точність і безпеку виробничого процесу. Нижче наведено детальний опис функціональної схеми автоматизації процесу виробництва сухих напоїв.

Основні етапи процесу та відповідне обладнання

1. Просіювання цукру-піску

Сито ХУ: Цукор-пісок подається на просіювання через сито, яке видаляє великі частинки та сторонні домішки. Його частота вібрації може регулюватися в діапазоні 1000-1500 Гц.

Датчики рівня і контролю забруднень: Використовуються для моніторингу кількості цукру та виявлення небажаних частинок.

2. Переміщення цукру-піску

Норія І: Автоматизована транспортувальна система, яка подає просіяний цукор у магнітний сепаратор.

Контролери руху і положення: Використовуються енкодери для точного визначення положення та швидкості руху, з відокремлення металевих домішок. У нашому випадку логічний контролер TM251MESG, він є гарним варіантом для автоматизації процесу завдяки підтримці широкого спектру сумісних модулів введення/виведення та комунікаційних модулів, що дозволяє легко розширювати та адаптувати систему під конкретні потреби виробництва, також він оснащений

потужним процесором, що забезпечує швидке оброблення даних і реагування на зміни в технологічному процесі.

Магнітний сепаратор II: Оснащений сильними неодимовими магнітами, що забезпечують видалення металевих домішок.

Датчики наявності металу: Виявляють та сигналізують про наявність металевих домішок.

3. Подрібнення цукру

Млин III: Подрібнює цукор до необхідної фракції.

Датчики швидкості та контролю подрібнення: Моніторять процес подрібнення для забезпечення однорідності.

4. Зважування та змішування

Зважувальний пристрій XIV: Відмірює необхідну кількість подрібненого цукру.

Змішувач XIII: Завантажується подрібненим цукром та іншими компонентами (плодово-ягідний екстракт, кислота, барвник) зі збірки-мірника IV. Змішувач може мати ємність до 500 л і працювати при швидкості обертання лопатей до 2000 об/хв.

Датчики ваги та дозування: Контролюють кількість кожного компонента.

5. Сушіння суміші

Норія XII: Подає суміш у сушарку.

Сушарка M: Сушить суміш при температурі до 80 градусів і вологості 2,5%.

Датчики температури та вологості: Моніторять і регулюють параметри сушіння.

6. Подрібнення та таблетування

Мікроподрібнювач IX: Додатково подрібнює висушену масу.

Прес для таблетування: Формує таблетки з подрібненої маси, додаючи есенцію.

Датчики тиску та консистенції: Забезпечують контроль якості таблеток.

7. Пакування

Пакувальний автомат VII: Пакує готові таблетки по дві штуки в обгортки, а потім у картонні коробки.

Датчики кількості та контролю якості упаковки: Перевіряють кількість таблеток і якість упаковки.

Алгоритм роботи системи

1. Просіювання та переміщення цукру:

Цукор-пісок подається на сито ХУ для просіювання.

Просіяний цукор транспортується норією I у магнітний сепаратор II.

2. Відокремлення металу та подрібнення:

Металеві домішки видаляються у магнітному сепараторі.

Цукор-пісок надходить у млин III для подрібнення.

3. Зважування та змішування компонентів:

Подрібнений цукор зважується на зважувальному пристрої XIV.

Змішувач XIII завантажується цукром та іншими компонентами зі збірки-мірника IV і ретельно перемішується.

4. Сушіння суміші:

Готова суміш подається норією XII у сушарку М, де сушиться до заданих параметрів.

5. Подрібнення та таблетування:

Висушена маса додатково подрібнюється у мікроподрібнювачі IX.

Маса надходить у прес для таблетування, де формуються таблетки з додаванням есенції.

6. Пакування:

Готові таблетки пакуються у пакувальному автоматі VII в обгортки по дві штуки, потім у картонні коробки.

Висновок

Функціональна схема автоматизації виробництва сухих напоїв передбачає використання різноманітного автоматизованого обладнання для кожного етапу процесу. Всі компоненти системи працюють разом для забезпечення ефективного, безпечного і якісного виробництва сухих напоїв. Завдяки використанню датчиків, контролерів і автоматизованих механізмів, вдасться досягти високої точності і стабільності процесу.

3.2 Функціональна схема

Для реалізації технологічного процесу сушки сухих напоїв використан програмно-апаратний комплекс. Сушіння сухого напою за допомогою контролера Modicon M251 відбувається через автоматизований процес управління температурою і вологістю у сушарці.

Як відбувається процес сушіння завдяки контролеру:

					ХНТУ 151.КРБ.23.026.ПЗ	Лист
Зм.	Лист	№ докум	Підпис	Дата		59

1. Сенсори вимірювання: Датчики температури і вологості, які підключені до контролера Modicon M251, постійно моніторять умови у сушарці.
2. Збір даних: Контролер отримує дані від датчиків і аналізує їх, визначаючи поточні значення температури і вологості.
3. Управління системою нагріву: Залежно від заданих параметрів сушіння, контролер регулює роботу системи нагріву в сушарці, щоб забезпечити потрібну температуру.
4. Контроль вентиляції: Контролер також включає вентилятори у сушарці для забезпечення потрібного рівня вентиляції та циркуляції повітря.
5. Реакція на зміни: У разі будь-яких змін у вимірах температури або вологості контролер відповідає швидко, коригуючи роботу системи нагріву і вентиляції для забезпечення стабільних умов сушіння.

Отже, завдяки функціональності та можливостям контролера Modicon M251, процес сушіння сухого напою відбувається автоматично і ефективно, забезпечуючи високу якість та стабільність виробництва.



Рис. 12 - Функціональна схема програмно-апаратного комплексу.

3.3 Програмне забезпечення автоматизованої системи керування

TRACE MODE SCADA - це важливі компоненти в автоматизованих системах контролю та моніторингу для багатьох галузей. Ці системи дозволяють операторам віддалено контролювати, моніторити та оптимізувати промислові процеси та обладнання в реальному часі. SCADA-системи зазвичай складаються з апаратного та програмного забезпечення, включаючи сенсори, програмовані логічні контролери (ПЛК), інтерфейси роботи людини та машини, мережі зв'язку. При виборі системи необхідно враховувати такі фактори, як гнучкість системи у роботі з різними протоколами та стандартами зв'язку, її здатність до надання візуалізації та аналітики даних в реальному часі, а також підтримка віддаленого доступу та мобільних пристроїв. Крім того, оцінка рекорду постачальника, підтримка клієнтів та майбутнє напрямки розвитку продукту є важливими для забезпечення успішної реалізації та довгострокової підтримки.

TRACE MODE є першою системою автоматизованого контролю та нагляду (SCADA) у світі. Вона відзначається широким спектром функцій, що дозволяють віддалено контролювати та моніторити різні промислові процеси та устаткування, вона підтримує різноманітні протоколи зв'язку та стандарти, що дозволяє ефективно інтегруватися з існуючим обладнанням та системами.

Ця система має досить простий інтерфейс, що полегшує користування операторам та інженерам. Вона також надає засоби для візуалізації даних у реальному часі, аналізу та звітування, що допомагає забезпечити ефективний контроль та оптимізацію процесів.

TRACE MODE відома своєю надійністю та безпекою, що робить її популярним вибором для критичних промислових застосувань, переваги полягають у його широкому функціоналі та надійності:

- Підтримка промислових протоколів: TRACE MODE підтримує такі протоколи, як OPC, Modbus, DNP3, і BACnet, що дозволяє збільшити сумісність з різними типами обладнання та систем.
- Віддалений доступ: Система надає можливість віддаленого доступу до даних та керування через інтернет, що дозволяє операторам та інженерам ефективно контролювати процеси навіть здалеку.
- Гнучкість конфігурації: TRACE MODE має гнучкі налаштування, які дозволяють адаптувати систему до конкретних потреб та вимог користувача.
- Візуалізація даних: Система надає різноманітні інструменти для візуалізації даних у реальному часі, що дозволяє операторам ефективно моніторити процеси та реагувати на зміни.
- Надійність та безпека: TRACE MODE відомий своєю високою надійністю та захистом даних, що робить його відповідним вибором для критичних промислових застосувань.

Загалом, ці технічні характеристики допомагають TRACE MODE відзначатися як ефективна та надійна SCADA-система для різних промислових застосувань.

3.4 Багаторівнева архітектура АСУ ТП

АСУ ТП - це комплекс апаратних і програмних засобів, що призначений для автоматизації керування технологічними процесами в різних галузях промисловості. Основною метою АСУ ТП є підвищення ефективності, безпеки та надійності технологічних процесів шляхом зменшення впливу людського фактора і оптимізації роботи системи. Донедавна ці функції полягали здебільшого у спостереженні за контрольно-вимірювальними приладами та безпосередньому ручному управлінні технологічним процесом. Після початку комп'ютеризації виробничого сектора взаємодія між оператором і технологічним

процесом почала здійснюватися за допомогою програмного забезпечення, що отримало загальну назву SCADA.

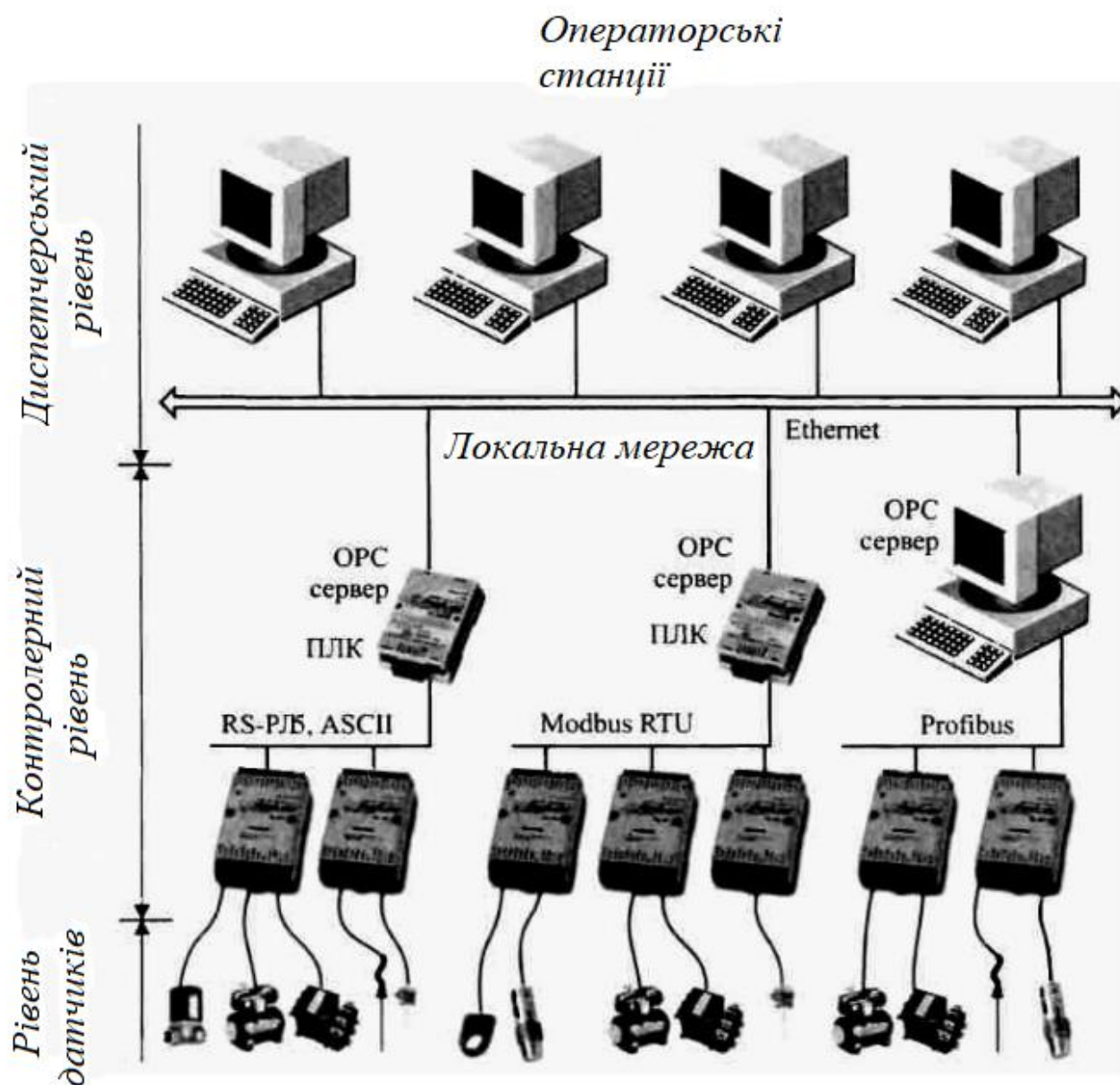


Рис. 13 - Типова сучасна розподілена система автоматизації, що включає три рівні ієрархії

Вона є достатньо загальною і широко використовується як для лабораторної автоматизації, так і для автоматизації технологічних процесів. Окремі промислові мережі можуть мати різні протоколи і містити устаткування різних виробників, а також різне фізичне середовище передачі даних — оптоволокно, мідні дроти, радіоефір (через радіо- або GSM-модеми) і ін.

Зазвичай OPC-сервер працює тільки з одним або декількома портами вводу-виводу комп'ютера, до кожного з яких підключена одна промислова мережа, тому кількість OPC-серверів в системі менше або дорівнює кількості промислових мереж.

Основою програмного забезпечення, встановленого на комп'ютерах мережі, є SCADA-пакети — програмні засоби диспетчерського управління і збору даних. У контролерах виконуються завантажувальні модулі програм, що генеруються засобами візуального програмування ПЛК на мовах стандарту МЕК 61131-3.

Нижчий (нульовий) рівень включає датчики і виконавчі пристрої (актуатори): датчики температури, тиску, кінцеві вимикачі, дискретні датчики наявності напруги, вимірювальні трансформатори, реле-пускатчі, контактори, електромагнітні клапани, електроприводи і ін.

Перший рівень складається з програмованих логічних контролерів і модулів аналого-цифрового і дискретного вводу-виводу, які обмінюються інформацією через промислову мережу. Іноді модулі вводу-виводу виділяють в окремий рівень ієрархії.

Другий (диспетчерський) рівень складається з робочих станцій — комп'ютерів з людино-машинним інтерфейсом (ЧМІ, НМІ — Human Machine Interface), найбільш поширеними варіантами якого є SCADA-пакети. Диспетчер (оператор) здійснює спостереження за ходом технологічного процесу або управління ним за допомогою мнемосхеми на екрані монітора комп'ютера. Важливою частиною другого рівня є також бази даних реального часу, що є сховищами інформації і засобом обміну з третім рівнем ієрархії системи управління.

Третій рівень (рівень управління цехом) з'являється як засіб інтеграції системи АСУ ТП з АСУП — автоматизованою системою управління підприємством. АСУП залежно від розмірів корпорації може включати ще вищий (четвертий) рівень і забезпечувати інтеграцію з вищим керівництвом, яке може бути розташоване в різних країнах і на різних континентах земної кулі.

3.5 Інтерфейс панелі оператора

1. Інтерфейс панелі оператора складається з наступних розділів:

На екрані МНЕМОСХЕМА (рис. 14) відображається мнемосхема технологічного процесу пастеризації сировини для сухих напоїв, на ній відображається стан виконавчих механізмів, показання датчиків, статус процесу (запущено, не запущено), час процесу, маршрут (повернення, циркуляція, виштовхування води, злив, виштовхування продукту, розлив,) і т.д. Також завдяки екрану виконується ручне керування виконавчими механізмами.

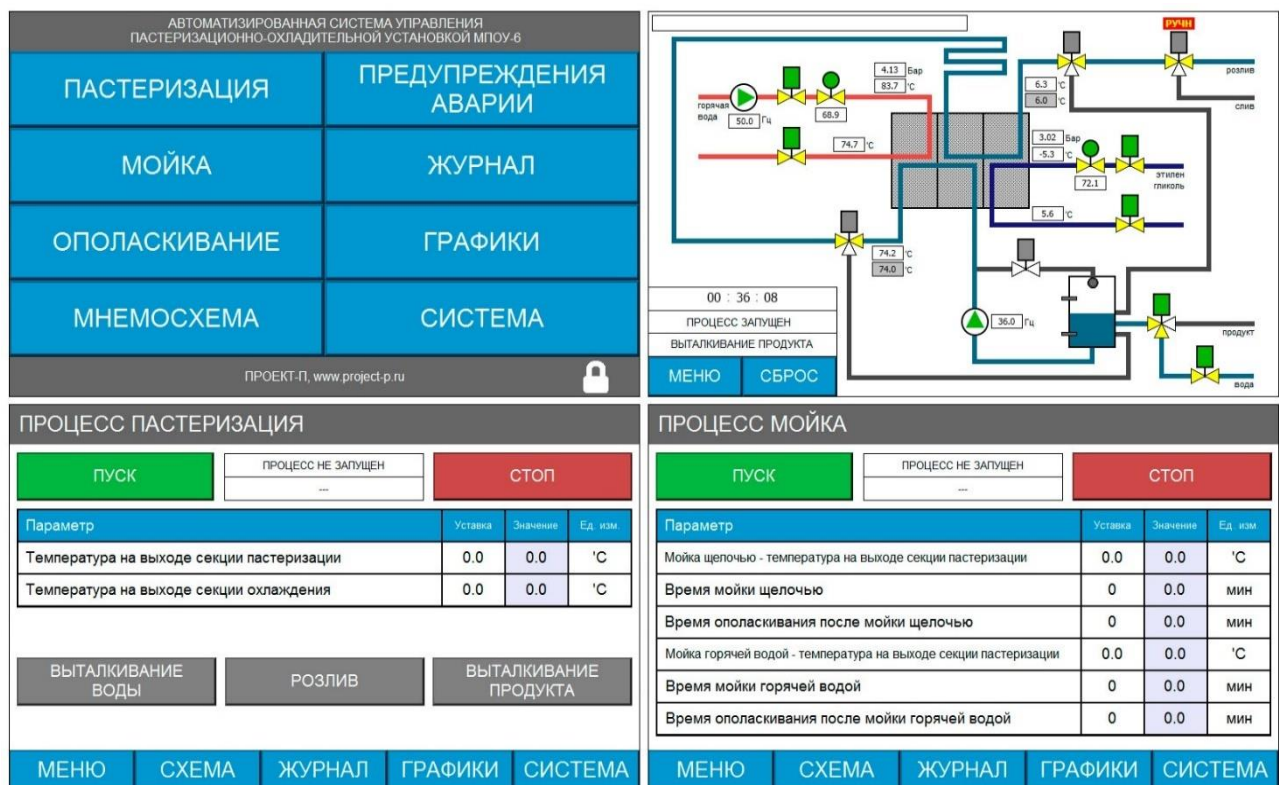


Рис. 14 – Экран МНЕМОСХЕМА

2. На екрані ПОПЕРЕДЖЕННЯ АВАРІЇ (рис. 15) відображаються аварії та попередження автоматизованої системи керування.

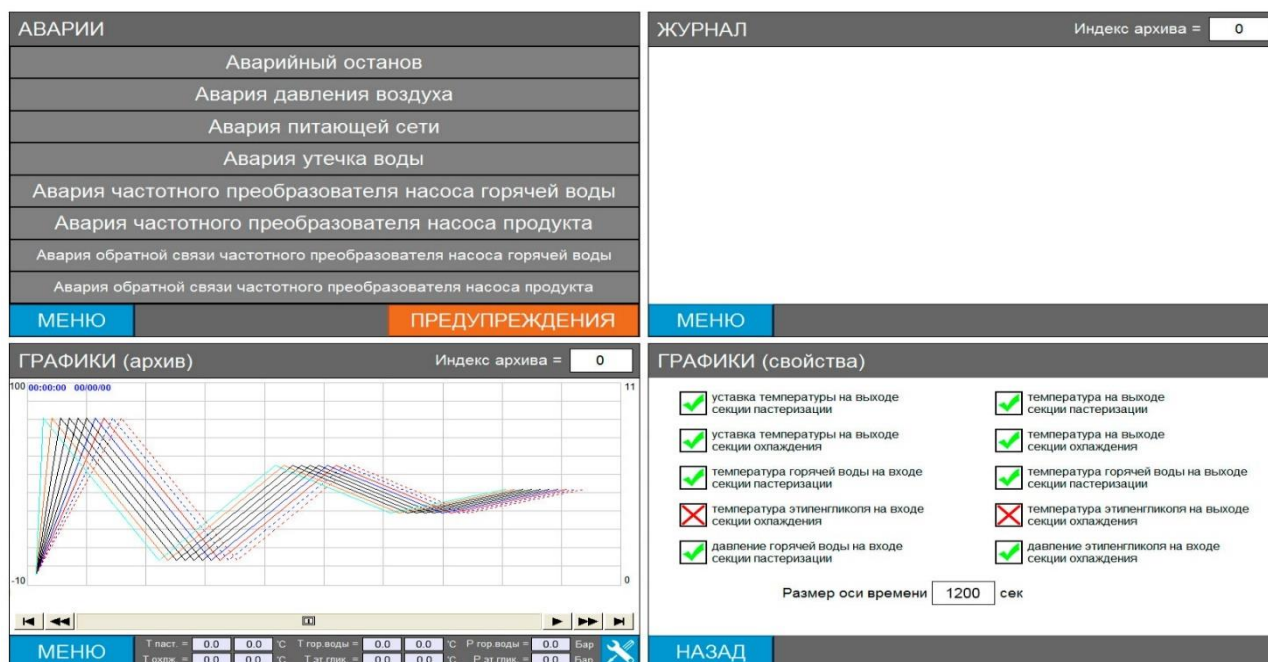


Рис. 15 – Экран ПОПЕРЕДЖЕННЯ АВАРІЇ

3. На екрані СИСТЕМА (рис. 16) задаються параметри налаштування автоматизованої системи управління: коефіцієнти ПД-регуляторів, налаштування процесів (уставки технологічних параметрів, таймери), налаштування попереджень і аварій, час панелі оператора.

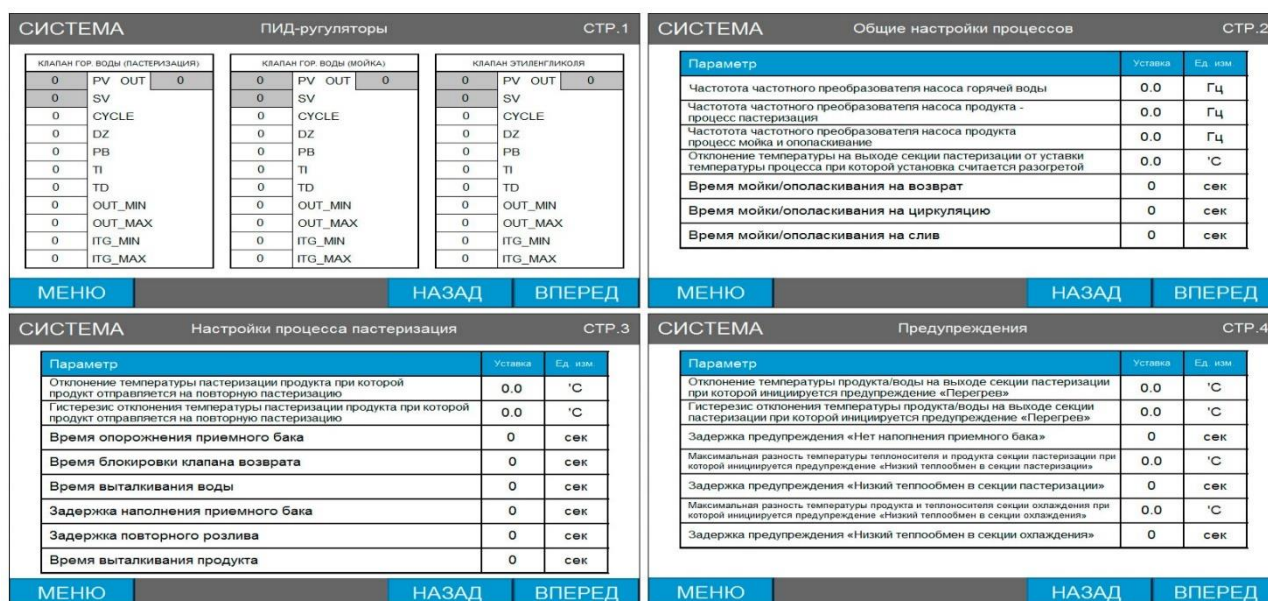


Рис. 16 – Экран СИСТЕМА

4. На екрані ЖУРНАЛ відображається журнал подій. До журналу входять три типи подій: події керування технологічним процесом, події попередження, події аварії.

5. На екрані ГРАФІКИ з'являються графіки технологічними параметрами. Запис подій та технологічних параметрів (графічних даних) здійснюється на USB-flash накопичувач у файли формату *.csv (Microsoft Excel).

6. На екрані ПАСТЕРИЗАЦІЯ задаються параметри налаштування процесу пастеризація, проводиться запуск і зупинка процесу пастеризація, а також підпроцесів виштовхування води, розлив, виштовхування продукту.

7. На сторінці МИЙКА та ОПОЛІСКУВАННЯ задаються параметри процесу миття та ополіскування відповідно, а також керування процесами.

3.6 Висновок

Проведено обґрунтування обраного напрямку розв'язання задач автоматизації, що забезпечує оптимальну ефективність і надійність системи. Розроблено функціональну схему, яка деталізує основні компоненти та їх взаємодію в межах системи. Це створює надійну основу для подальших етапів проектування та впровадження системи автоматизації, спрямованої на забезпечення стабільного і ефективного функціонування процесу приготування сухих напоїв.

ВИСНОВКИ

У процесі дослідження та розробки системи автоматизації приготування сухих напоїв було досягнуто значних результатів, було визначено які параметри треба звернути увагу для досягнення якісної продукції та високої продуктивності у цій галузі. Вивчення існуючих технологічних процесів та оптимізація параметрів дозволило створити систему, яка забезпечує високу якість продукції та стабільність виробництва. У роботі системи був використан контролер TM251MESC який гарантує забезпечення надійного та якісного управління ТП, та сучасні датчики.

В роботі було розглянуто існуючі методи та технології виробництва а також вимоги до систем керування автоматичним процесом.

Автоматизована система керування (КСУ) забезпечує стабільне та надійне керування технологічними параметрами, такими як температура, вологість та рівень сировини, що є критичними для отримання якісного продукту. Завдяки впровадженню ПІ-регулятора, такого як Honeywell UDC3200, вдалося досягти оптимального регулювання цих параметрів, що забезпечує стабільність процесу та високу якість сухих напоїв.

Перспективи розвитку цієї підсистеми включають подальше вдосконалення технологій автоматизації, впровадження нових інтелектуальних алгоритмів керування, а також інтеграцію з іншими виробничими системами для створення єдиної інформаційної платформи. Це дозволить ще більше підвищити ефективність виробництва та адаптивність до змін ринкових умов, забезпечуючи конкурентоспроможність підприємства на ринку.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Автоматизація технологічних процесів і виробництв харчової промисловості: Підруч. А.П. Ладанюк, В.Г Трегуб, І.В. Ельперін, В.Д. Цюцюра – К.:Аграрна освіта, 2001. 224с.
2. Автоматизація виробничих процесів харчової промисловості"Автоматизація технологічних процесів і виробництв харчової промисловості. А. П. Ладанюк, В. Г. Трегуб. 2011.
3. Основи інформаційних процесів у роботизованому виробництві. Погрібний В.О. Рожанківський І. В. Юрченко Ю. П. 1995
4. Проектування систем автоматизації технологічних процесів. А.С. Ключев, Б.В Глазов, А.Х. Дубровский, А.А. Ключев, 1990. 432с.
5. Автоматизація виробничих процесів / Б.М. Гончаренко, С.І. Осадчий, Л.Г. Віхрова, В.М. Каліч, О.К. Дідик. - Кіровоград: Видавець - Лисенко В.Ф., 2016.
6. Куликов Г. Г. й ін. Автоматизоване проектування інформаційних керуючих систем, - Уфа, УГАТУ, 1998.
7. Шестаков Н.В. Моделі й методи керування розвитком виробничих систем хіміко-технологічного типу, а/р. - М., 1999.
8. Стефани Е.П. Основи побудови АСУТП. - М.: Энергоиздат, 1982.
9. Гірей, Ф. Х. Програми забезпечення якості харчових продуктів у Європейському Союзі: підходи та значення / Ф. Х. Гірей, С. Г. Гей // Актуальні Проблеми Економіки, 2011. 260с.
10. Гладка, М. В. Процесно-орієнтоване управління якістю харчових виробів / М. В. Гладка, О. А. Хлобистова // Автоматика/Automatika-2012. 401с.
11. Недорезова, О. Контроль якості харчових продуктів у системі технічного регулювання / О. Недорезова // Харчова промисловість. 2008.

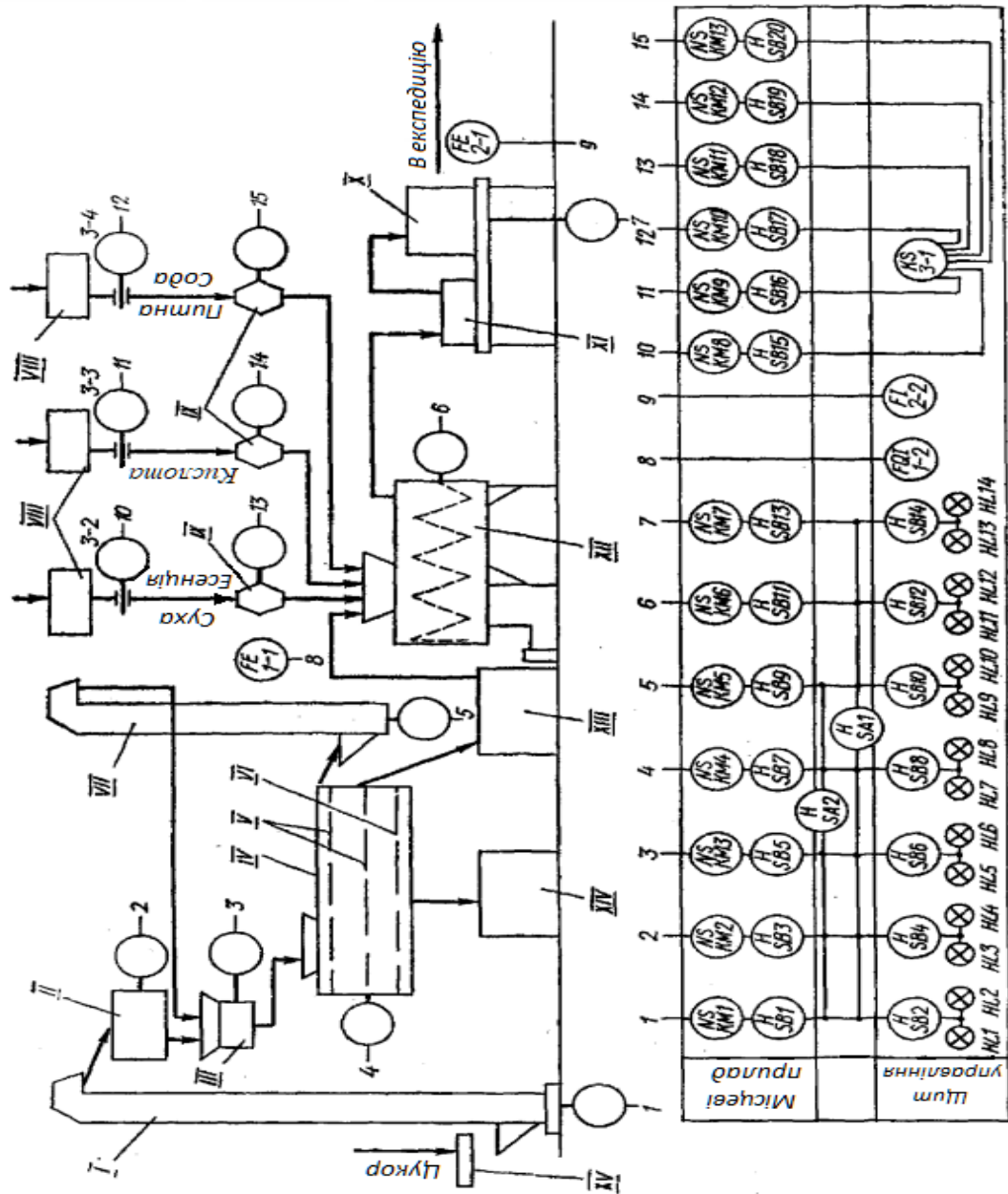
12. Шилов, Г. Ю. Основні системи забезпечення якості та безпечності харчової продукції / Г. Ю. Шилов, І. М. Лейнсон, О. І. Подлесний // Харчова промисловість. 2008.
13. Ложникова, Т. С. Стандартизація та сертифікація продуктів переробки плодів та овочів / Т. С. Ложникова // Харчова промисловість. 2002
14. Панфілов В.А. « Машини і апарати харчових виробництв», під ред. акад. РАСХН В.А. Панфілов.-.:Вища школа. 2001. 703с
- 15.Ротач В.Я. «Теория автоматического управления» Учебник. — 5-е изд., перераб. и доп. — М.: Издательский дом МЭИ, 2008. 9с
- 16.Кишенько В.Д. "Автоматизація та комп'ютерно- інтегровані технології" спеціал. "Автоматизація та інтелектуальні системи керування технологічними комплексами". 2016. 205с.
- 17.Пупена О. М. Програмування промислових контролерів у середовищі Unity Pro: навчальний посібник 2015. 376с
- 18.Сучасні методи автоматизації технологічних об'єктів [Текст] : монографія / А.П. Ладанюк, О.А. Ладанюк, Р.О. Бойко, В.В. Іващук, Д.О. Кроніковський, Д.А. Шумигай. – К.: Інтер Логістик Україна, 2015. 408с.
- 19.Сценарний підхід при автоматизації технологічних процесів [Текст]: монографія / Я.В. Смітюх, А.П. Ладанюк, В.Д. Кишенько, Б.М. Гончаренко . – LAP LAMBERT Academic Publishing, 2019. 173с.
- 20.Впровадження автоматизованої системи управління витратою теплоносія лінії сушіння молока. 2013
- 21.Методи сучасної теорії управління: підручник / А.П. Ладанюк Н.М. Луцька, В.Д. Кишенько, Л.О. Власенко, В.В. Іващук. – К.: Видавництво Ліра-К, 2018. 368 с.

- 22.Матвійчук В.А. Технології наукових досліджень. Навч. посібник / Матвійчук В.А., Лежнюк П.Д., Рубаненко О.Є. Вінниця: ВНАУ, Л 49 2015. 190с.
- 23.Романов М.С. Синергетичні основи сталого інноваційного розвитку харчової промисловості: концептуальний підхід, наукове видання / М.С. Романов. – К.: НУХТ, 2019. 71с.
- 24.Сучасні методи автоматизації технологічних об’єктів: монографія / А.П. Ладанюк, О.А. Ладанюк, Р.О. Бойко, В.В. Іващук, Д.О. Кроніковський, Д.А. Шумигай. – К.: Інтер Логістик Україна, 2015. 408с.
- 25.Ладанюк А.П. Конспект лекцій з дисципліни «Теорія автоматичного керування», ч.1 / А.П. Ладанюк. – К.: НУХТ, 2004.
- 26.Оптимізація процесів переробки сільськогосподарської сировини [Текст]: монографія / В.О. Мірошник В.О., М.А. Гачковська, В.Д.Кишенько, О.В. Грабовська.– К.:ЦП “Компринт”, 2019. 479с.
- 27.Ладанюк А.П. Сучасні технології конструювання систем автоматизації складних об’єктів (мережеві структури, адаптація, діагностика та прогнозування) [Текст]: монографія / А.П. Ладанюк, Н.А Заєць, Л.О. Власенко. - К.: Видавництво Ліра-К, 2016. 312с.
- 28.Луцька Н.М. Оптимальні та робастні системи керування технологічними об’єктами : монографія / Н.М.Луцька, А.П.Ладанюк. – К. : Видавництво Ліра-К, 2015.
- 29.Трегуб В.Г. Проектування систем автоматизації: навчальний посібник / В.Г. Трегуб. — К. : Видавництво Ліра-К, 2014. 344с.
30. Studfiles. 1.4 Багаторівнева архітектура
31. Назаревський В. С. Автоматизоване управління виробництвом сухого молока. В.С. Назаревський, 2021, 32-37с.

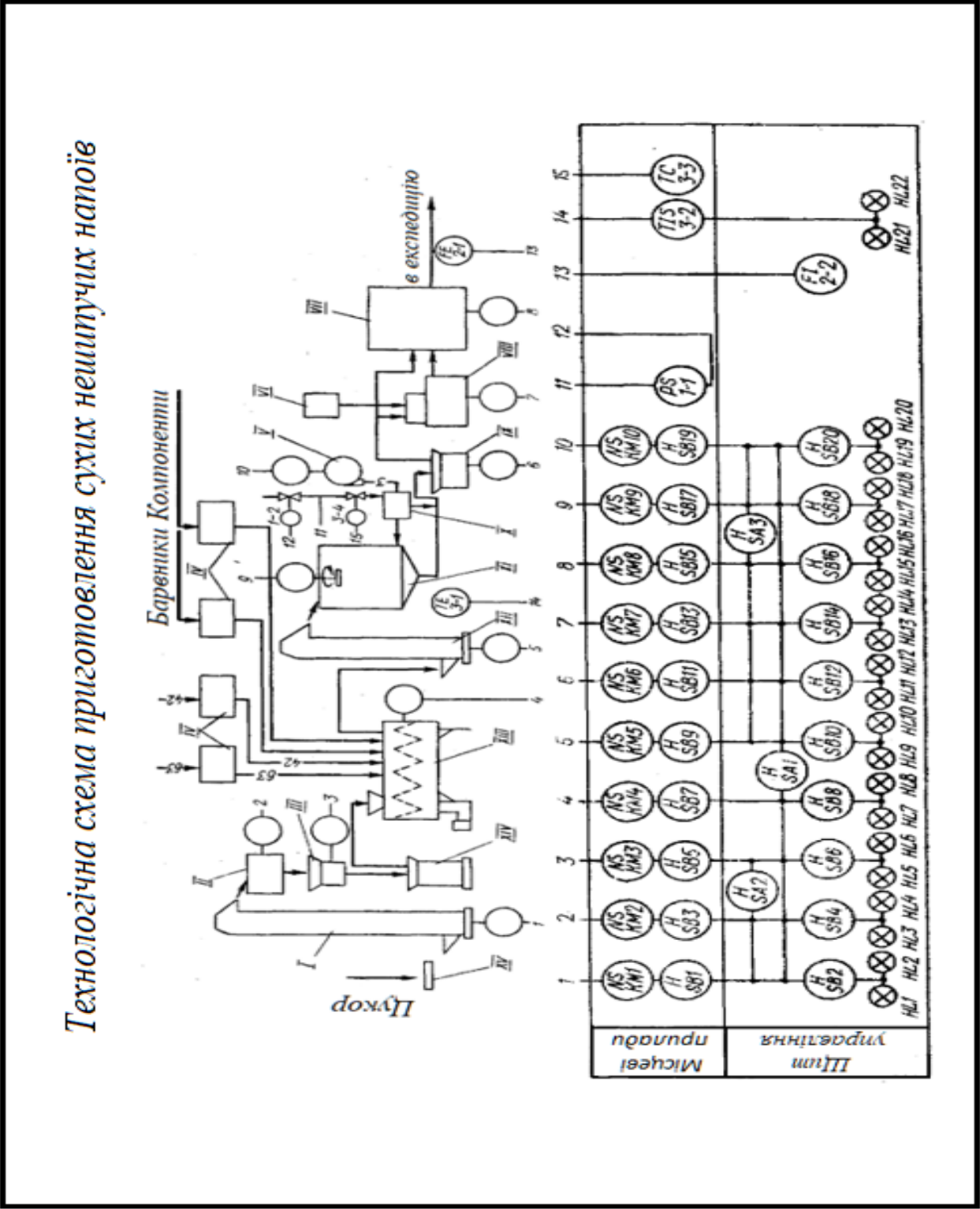
ДОДАТОК А

ТЕХНОЛОГІЧНА СХЕМА ПРИГОТУВАННЯ СУХИХ ШИПУЧИХ НАПОЇВ

ТЕХНОЛОГІЧНА СХЕМА ПРИГОТУВАННЯ СУХИХ ШИПУЧИХ НАПОЇВ



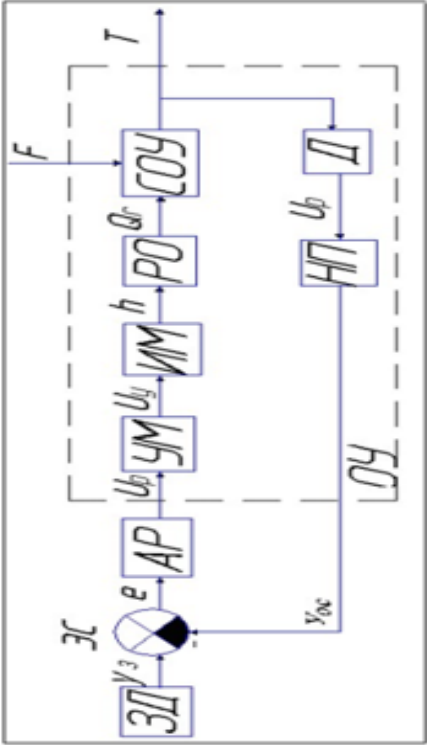
ДОДАТОК Б ТЕХНОЛОГІЧНА СХЕМА ПРИГОТУВАННЯ СУХИХ НЕШИПУЧИХ НАПОЇВ



ДОДАТОК В

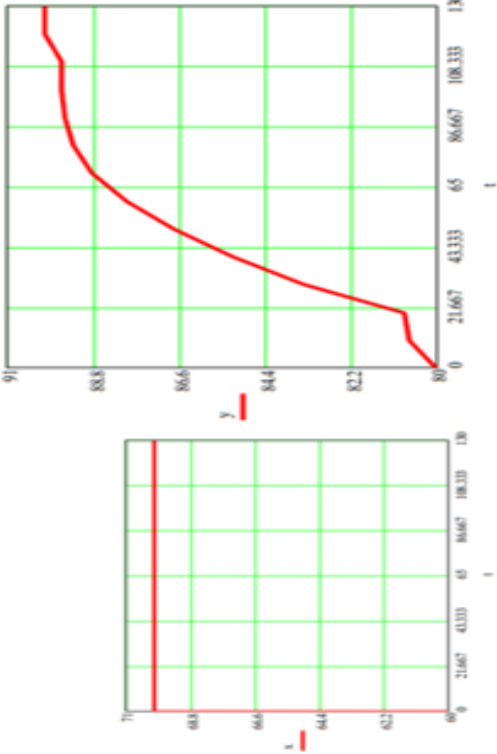
СИНТЕЗ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО КЕРУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИМ ПРОЦЕСОМ

Синтез системи автоматичного керування технологічним процесом



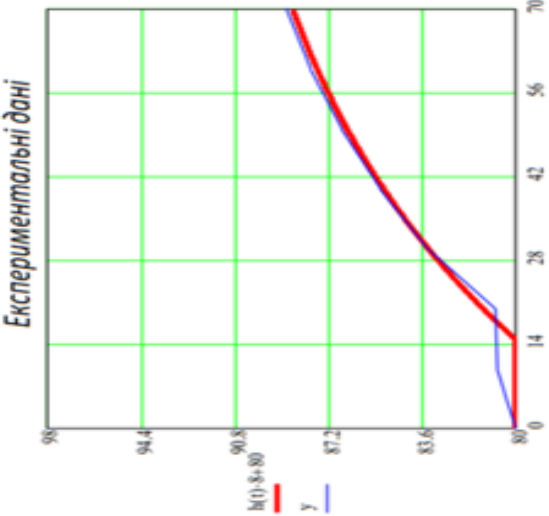
Структурна схема САР промисловим об'єктом керування

Час, С	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
Вхідний скідчастий вплив, швидкість обертів двигуна м ³ /час	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70	70
Зміна вихідної величини	0.7	0.8	3.4	85.2	6.7	7.9	8.8	9.3	9.5	9.6	9.6	90



Графік стрибкоподібного впливу

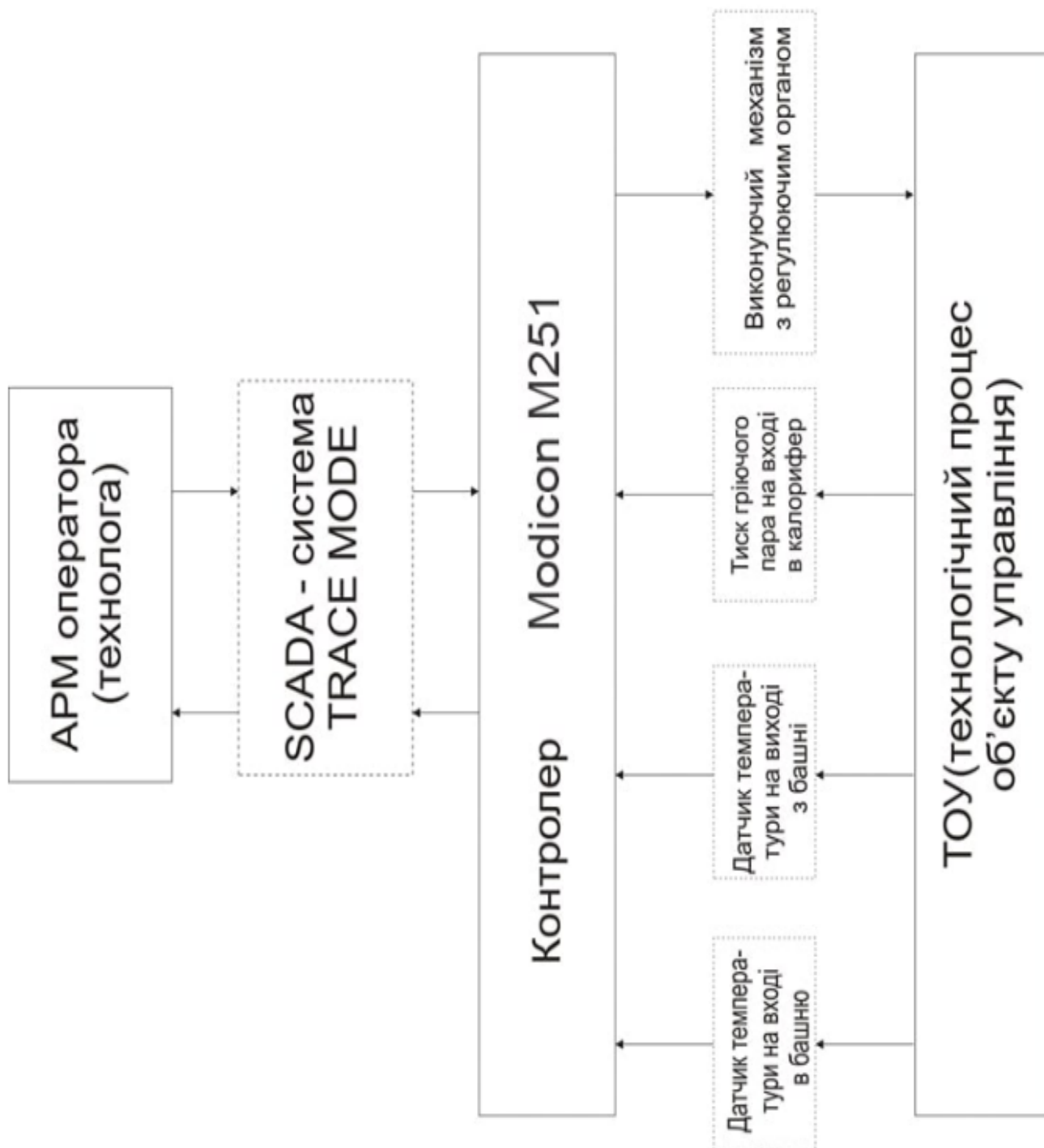
Перехідна функція об'єкта керування



Ідентифікація розрахункової експериментальної функції

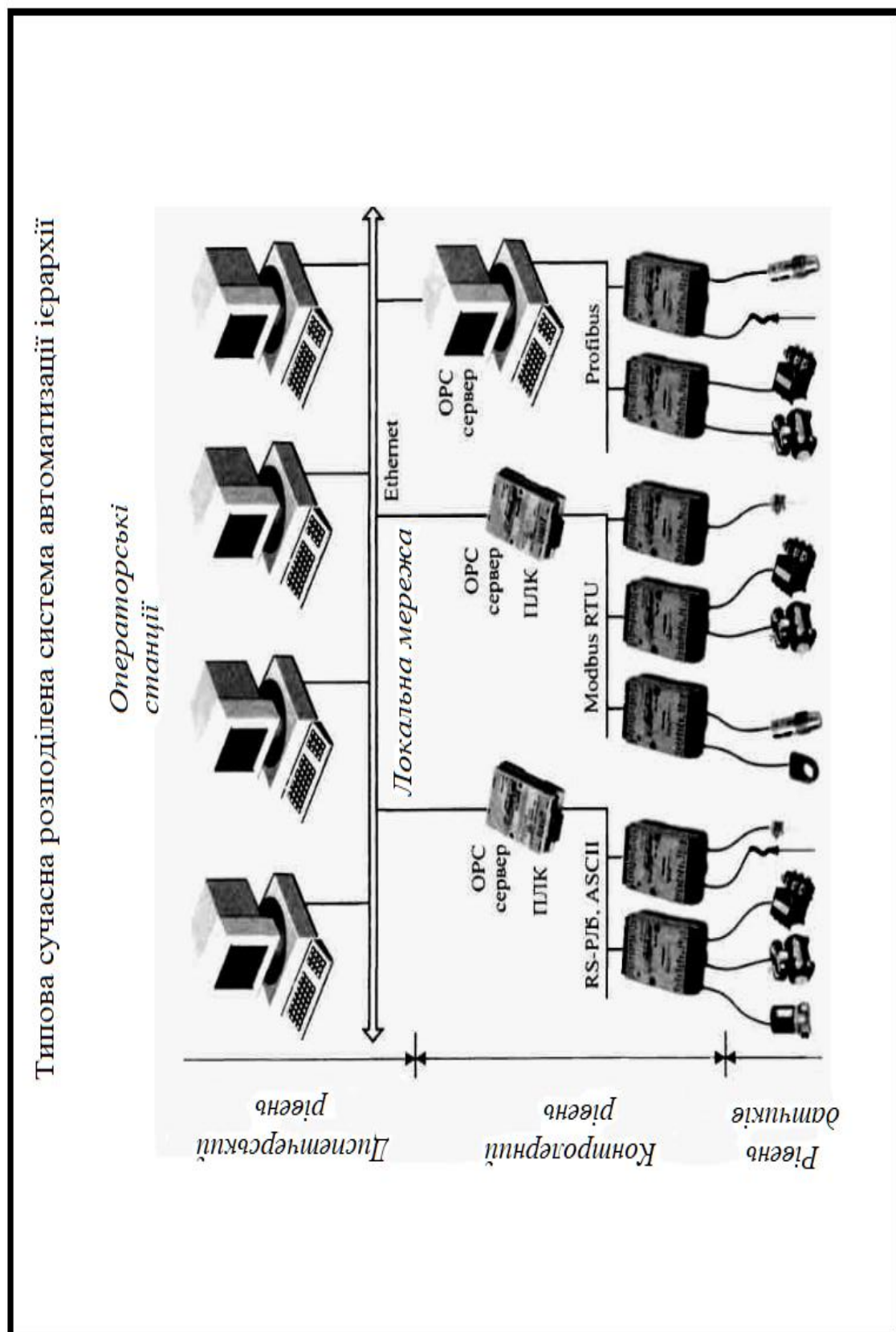
ДОДАТОК Г

ФУНКЦІОНАЛЬНА СХЕМА ПРОГРАМНО-АПАРАТНОГО КОМПЛЕКСУ



ДОДАТОК Д

ТИПОВА СУЧАСНА РОЗПОДІЛЕНА СИСТЕМА АВТОМАТИЗАЦІЇ ІЄРАРХІЇ



ДОДАТОК Д ІНТЕРФЕЙС ПАНЕЛІ ОПЕРАТОРА

ІНТЕРФЕЙС ПАНЕЛІ ОПЕРАТОРА

Екран СИСТЕМА

ПАСТЕРИЗАЦІЯ

МОЙКА

ОПОЛАСКИВАННЯ

МНМОСХЕМА

ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ АВАРИИ

ЖУРНАЛ

ГРАФИКИ

СИСТЕМА

ПРОЦЕСС ПАСТЕРИЗАЦИИ

ПРОЦЕСС МОЙКИ

ПУСК

СТОП

ПРОЦЕСС ЗАПЕЧИ

ПРОЦЕСС ЗАПЕЧИ

ПРОЦЕСС ПАСТЕРИЗАЦИИ

ПРОЦЕСС МОЙКИ

ПУСК

СТОП

ПРОЦЕСС ЗАПЕЧИ

ПРОЦЕСС ЗАПЕЧИ

СИСТЕМА

ПАД-СУУЛУЮ

СИСТЕМА

СИСТЕМА

ПАД-СУУЛУЮ

СИСТЕМА

СИСТЕМА

ПАД-СУУЛУЮ

СИСТЕМА

СИСТЕМА

ПАД-СУУЛУЮ

СИСТЕМА

Екран ПОПЕРЕДЖЕННЯ АВАРІЇ

АВАРИИ

ЖУРНАЛ

Аварийный останов

Авария давления воздуха

Авария питающей сети

Авария утечки воды

Авария частотного преобразователя насоса горячей воды

Авария частотного преобразователя насоса продукта

Авария обратной связи частотного преобразователя насоса горячей воды

Авария обратной связи частотного преобразователя насоса продукта

МЕНЮ

ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ

Индикс аварии = 0

Индикс аварии = 0

МЕНЮ

ГРАФИКИ (архив)

ГРАФИКИ (свойства)

МЕНЮ

ГРАФИКИ (архив)

ГРАФИКИ (свойства)

МЕНЮ

ГРАФИКИ (архив)

ГРАФИКИ (свойства)