

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ  
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ  
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

**Факультет інформатики та обчислювальної техніки  
Кафедра автоматки та управління в технічних системах**

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ О.І.Ролік

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

**Дипломний проект**

**на здобуття ступеня бакалавра**

**з напрямку підготовки 6. 050201 «Системна інженерія»**

**на тему: «Система  
управління виробництвом солоного крекелу»**

Виконав (-ла):

студент ІV курсу, групи ІА-33

Рябич Роман Ігорович \_\_\_\_\_

Керівник:

к.т.н., доцент кафедри АУТС Кравець П.І. \_\_\_\_\_

Рецензент:

К.т.н., доцент кафедри ТК Ткач М.М. \_\_\_\_\_

Засвідчую, що у цьому дипломному про-  
екті немає запозичень з праць інших ав-  
торів без відповідних посилань.

Студент \_\_\_\_\_

**Київ – 2019 рік**

**Пояснювальна записка  
до дипломного проекту  
на тему: «Система  
управління виробництвом солоного креккеру»**

Київ – 2019 рік

**Національний технічний університет України**  
**«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»**  
**Факультет інформатики та обчислювальної техніки**  
**Кафедра автоматики та управління в технічних системах**

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

Напрямок підготовки – 6. 050201 «Системна інженерія»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ С.Ф.Теленик

«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

**ЗАВДАННЯ**  
**на дипломний проект студенту**  
**Рябичу Роману Ігоровичу**

1. Тема проекту «Система управління виробництвом солоного креккеру», керівник проекту к.т.н., доцент Кравець Петро Іванович , затверджені наказом по університету від «\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ р. № \_\_\_\_\_

2. Термін подання студентом проекту \_\_\_\_\_

3. Вихідні дані до проекту

Температура бродіння 30°C±3°C; Час бродіння 2 год.±0,2 год.; Час випікання 3 хв.±0,5 хв.; Температурні діапазони випікання 165°C — 300°C; Час охолодження 4,5 хв.±0,5 хв.; Температура охолодження 42,5°C±2,5°C; Контролери ADAM

4. Зміст пояснювальної записки

вступ, технічна характеристика об'єкта, основи технологічного процесу об'єкта керування, обґрунтування вибору функціональної схеми функціональної схеми автоматизованої системи керування, обґрунтування вибору технічних засобів автоматизації для системи автоматичного регулювання, розрахунок системи автоматичного регулювання, опис принципів схем автоматизації, програмне забезпечення систем управління, визначення надійності спроектованої системи та її складових, монтаж та налагодження засобів автоматизації

					<b>IA-33.180БАК.002.ПЗ</b>	Арк. 3
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 5. Перелік графічного матеріалу

- Схема функціональна;
- Алгоритм функціонування;
- Стадії процесу;
- Схема принципова;
- Розрахунок САР температури в печі;
- Щит керування;

7. Дата видачі завдання \_\_\_\_\_

### Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проекту	Термін виконання етапів проекту	Примітка
	Огляд літератури по темі дипломного проекту	11.12.2018-22.01.2019	
	Складання плану роботи	23.01.2019-01.02.2019	
	Розробка розділів диплому	02.02.2019-01.06.2019	
	Підготовка графічного матеріалу	02.06.2019-11.06.2019	
	Предзахист дипломного проекту	12.06.2019	
	Підготовка супровідної документації	13.06.2019-15.06.2019	
	Захист дипломного проекту	22.06.2019	

Студент

Рябич Р.І.

Керівник проекту

Кравець П.І.

					<b>ІА-33.180БАК.002.ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		4

## ЗМІСТ

ВСТУП -----	7
1. ТЕХНІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТА -----	11
1.1. Стадії технологічного процесу -----	11
1.2. Характеристика комплексів обладнання-----	12
1.3. Характеристика обраного обладнання для технологічної лінії-----	16
1.3.1. Живильники гвинтовий ПВ-0, 075 -----	16
1.3.2. Насос пластинчастий марки ДР-2845 -----	17
1.3.3. Емульсатор-гомогенізатор вакуумного типу МР-УГМ-300 ---	17
1.3.4. Тістомісильна машина з підкатною діжею «Прима-300» -----	19
1.3.5. Ламіратно-розкатний пристрій «Ламинатор 3000»-----	21
1.3.6. Розкатка тіста SH 500 -----	22
1.3.7. Піч тунельна А2-ШБГ -----	23
1.3.8. Тунель холодильний NORMIT-----	23
1.3.9. Вертикальна пакувальна машина AV 100 / S -----	24
2. ОСНОВИ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ОБ'ЄКТА КЕРУВАННЯ-----	26
3. ОБҐРУНТУВАННЯ ВИБОРУ ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ СХЕМИ АВТО- МАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ -----	29
3.1. Обґрунтування вибору функціональної схеми -----	29
3.2. Обґрунтування вибору засобів автоматизації -----	30
4. ОБҐРУНТУВАННЯ ВИБОРУ ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ АВТОМАТИ- ЗАЦІЇ ДЛЯ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО РЕГУЛЮВАННЯ -----	34
4.1. Вибір датчиків та їх технічна характеристика-----	34
4.1.1. Дозатор об'ємний бункерний DELTAMATIC D90E -----	34
4.1.2. Ваговий дозатор НАСТАМАТ VBS-6 -----	35
4.1.3 Датчик маси SCAMIE AG -----	35
4.1.4. Датчик температури (KS-2)-----	36
4.1.5. Тягонапоромір ТНМ-Эт-8м-----	37
4.1.6. Датчик вологості ТЭРА ДВ - 02 – 608-----	39
4.1.7. Фотодатчик ФД-05ГМ -----	39
4.1.8. Датчик рівня РУ-ПТЗ -----	40
4.2 Вибір виконавчих механізмів-----	41
4.2.1. Частотний перетворювач CIMR-J7-----	41
4.2.2 Магнітний пускач K03C-22-----	42
4.2.3. Терморегулятори з аналоговим управлінням АРТ-18-----	42
4.2.4. Сервопривід АМЕ 55 Danfoss -----	43
4.2.5. Заслінка дросельна газова ЗДСПЭ-50 -----	44
4.2.6. Сервопривід HERZ 1 7710 -----	45
4.3. Обґрунтування вибору мікропроцесорних засобів -----	45
4.3.1. ADAM4520-----	45

									Арк.
									5
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ІА-33.180БАК.002.ПЗ				

4.3.2. ADAM4018-----	46
4.3.3. ADAM4017-----	47
4.3.4. ADAM4024-----	47
4.3.5 ADAM4053 -----	47
4.3.6 ADAM4056SO -----	48
4.3.7. Блок живлення ADVANTECH PWR-243 -----	49
5. РОЗРАХУНОК СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО РЕГУЛЮВАННЯ-----	50
5.1. Визначення передаточної функції-----	50
5.2. Визначення стійкості системи згідно критерію Найквіста -----	55
5.3. Визначення стійкості за критерієм Михайлова -----	59
5.4. Побудова логарифмічних характеристик -----	60
5.5. Побудова перехідного процесу-----	63
5.6 Моделювання процесу у MATLAB/Simulink-----	64
6. ОПИС ПРИНЦИПОВИХ СХЕМ АВТОМАТИЗАЦІЇ -----	70
7. ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ -----	73
8. ВИЗНАЧЕННЯ НАДІЙНОСТІ СПРОЕКТОВАНОЇ СИСТЕМИ ТА ЇЇ СКЛАДОВИХ-----	74
8.1. Основні поняття теорії надійності -----	75
8.2. Основні показники надійності-----	76
8.3. Розрахунок основних показників надійності приводу емульсатора –гомогенізатора-----	77
9. МОНТАЖ ТА НАЛАГОДЖЕННЯ ЗАСОБІВ АВТОМАТИЗАЦІЇ -----	81
ВИСНОВКИ-----	82
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ-----	83

## ВСТУП

В даний час стан автоматизації характеризується різними системами автоматизації. Це, незважаючи на впровадження інтегрованої автоматизації, передбачає автоматизацію всього процесу та створення цілісної операційної системи автоматизації.

					<i>IA-33.180BAK.002.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		6

Одним з таких виробництв, що вимагає високого рівня автоматизації, є виробництво солоних крекерів.

На даний момент крекери виробляються на безперервних лініях, що забезпечують комплексну автоматизацію всіх технологічних процесів, але мають застарілу матеріальну базу, що визначає актуальність розглянутих проблем, а саме:

- забезпечення адекватного рівня якості без значних втрат у кількості готової продукції;
- збільшення обсягів виробництва готової продукції без втрати якості;
- Рівень автоматизації виробничої лінії і актуальність засобів виробництва;
- коефіцієнт аварійності виробництва.

Популярним комплексом виробництва крекерів є через отримання багатошарового тіста. Цей процес заснований на формуванні таких типів конструкцій, як: внутрішня структура пухирчастого тіста і багатошарова структура шарів, і вимагає спеціальних умов для виробництва крекерів.

Внутрішнє формування структури шару відбувається при замісі тіста, якщо створюються необхідні умови для повного набухання борошна. Цьому сприяє невелика кількість цукру і жиру в тісті, висока вологість, висока температура випробуваної маси і тривалий процес. Режим такого змішування тіста створює хороші умови для створення еластичної начинки в тісті, що викликає специфічні властивості маси тіста, еластичність і гнучкість.

Пружні властивості тіста значно впливають на формування заготовок тіста. З застосуванням навантаження на заготовки вони приймають необхідну форму, але вони не в змозі зберегти її після зняття навантаження. Еластичність випробуваної маси проявляється в тому, що заготовки після підйом вантажу швидко відновлюється за формою, і в результаті гнучкості, ця форма відновлюється за деякий час.

У зв'язку з цим внутрішня структура гнучкого тіста не має пластичності, виявляється, що необхідно отримати інший напівфабрикат, який може бути використани для приготування хлібопекарських препаратів. Одним з таких на-

					<i>IA-33.180БАК.002.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		7

півфабрикатів є багатошарові пластини тіста, утворені в результаті розкатки і складення шару тіста.

При утворенні багатошарових шарів забезпечується отримання анізотропної структури. З цією метою тістові смужки складаються з кутом обертання тіста на 90°. Навантаження, що виникає під час цього процесу, рівномірно розподілений по всіх осях пласта. Таким чином, анізотропна структура резервуара забезпечує динамічну і статичну рівновагу сил, що викликають деформацію маси тіста. Після видалення навантаження змінюється довжина і ширина заготовок без зміни форми.

У шарі тіста після вимикання, тобто видалення напруги, відбувається релаксація - зниження внутрішнього навантаження від зміни форми заготовок тіста. Релаксація маси тіста відбувається коли воно у спокої. Залежно від глютену в тісті загальна тривалість його релаксації коливається від двох до трьох годин. У результаті пластична частина деформації зростає.

За умови безперервного виробництва виникає необхідність скоротити тривалість приросту маси досліджуваної речовини. Для цього додаються синтетичні добавки, які значно послаблюють еластичність клейковини. У дріжджовому тісті також додають ферментні препарати, що прискорюють процес бродіння тіста, розщеплюють глютен і розслабляють його еластичність.

Кілька годин усадки і зберігання шарів тіста утворюють пористу пухирчасту структуру. Коли ви виключаєте розподіл повітря: надлишок повітря видаляється, великі повітряні порожнини зменшуються, внаслідок чого виходить пориста структура. Одним з робочих методів підвищення якості листового тіста є вживлення шару жиру між шарами тіста. Жир запобігає злипанню шарів, які при розтягуванні перетворюються на дрібні шари.

Слід зазначити, що навіть після значної обробки сушкою тісто демонструє його пружинні властивості. Тістову заготовку можна отримати тільки методом різання. Заготівлі мають просту зовнішню форму (коло, квадрат і т.д.). На їхній поверхні з різакон можна зробити тільки простий візерунок. Для вивільнення надлишкових газів, що утворюються при розкладанні дріжджових агентів, і для

					<i>IA-33.180BAK.002.P3</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

зниження вологості тіста, преформи прошивають голками. І, при достатній кількості проколів, отримують печиво.

Для хлібопекарських крекерів використовується температурний режим випічки-сушіння, який відрізняється більшою міцністю і зниженою температурою порівняно з іншими пекарськими рецептами. Це пов'язано з тим, що тісто містить багато вологи що випаровується. Зниження температури дозволяє збільшити тривалість переходу вологи з внутрішніх шарів на поверхневі, поверхневі, оскільки збільшення температури прискорює зміни в структурі тіста, перешкоджаючи видаленню вологи.

Тому процес випікання поділяється на п'ять періодів, які відповідають п'яти температурним зонам пекарної камери з певними значеннями відносної вологості. Конкретні параметри режиму випікання залежать від ефективності печі, рецептури та інших факторів.

Всі ці технологічні процеси представлені комплексною механізацією, яка сьогодні має застарілі технічні засоби автоматизації, що не дозволить повністю виконати необхідні робочі рішення.

Метою даного дипломного проекту є створення системи управління, яка дозволить: збільшити обсяг виробництва готової продукції без втрати якості, оснастити виробничу лінію актуальними засобами виробництва і знизити аварійність для підвищення надійності обладнання. Метою проекту є автоматизація управління існуючою виробничою лінією з виробництва солоних крекерів, що включає наступні технологічні операції: підготовка емульсії, приготування дріжджового тіста, збагачення тіста, ламінування та випалу тістових шарів, випікання та упаковка готової продукції.

					<i>IA-33.180БАК.002.ПЗ</i>	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

# 1 ТЕХНІЧНИЙ ПРОЦЕС ВИРОБНИЦТВА СОЛОНОГО КРЕКЕРУ ЯК ОБ'ЄКТА КЕРУВАННЯ

## 1.1 Стадії технологічного процесу

Процес виробництва солоних крекерів поділяється на наступні етапи, залежно від операцій наступні: |

1) зберігання сировини і підготовка до процесу виробництва: зберігання, загартування, змішування, просіювання сипучих або фільтруючих і змішування рідких компонентів сировини; подрібнення і плавлення твердих жирів; приготування рідких розчинів харчових компонентів: солей, хімічних посипань тощо; приготування дріжджових заготовок;

2) дозування рецептурних компонентів;

3) приготування емульсії;

4) замішування;

5) розтріскування на хімічних розпушувачах для витривалості;

6) вистоювання| дріжджового тіста для процесу ферментації та ферментації;

7) приготування багатошарової основи крекеру тіста шляхом сплюснення і збирання шарів тіста один на одного;

8) калібрування багатошарової основи тіста і формування з нього печива;

9) випікання і охолодження крекеру печива;

10) упаковка готової продукції в споживчу та торгівельну упаковки

Початкові етапи процесу виробництва солоних крекерів вирішуються за допомогою обладнання для зберігання, транспортування та підготовки до виробництва борошна, крохмалю, цукру, жиру та інших компонентів сировини. Для зберігання сировини беруть мішки, металеві контейнери і бункери. Сипучі складові в мішках транспортуються з використанням навантажувачів, а ті, що збері-

						Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	IA-33.180БАК.002.ПЗ	

гаються без упаковки, використовують нори, ланцюги або шнекові конвеєри. Рідкі компоненти та напівфабрикати переносяться за допомогою насосів.

Замість крекерного тіста проводиться в машинних періодичної дії, в яких компоненти композиції відпускаються за допомогою вагових дозаторів і об'ємних вимірювань. Щоб витримати крекер дріжджове тісто використовуються пристрої ферментації безперервної дії.

Основною виробничою лінією є сама прокатка тіста через блок безперервної дії - ламінатор, системи калібрувальних роликів, формувальної машини різання роторами.

Заключні етапи технологічного процесу виконуються в кондитерській печі, тунельних холодильних конвеєрах, пакувальних і пакувальних машинах, транспортуючих пристроях.

## 1.2 Характеристика комплексів обладнання

Як приклад функціональної схеми розглянемо характеристики обладнання комплексів. Рідкі рецепти (молоко, меланж і т.д.) після фільтрації зберігаються в витратних контейнерах 5, з яких за допомогою насосів 6 переносяться на об'ємні дозатори (вимірювальні прилади) 2. Блоки жиру плавляться, фільтруються і завантажуються в витратний контейнер 9, оснащений опалювальною сорочкою. Підтримується постійна температура за рахунок пропускання через опалювальну сорочку теплої води необхідної температури. З цієї ємності розплавлений жир перекачується насосом 7 в бункер 1 або через перемикання кранів 8, жир циркулює. Циркуляція необхідна в інтервалах між операціями дозування жиру, а також, якщо температура жиру дорівнює є за межами оптимального діапазону температур 38 ... 42 ° С.

Просіяний ситом цукор 4 завантажуються в бункерні ваги 3. Можна використовувати цукор кристалами, але через плавлення кристалів цукрова пудра є кращою.

Борошно різної клейковини, крохмалю та подрібнені відходи різної якості поміщають у бункери 16. Для приготування рецептурної суміші ці вільні компоненти в необхідних пропорціях постачаються разом з бункери 16, використовуючи систему подачі 17, зважують на вагах 18 і накопичують у виробничому бункері 19. При подачі стисненого повітря в продуктопровід 21 і при перемиканні

					IA-33.180БАК.002.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

поворотного живильника 20, зважена частина пухкої суміші борошна подається в бункер місильної машини, тістомішалки 13.

Емульсію готують в емульгаторі 10, який послідовно завантажують за допомогою рецептури складання при обертанні вала лопаті. Спочатку завантажують воду, рідкі компоненти і цукор, перемішують їх протягом 2 ... 3 хвилин до повного розчинення цукру, а потім додають жир, хімічні висипання і ароматизатори, продовжуючи перемішувати ще 3 ... 4 хв.

Готову емульсію зливають в витратний бак 11, в якому вона постійно перемішується при температурі 38 ... 40 ° С. Температура контролюється вбудованим в неї електричним нагрівачем. Емульсія насоса 12 перекачується в місильну машину 13 або шляхом перемикавання кранів для циркуляції емульсії в ємності 11.

Крекерне тісто виготовляється та змішується при періодичній дії тісто-змішувачів 13. Дріжджове тісто в машині 13 починається з завантаження дріжджової маси, а потім, одночасно і паралельно, подають порції емульсії, борошна, сипучої суміші при обертанні лопатей вала протягом 4 ... 6 хвилин. В залежності від рецептури і властивостей сировини, вони отримують дріжджове тісто при температурі 26 ... 30 ° С протягом 15 ... 18 хвилин.

Готове дріжджове тісто отримують з машини 13 в подкасті місця 14, з якого тісто за допомогою підйомника 15 через лійку 26 наноситься на пластину конвеєру 22 пристрою безперервного бродіння 23. Ця машина обладнана автоматичною системою, яка підтримує оптимальні параметри повітряного простору. У камері ферментації: температура 30 ° С ± 3 ° С і відносна вологість 75% ± 5%. Для гасіння тіста встановлюється інжектор 24, який при необхідності розпилює воду. Для підтримки постійної температури встановлюється теплообмінник 25. Конвеєр 22 здійснює безперервне переміщення тіста від входу до пристрою 23 виходу протягом 2 годин, необхідного для процесу ферментації і ферментації тіста. Готове дріжджове тісто з конвеєра 22, прибуває у воронку ламінатору 28.

					IA-33.180БАК.002.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

Машина зтягування безперервної дії - ламінатор 28- складається з декількох пар гладких і гофрованих валків і системи стрічкових конвеєрів, встановлених на загальній платформі, забезпеченій регулюючими пристроями та контрольними приладами. Ламінатор складається з двох приймаючих воронок, нижня частина кожної воронки пара роликів. Вони прокатують дві смужки тіста, які рухаються на горизонтальному конвеєрі, перекривають один одного і ослабляють. Потім три рази повторюють операцію прокатки і витягування двошарової стрічки тіста, причому товщина шарів кожного разу по суті зменшує вихід з ламінатору.

Отриманий шар тіста калібрують по товщині на тістовому валці 29 за допомогою двох пар вальців 30. Товщина багатошарового тістового шару зменшується і досягає бажаного розміру, який становить 0,5 .. 0,3 товщини готової продукції. Остання пара рулонів додає поверхню тіста до блиску, оскільки вона повинна бути гладкою, полірованою поверхнею.

Потрібен час для того, щоб відбулося пружне деформування тіста, тому формування подається на конвеєр, довжина якого вибирається в залежності від фізичних властивостей тіста. Для того, щоб тісто не прилипало до валків, борошно подрібнюють на вершині шару апаратом 31.

Потім конвеєр подає багатошаровий калібрований шар тіста під формуючим ротором 32, циліндр діаметром приблизно 80 мм, на якому закріплена матриця ріжучих кромок. У випадку кожної матриці дно монтується, на якому кріпильні елементи трафарети з необхідною конструкцією крєкеру, а також голки для проколювання тісто заготовки. Після формування заготовок сіль і спеції машини 33 наносять на поверхню тіста, щоб забезпечити бажані смакові властивості крєкера.

Формовані заготовки для тіста транспортуються без порушення їх розміщення з конвеєра на сітчастому транспортері 35 печі 36. Розсічена стрічка багатошарового формування тіста береться конвейером і передається на поворотний конвеєр 34 для завантаження. в одному з усиновлювачів | прийнятті ламінаторні лійки 28

					<i>IA-33.180BAK.002.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		13

Процес випічки малого крекери протікає за 2,5 ... 3,5 хв при певних температурних зонах (° C): 150 ... 180; 200 ... 215; 295 ... 305; 275-285; 230 ... 245 ° C. Конкретні значення параметрів випічки залежать від продуктивності печі, рецептури, розміру тіста, вмісту вологи| тіста і готового виробу та інші фактори.

Для підтримки заданих значень вологості під час випікання встановлюється розпилувальна камера 37 з інжектором 38. Система запалювання газової суміші в камері згоряння досить складна, оскільки вона повинна відповідати всім стандартам безпеки. Газ подається в камеру через трубопровід через сопло 39, запальник 40 виробляє постійну іскру, яка в свою чергу запалює газову суміш з запалюючим пристроєм 41.

Після процесу випікання печиво подають на тунельний охолоджуючий конвеєр 42. На ньому під необхідними контрольованими параметрами повітряного середовища тунель протягом 4-5 хв. Продукти охолоджуються до температури 40 ... 45 ° C.

Охолоджені готові вироби подаються на конвеєр 43 для подальшої упаковки. Обладнання передбачає упаковку готової продукції, залежно від асортименту продукції. Готове печиво завантажують в пакувальний автомат 44 для упаковки в пакети, потім в картонні коробки. Ящики з готовою продукцією ставлять на візки і відправляють на склад.

					<i>IA-33.180БАК.002.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

### 1.3 Характеристика обраного обладнання для технологічної лінії

Зведена таблиця технологічного обладнання для виробництва крекерів.

Таблиця 1.1. – Технологічне обладнання

Назва обладнання	Марка
Живильники гвинтові	<u>ПВ-0,075</u>
Насос пластинчастий марки	<u>ДР-2845</u>
<u>Емульсатор-гомогенізатор вакуумного типу</u>	<u>МР-УГМ-300</u>
<u>Тістомісильна машина з підкатною діжею</u>	<u>«Прима-300»</u>
<u>Ламіратно-розкатний пристрій</u>	<u>«Ламинатор 3000»</u>
<u>Розкатка тіста</u>	<u>SH 500</u>
<u>Піч тунельна</u>	<u>А2-ШБГ</u>
<u>Тунель охолоджуючий</u>	<u>NORMIT</u>
<u>Вертикальна пакувальна машина</u>	<u>AV 100 / S</u>

#### 1.3.1 Живильники гвинтовий ПВ-0,075

Застосовується для переміщення сипучих матеріалів розміром не більше 2 мм у ваговому дозаторі.

Живильники використовуються як автономні машини для завантаження малих технологічних машин в харчову та інших галузях промисловості. При необхідності можна регулювати продуктивність живильника за допомогою перетворювача частоти.

					IA-33.180БАК.002.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

Таблиця 1.2. – Технічні характеристики гвинтового живильника

Продуктивність, $\frac{л}{с}$	0,5 ... 0,06
Довжина транспортування, мм	320
Діаметр гвинта, мм	75
Крок гвинта, мм	60
Частота обертання гвинта, об / $\frac{хв.}{хв.}$	50 ... 200
Потужність, кВт	0,37
Матеріал робочого органу	сталь вуглецева або 12Х18Н10Т
Габаритні розміри (L x B x H), мм	870x474x300
Маса, кг	40

### 1.3.2 Насос пластинчастий марки ДР-2845

Призначений для перекачування в'язких, пластичних жировмісних харчових мас (глазур, решітка какао, пюре, патока, згущене молоко і т.д.).

Основними компонентами пластинчастого насоса є корпус, ротор і пластини - перемикачі. Ротор виконаний у вигляді циліндра, на бічній поверхні якого розташовані радіальні канавки з розташованими там пластинами, причому останні притискаються до корпусу відцентровою силою і можуть легко переміщатися в пазах ротора. Коли насос знаходиться на вході насоса, сторона всмоктування формує розрідження, завдяки якому маса заповнює простір між відповідними пластинами. Пластини забезпечують необхідний тиск на рідину і виштовхують її в насадку. Оскільки ротор розташований ексцентрично, при обертанні його пластини

					<b>IA-33.180БАК.002.ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

вони постійно контактують зі стінкою корпусу, зовнішні краї пластин завжди притискаються до внутрішньої поверхні корпусу. Тарілчасті насоси, подібно зубчастим колесам, мають можливість реверсування напрямку руху рідких мас, тобто при зміні напрямку обертання ротора вони змінюють напрямок потоку в трубопроводах.

1. Продуктивність, <u>л/хв</u>	від 40 до 160
2. Число обертів, <u>об/хв</u>	від 35 до 120
3. Натиск, <u>кг/см<sup>2</sup></u>	від 0.6 до 2.0
4. Температура <u>теплоагента</u> , <u>°С</u>	+35 ... +70
5. Маса, <u>кг</u>	60.7

Таблиця 1.3. – Технічні характеристики насоса пластинчастого «ДР-2845»

### 1.3.3 Емульсатор-гомогенізатор вакуумного типу МР-УГМ-300

Універсальний гомогенізований емульсаторний модуль призначений для емульсії, змішування і одночасної термічної обробки рідких, в'язких і пастоподібних продуктів (плавлених сирів, десертів, кремів, мусів, супів і соусів, малини, сирних заготовок з сиром і зеленню, солодких начинок, комбіновані масла, тісто, пластирі, креми, мазі, гелі, лакофарбові матеріали та багато інших).

Принцип роботи. Працездатність установки забезпечена сорочкою для нагрівання і охолодження виробу, а також теплоізоляційним кожухом. Для більш повного вивантаження виробу робочий резервуар розташований на поворотних опорах із замком. Для прискорення процесу нагрівання передбачається процес інжекції гарячого пара безпосередньо в продукт. Кришка легко відкидається завдяки газонаповненим амортизаторам, які встановлюються ззаду, а в закритому

положенні щільно замикаються чотирма затискачами. На кришці розміщена воронка для вставки компонентів у чашу під час робочого циклу.

Модель	<u>МГ-УГМ-300</u>
Геометричний об'єм, л	300
Робочий обсяг (у залежності від в'язкості продукту), л	210 - 270
Частота обертання, об / <u>хв</u>	
мішалки	35
ротора	3000

Таблиця 1.4. – Технічні характеристики емульсатора-гомогенізатора

Потужність приводу, <u>кВт</u>	
мішалки	1,5
ротора	15
Температура нагріву продукту, ° <u>С</u>	110
Тиск в робочому обсязі ємності, МПа	0,04 ... 0,1
Розмір твердих частинок після гомогенізації, не більше, мкм	4
Параметри пара, що подається у сорочку:	
тиск, МПа	0,3
температура, ° <u>С</u>	140
витрата, кг / <u>год</u>	90
Потужність <u>ТЕНів</u> , <u>кВт</u>	15

#### 1.3.4 Тістомісильна машина з підкатною діжею «Прима-300»

"Прима-300" - двошвидкісна автоматична місильна машина з корпусом спіральної нижньої щелепи, центральною шторкою, нижньою циліндричною трубою з нержавіючої сталі ємністю 300 літрів. Застосовується при інтенсивному зануренні широкого асортименту пшеничного, житнього та змішаного видів тіста для хліба, хлібобулочних та кондитерських виробів, включаючи дріжджі та дріжд-

					<i>IA-33.180БАК.002.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		18

джове тісто. Максимальне навантаження для кожної композиції визначається експериментальним методом.

«Прима-300» може експлуатуватися в 1-3 змінному режимі в умовах промислового виробництва кондитерських виробів. Використання інтенсивної партії «Прима-300» дає можливість докорінно поліпшити якість хлібопекарських виробів, збільшити об'єм продукції, норка стає більш пружною, пористість стає рівною і неглибокою, кірка має більш інтенсивне забарвлення.

Для управління система автоматичного керування заснована на промисловому контролері SIMATIC S7-200 і сенсорному LCD-SIEMENS, який забезпечує:

- створення, зберігання, використання, коригування до 100 10-ступінчастих пакетних програм;
- робота в автоматичному режимі;
- випробування та діагностика ефективності агрегатів і агрегатів машини;
- відстеження аварійних ситуацій з автоматичним переходом машини в безпечний режим;
- автоматичне обслуговування архівів: партії, аварійні події з діагностикою несправностей, облік часу машини;
- контроль навантаження на виконавчі механізми робочих органів машини в процесі експлуатації;
- Вимірювання і індикація температури тіста, необов'язкового підключення до технологічного комп'ютера.

Елементи конструкції, що забезпечують надійність і зручність роботи Прима-300:

- дві швидкості обертання головного корпусу, зворотне обертання стріли на низькій швидкості;
- гідравлічний підйомний механізм - опускання, кріплення корпусу, агрегатів і агрегатів гідросистеми - від кращих європейських виробників;
- привід обертання шарніра забезпечує плавний запуск двигуна обертального приводу і запобігає пошкодженню приводного механізму у разі впливу зубчастих передач зубчастої передачі "зуб на зуб", переміщення свинцевого механізму в засувку після фіксації витяжки в робочому положенні;

					<i>IA-33.180BAK.002.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

- насадки на кришці печі для завантаження сипучих і рідких компонентів в автоматичному і ручному режимах, оглядове скло для візуального контролю процесу занурення.

Таблиця 1.5. – Технічні характеристики тістомісу "Прима-300"

Обсяг використовуваної діжі, л	300
Максимальна маса тіста, кг / заміс	200
Мінімальна маса тіста, кг / заміс	5
Номінальна споживана потужність, кВт	17.6
Номінальна напруга, В ЗНРЕ	~380
Габаритні розміри, мм	1805x1260x1343

### 1.3.5 Ламінатно-розкатний пристрій "Ламинатор 3000"

Застосовується при виробництві тестових стрічок з листового і дріжджового листового тіста, дріжджового і крихкого піщаного тіста, тіста для приготування кренделів і піци.

Розглянута лінія розроблена і виконана відповідно до міжнародних стандартів виробництва. Рівень шуму не перевищує максимальний рівень, дозволений міжнародними нормами і стандартами. Рами окремих машин, виготовлених з вуглецевої сталі, з спеціально обробленою поверхнею, обладнані товстими бічними опорами і відповідними сильними бічними балками, розташованими в найбільш вразливих місцях. Запобіжні замки та запобіжні пристрої виготовлені з нержавіючої сталі.

Реалізація лінії модульного принципу дозволяє об'єднати різні машини і механізми для створення найбільш оптимальних ліній для отримання конкретного типу виробу. Фактично, ви можете додавати та працювати з наступним обладнанням:

- додаткові триколісні формувальні машини;
- пристрій для розпилення цукрової пудри і так далі;
- пристрій для розтікання з різними зернами;
- Машина для розрізання тіста, або машина для нарізки та зачерпування тіста;
- додаткові вимірювальні ролики або вимірювальні ролики калібратора;
- ротаційна формувальна машина, оснащена системою подачі тіста, обвідним конвеєром і мийним пристроєм;
- конвеєр для пристрою, посипаний цукровою / сольовою кондитерською продукцією, і відповідну систему відбору надлишку солі або цукру;
- автоматична система завантаження тіста в бункер трьохколісної машини.

Функціональні складові:

Розділ 1: формувач тіста для обробки щільних сортів тіста, жировий насос, система всмоктування в сендвіч, головка супутника в пристрої

Розділ 2: Голова сателіту

					<i>IA-33.180BAK.002.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

Розділ 3: Сателітна голова, поперечний валик, датчик голови, передавальний стіл.

Таблиця 1.6. – Технічні характеристики ламінатора

Ширина профілю столу	700 мм
Ширина <u>тістової</u> стрічки	<u>макс.</u> 600 мм, можливість плавної зміни ширини
Швидкість конвеєрної стрічки	від 0,6 до 6 <u>м / хв</u> на виході з секції 2
Виробництво тіста	від 200 до 1000 кг на годину (включаючи жир для <u>прослоювання</u> і залишки тіста), при виробництві блоків тісту - до 1500 кг / <u>год</u>
Шари	при ламінуванні від 4 до 12 шарів жиру в залежності від кінцевої товщини тіста, типу жиру для <u>прослоювання</u> і бажаної якості кінцевого продукту

### 1.3.6 Розкатка тіста SH 500

SH 500 використовується для вирівнювання та формування заготовок тіста. Його властивості:

					<b>IA-33.180БАК.002.ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

- різниця між швидкістю обертання стрічки конвеєра, яка живить заготовки тіста (найповільнішу) і вихідну стрічку (найшвидшу), попереджає про пошкодження тіста;

- формування циліндрів покривається твердим хромом;

- Легке регулювання відстані між циліндрами за допомогою важеля;

- можливість складання транспортних таблиць у вертикальному положенні в той час, коли пристрій не працює;

- пульт;

- антикорозійний захист.

Таблиця 1.7. – Технічні характеристики SH 500

Модель	SH 500
Розміри стрічки, мм	500x900/1200
Довжина циліндрів, мм	495
Діаметр циліндрів, мм	60
Відстань між циліндрами, мм	38
Номінальна потужність, кВт	0,55
Вага, кг	170

### 1.3.7 Піч тунельна А2-ШБГ

Печі тунельного типу А2-ШБГ з рухомим сітчастим покриттям призначені для випікання і попереднього охолодження печива. Вони входять до складу

					<b>IA-33.180БАК.002.ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

обтічної механізованої лінії для виробництва печива SHL-1P, можуть використовуватися як у механізованих лініях для виробництва печива, так і як самостійні одиниці.

Таблиця 1.8. – Технічні характеристики печі А2-ШБГ

Площа <u>поду</u> , м <sup>2</sup>	22,6
Ширина конвеєрні стрічки <u>поду</u> , м	0,9
Продуктивність, кг/ <u>год</u>	800
Витрата природного газу, Нм <sup>3</sup> / <u>год</u>	47
Габаритні розміри, мм	35436x 2250x2020
Маса, кг	19740

### 1.3.8 Тунель холодильний NORMIT

Призначений для охолодження кондитерських виробів.

Принцип роботи полягає в тому, що гарячі вироби потрапляють на конвеєрну стрічку, де в закритому просторі холодне повітря циркулює по всьому тунелю.

Переходячи через тунель, гарячі продукти охолоджуються до заданої температури, а охолоджені продукти переносяться конвеєрною стрічкою з тунелю, що йде від стрічки до упаковки.

Особливості:

- підйомна кришка на амортизаторах;
- має структуру без внутрішніх перегородок, що забезпечує повний внутрішній доступ;
- модульна будівельна конструкція;

					<i>IA-33.180BAK.002.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		24

- Регульована швидкість руху стрічки;
- енергозберігаюча структура (теплоізоляція і добре продуманий циркуляційний контур охолоджуючого повітря);
- низький рівень (практична відсутність) шуму.

Таблиця 1.9. – Технічні характеристики охолоджувального тунелю

Довжина охолоджуючої частини тунелю, м	8
Ширина стрічки транспортера, мм	620
Швидкість транспортера, м/хв.	1...7
Температура всередині тунелю, С	0...45

### 1.3.9 Вертикальна пакувальна машина AV 100 / S

Використовується для вертикальної упаковки в подушку або плоскодонні пакети. Пакувальна машина AV 100 / S виготовлена з нержавіючої сталі. Продуктивність машини може досягати 100 упаковок в хвилину, але залежить від типу виробу, пакувального матеріалу та розміру самої упаковки. Машина оснащена інтерфейсом з пультом управління на корпусі машини, що дозволяє користувачеві встановлювати різні типи програм, а також режими розливу. AV 100 / S може працювати з будь-якою системою зважування.

Таблиця 1.9. – Технічні характеристики пакувального обладнання

					<b>IA-33.180BAK.002.ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

Потужність	до 100 <u>упак/хв</u>
Ширина плівки ( <u>max</u> )	700 мм
Ширина пакета ( <u>max</u> )	600 мм
Довжина пакета ( <u>max</u> )	600 мм
Споживана потужність	4,5 <u>кВт</u>
Витрата стисненого повітря	210 <u>л / хв</u>

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

IA-33.180БАК.002.ПЗ

Арк.

26

## 2 ОСНОВИ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ОБ'ЄКТА КЕРУВАННЯ

Для того, щоб крекер відповідав зазначеним вимогам виробництва, підготовка була зроблена для випікання, випікання, охолодження та упаковки за певних умов. Оскільки випікання печива не переривається, надійність автоматизованої системи впливає на якість вихідного продукту.

Таким чином, регульовані значення можуть бути організовані наступним чином:

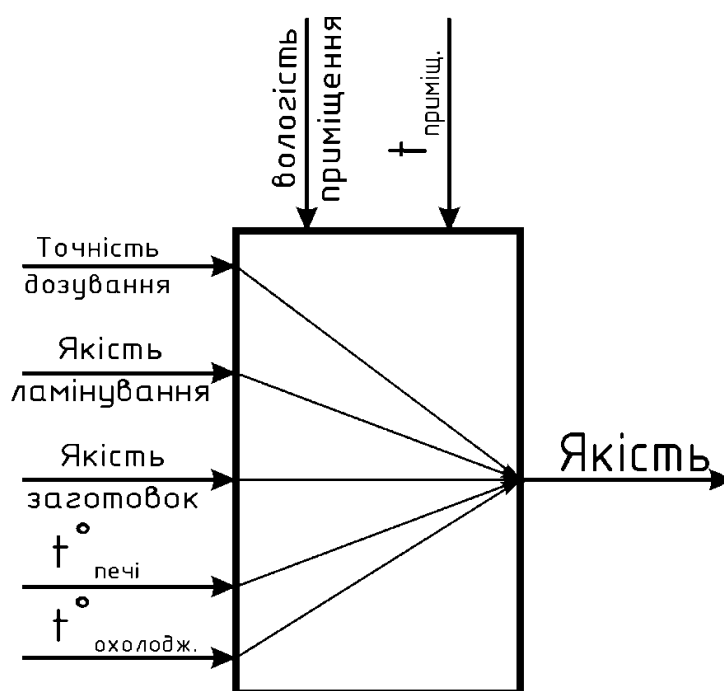


Рисунок 2.1. – Схема зв'язків між вхідними та вихідними величинами де  $t^{\circ}$  – температура.

Всі стадії виробництва крекерів можна звести до якості вихідного продукту на кожному етапі. Якість продукції, що випускається, залежить від відповідності технологічним вимогам, які існують на кожному етапі виробництва. Важливими факторами є температура і вологість у виробничій зоні продукту.

									Арк.
									27
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	IA-33.180БАК.002.ПЗ				

## 3 ОБҐРУНТУВАННЯ ВИБОРУ ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ СХЕМИ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ КЕРУВАННЯ

### 3.1 Обґрунтування вибору функціональної схеми

При виборі об'єкта автоматизації, увага була приділена вдосконаленню технологічного процесу від впровадження даного спектру засобів автоматизації. Метою реалізації засобів автоматизації є скорочення обсягу ручної роботи на підприємстві, зменшення кількості дефектних виробів, пов'язаних з людським фактором, збільшення обсягу виробництва, а також скорочення часу, коли обладнання простоює.

Для автоматизації лінії вибрано ряд органів управління, передачі та виконавчої влади, які відповідають вимогам безпеки та відповідають правильним умовам експлуатації обладнання. Дискретні датчики маси, витратоміри в дозаторах і перетворювачі генерують стандартизований сигнал 10В для подальшого контролю. За цим же принципом на контролері контролюється сигнал від моніторингу фотоелемента на наявність полум'я. Аналогові датчики також вибираються зі станом їх рівномірного вихідного сигналу для струму або напруги. Це забезпечує високу точність і надійність роботи пристрою.

Виконавчі механізми керуються уніфікованим сигналом управління перетворювачами.

Для автоматичного регулювання і регулювання служить обраний мікропроцесор серії ADAM-4000 виробника ADVANTECH. Їх основними силами є достатня надійність, висока точність, низьке енергоспоживання і дуже гнучка конструкція відповідно до завдань. У порівнянні з іншими аналогічними контролерами типу ADAM'і дешевше, просте програмування має вбудовану технологію інтерфейсу RS-485 для підтримки ModBus, що дозволяє керувати процесами з SCADA системою.

Відповідно до функціональної схеми контролера, так що при виборі виходить щонайменше невикористані входи або виходи, які використовують таку автоматизацію.

Ця лінія призначена для приготування тіста, приготування тіста, упаковки для випічки і крекери. Лінію можна розділити на окремі автоматизовані ділянки.

						Арк.
						28
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	IA-33.180БАК.002.ПЗ	

### 3.2 Обґрунтування вибору засобів автоматизації

Технологічний процес починається з дозування компонентів на об'ємних дозаторах 2, де насоси 1-4, 2-4 постачаються з рідкими компонентами композиції. Вбудовані первинні перетворювачі FE1-1, FE2-1 вимірюють кількість витратних компонентів і рівномірний дискретний вхідний сигнал. Після досягнення максимального обсягу в дозаторах пускових пристроїв NS1-3, NS2-3 перемикають насоси 14-1, 13-1. Компоненти готові до наступної стадії емульсії. За тим же принципом, маса дріжджів і вагова вага цукру, де інтегровані датчики маси WE3-1, WE5-1. Матеріал завантажують до необхідної маси в бункері. Розплавлений масляний насос подається від 1 до 4-4 об'ємного дозатора і при досягненні необхідної кількості консистентного мастила в бункері подачі клапана закрито 04-06 січня корпус NS4-5 регулює і одночасно відкриває рециркуляційний клапан 4-8 через магнітний перемикач NS4-7. Утилізацію мастила проводять для підтримки її в'язкості в умовах технологічного процесу.

Температура в контейнері 9 з жиром постійно утримується гарячою водою, яка пропускається через резервуар для води сорочкою. Термопара ТЕ6-1 надсилає сигнал через перетворювач ТТ6-2 на панель керування ТІА6-3 на екран і на аналоговий вхід контролера. Залежно від зміни температури контролер генерує керуючий сигнал для сервоприводу клапана, встановленого в лінії подачі, закриває або відкриває кришку і регулює температуру.

Якщо всі дозуючі пристрої мають необхідну кількість компонентів, що занесений в резервуар 11 досить дорогою емульсією пам'яті (сигнал LE7-1 датчика рівня встановлений дозвіл на включення емульгатора-гомогенізатора 10), замикає пусковий контролер NS7-4, який запускає емульгатор 10-го. і дозволяє реле часу емульгатора KS7-5 і попереджувальних ламп на світлих пластинах на пластині. Потім відкривається з'єднаний клапан 2-6, 4-10, 1-6, 3-4 і 5-4 електромагнітний привід 2-5, 4-9, 1-5, 3-3, 5-3. Компоненти завантажуються в емульгатор і змішуються. Перемикач часу в кінці. Далі вартість-емульсія переходить в резервуар 11, який зберігається при постійній температурі.

						Арк.
						29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	ІА-33.180БАК.002.ПЗ	

Температура регулюється в контурі: термопар ТЕ8-1, передавальний елемент ТТ8-2, блок управління ТІА8-3. Сигнал також надходить на контролер. Останній включається і вимикає нагрівач через термостат NS8-4 відповідно до встановленого температурного кадру. Насос 9-2 забезпечує постійну циркуляцію емульсії в живильному резервуарі для безперервного перемішування з циркуляційним клапаном 9-4 відкритим. Керування насосом 9-4 і клапаном 9-4 забезпечено елементами плати керування NS9-1 і NS9-3.

Для запуску тіста на пластину, натисніть HS13-2 на сигнал, що клапан подачі емульсії 12-5 відкриває реле 12-4, а клапан рециркуляції 9-4 закривається. Необхідна кількість емульсії визначається сигналом датчика потоку FE12-1, з якого знову відкривається клапан 12-4 управління подачею і клапан рециркуляції емульсії. Споживання компонента показано на етикетці індикатора FIAA12-3. У той же час борошно, крихти і крохмаль подаються в живильник 17 у вагових дозаторах, поки не буде зібрана необхідна маса компонентів. WE10-1 датчик маси посилає сигнал через трансформатор WT10-2 контролера і останню з лінії електроживлення 10-4 11-4 17 і відкриває електромагнітний клапан, який подає стиснене повітря 21 продукту трубопроводу, потім перетворюється в привід поворотного клапана 20 11-2 і сухий суміш подається на машину для тіста.

Після успішного дозування дозуюча машина періодичної дії 13 включалася з керуючим елементом NS13-1, починаючи з реле часу KS13-3 і лампи на пластині. Робота машини є автоматичною і не вимагає ручного керування.

Реле часу KS7-5, KS13-3 використовуються для запобігання випадковому або повторному запуску обладнання під час вже запущеного емульгатора або тіста.

По закінченні процесу накладання тісто в приміщеннях для подкасту підводиться до підйомника, вставляється в напрямні, після чого натискається кнопка - 114-1 на знаку, щоб почати підйом. Магнітне реле NS14-2 включає привідний двигун 14-3.

Перевертається жолоб і тісто потрапляє в приймальний бункер 26 Вбудований датчик ваги WE15-1 до контролера забезпечить аналоговий сигнал згідно тесту на датчику маси. Коли маса досягає максимуму або повертається кнопка NS16-1 на екрані, контролер посилає сигнал для включення першого електричного 17-4,

					<i>IA-33.180BAK.002.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		30

який приводить в рух конвеєрну пластину 22 і потім розряджає електричні розвантажувальні ролики 17-2 27, поки воронка не продовжується в залишиться мінімальна кількість тіста, потім мотор зупиняється 17-2, контрольна лампа включається і час роботи релейної плати KS17-5, що через 2,2 години привід конвеєра обертається і регулятор ферментаційного пристрою 23 в корпусі не виходить сигнал вивільнення від електричних приводних роликів 27 контролера або ручного регулятора управління на екрані.

Вмикається конвеєр, щоб встановити температуру та вологість у сухому місці. У камеру потрапляє свіже повітря. Вентилятор приводиться в рух двигуном 18-5, керованим керуючим елементом NS18-4. Якщо вологість недостатня, то сигнал від датчика надсилається за допомогою сигналу вологості MT19-2 сигналу ME19-1 до контролера, а оброблене керування виходом управляє елементом NS19-3 менеджера, який відкриває або закриває клапан 19.4 води до сопла 24 Температура TE18-1 в аналогічній схемі управляє нагріванням нагрівача 25 (датчик TE18-1, перетворювач TT18-2, дисплей TIA18-3, контролер, орган управління NS18-6).

Після вилежування тіста в одиниці ферментації завантажують в воронку ламіратор 28, в якому здійснюється маса датчика WE20-1. Коли бункер потрапляє в потрібну кількість тіста, контролер перетворює тягу в димову трубу 36 через випробування розбавлення датчика тиску RE25-1 і наявність факелу (фото BS27-1) перед клапаном у подачі газу і працює 29/2 NS28 відкриття -1 Якщо виникли проблеми і невідповідності в духовці, і вимкніть відповідні індикатори на знаку. В іншому випадку по черзі включаються електричні конвеєри, посипальні пристрої, вихлопні і ламінуючі відповідні пускові установки на друкованій платі з певною затримкою технологічних характеристик (23-2, 4,20, 20-6, 20-8, 20-10, 34-2, 21- 2, 22-2 виконавчі пристрої NS23-1, NS20-3, NS20-5, NS20-7, NS20-9, NS34-1, NS20-2, NS21-1, NS22-1 відповідно) і реле часу KS20-11 та формувальні машини. У той же час в процесі починається контроль температури і зволоження в печі надходять заготовки. Вологість щитується ME32-1 датчиком вологості і сигнал передається в блок управління MT32-2, і цей сигнал керує сервоконтролером NS32-3 клапан 32-4.

					<i>IA-33.180БАК.002.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		31

Температуру в печі виявляють датчиком температури TE26-1, сигнал якого посилюється і передається в блок управління TIR26-3 і вхід контролера. Якщо температура в духовці є критичною, відповідні лампочки вмикаються. Для контролю температури в печі, потік газу в камеру згоряння змінюється за допомогою управління клапаном 30-2 через контроль NS30-1. Розподіл нагрітого повітря в печі здійснюється вентиляторами, які приводяться в дію двигуном 31-2 через орган управління 31-1.

Регульована в температурі охолодження тунелю контуром: датчик TE33-1, перетворювач TT33-2, реєстратор інформації TIR33-3, пілотне освітлення блоку управління NS33-4, блок управління двигуном 33-5, який керує витратою холодного повітря.

Якщо ламінатор воронки не отримує жодної частини тіста в духовці протягом 14 хвилин і не випікається, пристрій автоматично зупиниться. Також кнопкові HS24-1 конвеєри формують обладнання, печі працюють і випікають в той час як інші машини блокують запалювання газу в печі.

Після випікання продукти поставляються готовими охолодженими до пакувального блоку 44 і завантажуються в приймальний бункер. У якому встановлений датчик ваги WE35-1. Коли маса печива бункера вистачає для запуску упаковки, і включення пристрою через стартер NS35-3, то контрольна лампа загоряється на знаку на табло. Якщо в бункері відсутній крекер, машина автоматично вимикається.

					<i>IA-33.180БАК.002.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32

## 4 ОБҐРУНТУВАННЯ ВИБОРУ ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ АВТОМАТИЗАЦІЇ ДЛЯ СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО РЕГУЛЮВАННЯ

### 4.1 Вибір датчиків та їх технічна характеристика

При виборі датчиків увагу було приділено надійності та якості їх роботи. Основними перевагами цих датчиків є їх рівномірний вихідний сигнал, який направляється безпосередньо на відповідні входи контролерів. Якщо датчик не генерує необхідний сигнал, ті, які мають додатковий модуль перетворення, були обрані для забезпечення необхідного рівномірного сигналу напруги і струму.

#### 4.1.1 Дозатор об'ємний бункерний DELTAMATIC D90E

DELTAMATIC D90E, виготовлений з нержавіючої сталі і обладнаний термостатом для дозування і змішування, дає можливість в інтервалі температур від 2 до 70 градусів за Цельсієм перемішування і води проводити вимірювання в діапазоні 0,1-999,9 л. Вона має внутрішню пам'ять і можливість подачі води 35 літрів на хвилину при тисках до 3 бар.

Технічні дані диспенсера DELTAMATIC D90E:

- Діапазон вимірювання: 0,1 ... 999,9 л;
- діапазон температур змішування: 2 °С ... 70 °С;
- Швидкість: 35 л / хв;
- тиск води: 2 ... 4 бар;
- макс. Тиск води: 16 бар;
- Точність нагрівання:  $\pm 1$  °С;
- похибка вимірювання: 1%;
- Напруга живлення: 240 В ( $\pm 10\%$ ), 50/60 Гц, 65 В, 70 Вт;
- Розміри: 300 мм х 320 мм х 180 мм.

					IA-33.180БАК.002.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		33

#### 4.1.2 Ваговий дозатор HASTAMAT VBS-6

Об'ємний дозатор HASTAMAT VB є прецизійним дозуючим пристроєм для дозування порошкоподібних продуктів з постійною щільністю.

Введення в об'ємний дозатор здійснюється за допомогою частотного регулювання з редуктором або серводвигуном з важкою зубчастою ланцюгом, і управління машиною інтегрується в етикетку управління пакувальної машини.

Технічні характеристики дозатора HASTAMAT VBS-6: \ t

- Тип: VBS-6;
- Діапазон гучності кубічних сантиметрів: 70-7000;
- циклів / хв: 100;
- Напруга живлення: 220 В;
- рівномірний вихідний сигнал: 0 ... 10В;
- Однорідний вхідний контрольний сигнал: 10В.

#### 4.1.3 Датчик маси SCAMIE AG

За допомогою цього датчика змінюється електричний опір, коли матеріал деформується. Це явище називається п'єзоелектричним ефектом. Всі тензometri засновані на цьому ефекті. Дротовий тензометричний прилад є резистором, прикріпленим до гнучкої підкладки, яка в свою чергу прикріплена до об'єкта, де вимірюється маса. У цьому випадку між об'єктом і чутливим до напруги елементом має бути виконано надійне механічне з'єднання, тоді як дріт резистора повинен бути електрично ізольований від об'єкта. Коефіцієнти теплового розширення підкладки і дроту повинні завжди бути узгоджені. Датчик РМР-2 дуже чутливий, має довгі безперервні і короткі поперечні ділянки. Це забезпечує перехресну чутливість близько 2%.

технічні характеристики:

- межа виміру (RC) - 6; 12; 30; 60; 120; 300 кг;
- повна помилка, % RC-0.017;
- клас точності (кількість контрольних інтервалів, n max) - 3000;
- Мінімальний інтервал випробування (V min), - 1 / ... RC 1/6000, 1/12000;

					IA-33.180БАК.002.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		34

- напруга живлення, V;
- номінальний - 10;
- максимум - 15;
- рівномірний вихідний сигнал: 0 ... 10В;
- вхідний опір, Ом -  $385 \pm 20$ ;
- вихідний імпеданс, Ом -  $350 \pm 5$ ;
- робочий коефіцієнт передачі, мВ / В -  $2 \pm 10\%$ ;
- Діапазон робочих температур ° С -20 ... + 60;
- температурний діапазон компенсації, ° С - -10 ... + 40;
- Безпечне перевантаження,% RC - 150;
- максимально допустиме перевантаження,% RC - 200;
- Ступінь захисту згідно EN 60529 (ГОСТ 14254-96) - IP68;
- Матеріал - нержавіюча сталь;
- Особливості - Високі динамічні властивості. Рекомендовано для харчової промисловості.

#### 4.1.4 Датчик температури (KS-2)

Універсальний датчик KS-2 вимірює температуру в робочому середовищі.

Принцип роботи: температура трансформації мембрани з тонкостінним опором з нержавіючої сталі з SiO<sub>2</sub>, виміряним в електричному сигналі. Центральна частина датчика провідності має р-тип, а навколишній зовнішній шар - р-тип (лінія отвору). До кристала р-типу провідності (термопари) платину Мікроконтакти приварюються до шару р-типу провідності (тензоелемент) - мікропроволок чистої платини. Початковий опір 10 ... термопар 1000 Ом на 2050 років.

помилка:

- найважливіші 0,25%; 0,5%; 1,0% повної шкали;
- загалом 2,5%.

особливості:

- стійкість до агресивних середовищ;
- Не вимагає технічного обслуговування.

					<i>IA-33.180BAK.002.ПЗ</i>	Арк.
						35
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

технічні характеристики:

Температурний діапазон -50 ... 4000С;

Єдиний сигнал: 0 ... 10В (3-провідний) і 4 ... 20 мА (2 дроти);

Напруга постійного струму - 12 ... 27В;

Розміри сенсорного елемента:

- Діаметр - 2 мм,

- Довжина - 50мм.

Вага датчика - 200г.

#### 4.1.5 Тягонапоромір ТНМ-Эт-8м

Тягонапоромір електричний ТНМ-Эт-8м використовується з безперервним значенням величини виміряного тиску (вакууму) в рівномірному сигналі струму в автоматичному контролі і керуванні процесом.

Для стійкості і міцності для впливу температури і вологості прилад відповідає характеристиці групи С3 ГОСТ 12.997-84, типу модифікації кліматичної категорії ГОСТ 15150-69 розміщення 3.1, але для роботи при температурах від + 5 ° С до + 50 ° С. і відносній вологості 80%.

Межі вимірювання та допустимі похибки:

- верхня межа вимірювання, Па / (кГс / м<sup>2</sup>);

- розведення - 125 (12,5);

- надлишковий тиск - 125 (12,5);

- гранично допустима похибка,% - 2.5.

Межі вихідного сигналу постійного струму:

- (код 42), мА - 4 - 20;

- (код 05), мА - 0 - 5.

Примітка Код вихідного сигналу перемикається споживачем.

Відхилення вихідного сигналу пристрою не повинно перевищувати% - 1

Стійкість до навантаження повинна бути в межах:

- Пристрій з виходом 4-20 мА, Ом - від 0 до 750;

- Пристрій з виходом 0-5 мА, Ом - від 0 до 2500.

					<i>IA-33.180БАК.002.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		36

Додаткова похибка температури для кожного вимірювання температури  $10^{\circ}\text{C}$  в робочому діапазоні, % не більше -  $\pm 0.75$ .

Споживана потужність, ВА більше не - 3.

Температура навколишнього середовища - від  $+5$  до  $+50$ .

Відносна вологість при температурі  $35^{\circ}\text{C}$ , % - 80.

Прилади в транспортному контейнері витримують вплив відносної вологості  $(95 \pm 3)\%$  при температурі  $(35 \pm 3)^{\circ}\text{C}$ .

Середня тривалість життя не менше 10 років.

За механічною стійкістю пристрій виконує вібраційну стійкість N1 за ГОСТ 12997-84.

Пристрій живлення здійснюється за допомогою напруги змінного струму  $220\text{ В}$  і частоти  $(50 \pm 1)$  Гц.

Максимальна вага пристрою - 2 кг.

Максимальна вага транспортного контейнера з приладами - 50 кг.

$\pm 500\text{ Па}$  ( $50\text{ кг} / \text{м}^2$ ): Пристрій може витримати надмірний тиск перевантаження (вакууму) рівним.

Ступінь захисту за ГОСТ 14254-80 - IP54.

					<i>IA-33.180BAK.002.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		37

#### 4.1.6 Датчик вологості ТЭРА ДВ - 02 – 608

Перетворювач відносної вологості з потужністю 4-20 мА.

Він використовується для вимірювання відносної вологості в діапазоні 0 ... 100% (без конденсації), але має чутливий елемент, який захищений повітряним фільтром.

технічні характеристики:

- варіант - утоплений;
- Вихідний сигнал - 4 ... 20 мА;
- робоча температура експлуатації - 0 ... 70;
- клас точності в діапазонах: 0 ... 10% - 6, 11 ... 89% - 2; 90 ... 100% -4;
- довжина робочої частини L = 80 ... 250 мм;
- Діаметр фільтра - 16 мм.

#### 4.1.7 Фотодатчик ФД-05ГМ

Датчик використовується для вибіркового керування полум'ям газом пальником. Контроль пальника здійснюється вздовж каналу 1 за допомогою індикатора для УФ-випромінювання LP1, сопла атома пари - на каналі 2 - фоторезистора RL1 в спектрі інфрачервоного випромінювання. При регулюванні пилоохолоджувального пальника з "легким" мазутом канал 1 контролює наявність вугільного полум'я, тоді як канал 2 контролює наявність сопла пальника.

Селективний контроль забезпечується для всіх печей з одноразовим розташуванням пальника.

Основні характеристики датчиків:

Чутливість при опроміненні ультрафіолетовим світлом лампи ІСЕ-25 на відстані 4 м від датчика -> 50 імпульсів / с;

- напруга живлення - 10 В ± 10%;
- Вихідний сигнал - 10 В;
- споживана потужність - <0,3 ВА;
- опір ізоляції -> 100 МОм;

					<i>IA-33.180БАК.002.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		38

- температура корпусу датчика - 0 ... + 60 ° С;
- Ступінь захисту за ГОСТ 14254-80 - IP54;
- Розміри - D 50x210mm.

#### 4.1.8 Датчик рівня (рівнемір ультразвуковий поплавковий РУ-ПТЗ)

Рівень ультразвукового поплавця RU-ПТЗ використовується для вимірювання загального рівня рідини в резервуарі для визначення кількості продукту. Розміри манометрів виготовляються як звичайним способом, так і у вибухобезпечному варіанті.

Рівень вимірювача відноситься до твердотільних імпульсних ультразвукових інструментів, які вводяться в резервуар з охолодженням рідиною. Довжина звукової хвилі не менше, ніж діапазон вимірювання. Рівень контролюється поплавцем, який рухається вздовж звуку разом з рівнем рідини. Ультразвуковий випромінювач, що має акустичну зв'язок з верхньою частиною звукової хвилі, іноді викликає ультразвукові хвилі з частотою 50 кГц. Інша ультразвукова хвиля відбувається після попередньої зупинки і її відображення зупиняється повністю. Кожен цикл ультразвукових хвиль вимірюється в інтервалах часу, пропорційних рівню і при наявності опорного каналу і базової відстані. Час досягнення ультразвукової довжини поплавця і опорного вузла визначається виникненням електричних сигналів при взаємодії поплавця і опорного вузла зі звуковою хвилею за рахунок проходження хвилі. Сигнали видаляються або від джерела звуку, або від одношарової котушки на ній.

Вимірювальні прилади виготовляються з чутливим елементом:

- жорстка конструкція без опорного блоку (G);
- жорстка конструкція із зовнішнім підшипниковим блоком (JO).

Діапазон вимірювання - до 12м.

Допустимий надлишковий тиск становить 2,5 МПа.

Загальна похибка вимірювання для цифрових виходів:

- $\pm 2$  мм плюс одна одиниця найменшого розряду по довжині датчика не більше 4 м (за погодженням з виробником системи);

					<i>IA-33.180BAK.002.ПЗ</i>	Арк.
						39
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

± 4 мм плюс блок найменшого розряду для первинного перетворювача жорсткої структури з зовнішнім опорним вузлом;

- ± (4 або 10) мм плюс найменший блок вивантаження для фіксованого основного первинного перетворювача без опорного вузла.

Для аналогових (струмових) виходів значення найменшого розрядного пристрою становить 1 мм: ± 0,5% або 1,0% діапазону вимірювання для всіх версій РР. Пристрої мають продуктивність: нормальну, іскробезпечну. Джерело живлення: напруга 220 В, частота 50 Гц ± 2% або 60 Гц ± 2%.

Вихідний сигнал:

- аналог 0-5 мА або 4-20 мА;
- цифровий (інтерфейс RS-485);
- відображення рівня в метрах на цифровому дисплеї;
- Реле з програмованими параметрами для сигналізації верхнього і нижнього критичних ступенів (реле з комутаційною потужністю до 100 ВА).

## 4.2 Вибір виконавчих механізмів

### 4.2.1 Частотний перетворювач СІМР-І7

Мініатюрний контролер використовує вбудовану функцію енергозбереження, ідеальній для керування настройками вентиляторів, насосів, конвеєрних стрічок тощо. Вони мають 8 фіксованих частот, 5 цифрових входів (4 з яких є програмованими), один аналоговий вхід для налаштування швидкості (0-10В або 420 мА), один програмований аналоговий вихід (0-10 В) і програмований дискретний вихід. При установці додаткового комунікаційного модуля (RS-232 або RS-485) можна керувати ним за допомогою протоколу ModBus .

особливості:

- Діапазон потужності: 0,1 ... 4 кВт;
- Вхідна напруга: 3 фази, 380/460 В, 1 або 3 фази, 220 В;
- Вихідна частота: 0,1 ... 400 Гц;
- час розгону / гальмування: 0 ... 999 с; | від |
- Клас захисту: IP20;

					<b>ІА-33.180БАК.002.ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		40

- Діапазон робочих температур: від -10 до + 50 ° С.

#### 4.2.2 Магнітний пускач K03C-22

Магнітний пускач використовується для регулювання постійного і змінного струму. У комплект входять 2-х і 4-х ходові модулі з допоміжними контактами. Конструкція затискача контактора дозволяє швидко його встановлювати і забезпечує надійний захист від випадкового контакту.

Переваги інструменту:

- відповідає останнім вимогам до розподільних пристроїв;
- сертифіковані UL, ДСТУ;
- висока контактна стійкість;
- Висока навантажувальна здатність (висока електрична та механічна стійкість, номінальна робоча напруга до 690 В відповідно до стандартів IEC і VDE і 600 В відповідно до UL і CSA, постійний контроль струму).

технічні характеристики:

- Тип: K03S-22;
- Версія: 2 замки + 2 фіксатора;
- Номінальна напруга: 230 .. 690 В;
- Номінальний струм: 1 ... 6 А;
- Частота: 50/60 Гц.

#### 4.2.3 Терморегулятори з аналоговим управлінням АРТ-18

Регулятори температури контролюють роботу нагрівачів, систем опалення, систем гарячого водопостачання та інших пристроїв, які потребують регулювання температури.

Діапазон температур, в якому такі пристрої регулювання температури можуть працювати, залежить від типу датчика і зазвичай становить -40 ° С | ... +140 ° С

					IA-33.180БАК.002.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		41

Термостат АРТ-18 використовує вихідне реле, розраховане на 15 °, що дозволяє підключити до термостата максимальне навантаження 3 кВт.

#### 4.2.4 Сервопривід АМЕ 55 Danfoss

АМЕ 55 диск з керування аналоговим сигналом. Приводи автоматично регулюють рух їх штока до штока клапана, що зменшує час входу.

технічні характеристики:

- частота: 50/60 Гц;
- Ступінь захисту корпусу: 54 IP;
- Потужність розробки: 2000 N;
- макс. Ход: 40 мм;
- Час руху штанги: 8 с / мм;
- Вхідний сигнал 1: 0 (2) - 10 В;
- Вхідний сигнал 2: 0 (4) - 20 мА |
- Вихідний сигнал: 0 (2) - 10 В;
- ручне керування: так.

#### 4.2.5 Заслінка дросельна газова ЗДСПЭ-50

Дроселі для газу від електроприводів призначені для регулювання тиску природного газу температури від -30 до +80 ° С в системах газопостачання.

Дроселі є виконавчим органом для автоматизації регулювання витрати або тиску газу і можуть бути встановлені перед котлом, на газовій лінії і на газовій лінії перед газовою пальноюю.

Потік газу надходить за рахунок зміни площі поперечного перерізу газової лінії (ступінь відкриття клапана), яка визначається положенням диска.

Диск клапана обертається на валу, кінець якого забезпечений ущільненнями і з'єднаний з механізмом експорту.

Коли електропривод встановлений на клапані, то встановлено експортний механізм МЕО-40 / 63-0,25U.

					<b>IA-33.180БАК.002.ПЗ</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		42

технічні характеристики:

- робочий тиск | : 0.6 МПа;
  - середній в закритому стані: 0,5% від максимальних витрат;
  - установка в трубопроводі: в кожному положенні;
  - матеріал корпусу: сталь;
  - Тип електроприводу: МЕО-40 / 63-0,25у;
- Хвилювання збудження: 220 Вт;
- Споживана потужність: 70 Вт;
  - Тривалість життя: 30 років.

#### 4.2.6 Сервопривід HERZ 1 7710

HERZ 1 7710 сервопривід з управлінням дискретним сигналом. Використовується для керування запірними клапанами.

технічні характеристики:

- Тип сервоприводу: в двох положеннях;
- потенціал розвитку: 2700 Н;
- макс. Ход: 60 мм;
- час руху стрижня: 0,5 с;
- Вхідний сигнал 1: 10 В.

#### 4.3 Обґрунтування вибору мікропроцесорних засобів

Для автоматизації процесу виробництва сольових крекерів виберіть наступний мікропроцесор:

- модуль для перетворення інтерфейсів RS232 в RS485 ADAM-4520;
- 8-канальний аналоговий модуль ADAM-4017;
  - аналоговий 8-канальний вхідний модуль з можливістю підключення термопар ADAM-4018;
  - два 4-канальних модуля аналогового виходу ADAM-4024;
  - один 16-канальний цифровий вхідний модуль ADAM-4053;

					<i>IA-33.180БАК.002.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

- три дискретні 12-канальні вихідні модулі ADAM-4056SO.

#### 4.3.1 ADAM-4520

Модуль для перетворення інтерфейсів RS232 в RS485 ADAM-4520 використовується для підключення мережі контролера до COM порту комп'ютера. Цей модуль дозволяє програмувати і контролювати управління процесами за допомогою програми AdamView.

Технічні особливості модуля ADAM-4520:

- Швидкість передачі даних: 300 ~ 115200 кбіт / с;
- роз'єми (RS-485, RS-422), роз'єм DB9 (RS-232);
- Інтерфейс: RS-232 (COM);
- гальванічна розв'язка 3000 В (RS-485);
- максимальна довжина лінії зв'язку: 1200 м;

#### 4.3.2 ADAM-4018

Аналоговий 8-канальний вхідний модуль з можливістю підключення термопар ADAM-4018. Цей контролер автоматично визначає тип термопари, підключеної через конфігурацію програмного забезпечення, що дозволяє використовувати різні типи термопар. У цьому процесі температура ферментації, випікання і охолодження крекери контролюється в різних діапазонах температур з використанням термопар типу KS-2.

Технічні особливості модуля ADAM-4018:

16-бітний АЦП;

Кількість каналів: 6 диференціал, 2 однополюсні;

- налаштований тип і діапазон вводу:
- напруга в мілівольтах - +150 мВ, + 500 мВ;
- напруга у вольтах - +1 В, +5 В, +10 В;
- струм - +20 мА;

гальванічна ізоляція - 3000 Вд. дата.

					<i>IA-33.180БАК.002.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		44

### 4.3.3 ADAM-4017

8-канальний аналоговий вхід ADAM-4017. На входи модулів підключено шість аналогових датчиків: три датчика SCAMIE AG, два датчика вологості TERA DV-02, один тяговий пристрій TNM-ET 8m, один датчик рівня.

Технічні характеристики модуля ADAM-4017:

16-бітний АЦП;

Кількість каналів: 6 диференціал, 2 однополюсні;

- налаштований тип і діапазон вводу:

- напруга в мілівольтах - 150 мВ, 500 мВ;

- напруга у вольтах - 1 В, 5 В, 10 В;

- струм - 20 мА;

Гальванічна ізоляція - 5000 В пост. дата.

### 4.3.4 ADAM-4024

4-канальні модулі аналогового виходу ADAM-4024 використовуються для підключення приводів через контролери.

Технічні особливості модуля ADAM-4024: \ t

- 12-розрядний ЦАП;

- кількість каналів: 4;

- Вихідний сигнал:

- для напруги: 10 В; 150 мВ, 500 мВ;

- Струм: 0 ... 20,4 ... 20 мА.

### 4.3.5 ADAM-4053

16-канальний цифровий вхідний модуль ADAM-4053 фіксує дані з дискретного фотоприймача PD-05GM, який перевіряє стан полум'я горілки, дозатори об-

					<i>IA-33.180BAK.002.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		45

сягу та електричні контактори для зважування, реле часу та кнопки управління на екрані.

Технічні особливості модуля ADAM-4053:

- кількість каналів: 16;
- Вхідний сигнал: 0 ... 2 В, 4 ... 30 В;

Вхідний опір: 820 Ом;

- Можна підключати лічильники таймера.

#### 4.3.6 ADAM-4056SO

12-канальний цифровий вихідний модуль ADAM-4056SO використовується для підключення приводів через дискретні тригери.

Технічні особливості модуля ADAM-4056SO: \ t

- кількість каналів: 12;
- Тип виходу: відкритий колектор, 40 В / 0,2 А;
- Гальванічна ізоляція: 5000 В постійного струму.

#### 4.3.7 Блок живлення ADVANTECH PWR-243

Блок живлення використовується для живлення контролерів 24 В.

Технічні характеристики:

- вихідна напруга: +24 В постійного струму;
- Вихідний струм: 3В макс
- Вхідна напруга: 85 ... 132 В або 170 ... 264 В змінного струму;
- Вхідний струм: 1,4 А (макс.);
- Частота мережі: 47 ... 63 Гц;
- Діапазон робочих температур: 0 ... 50 ° С

					<i>IA-33.180БАК.002.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		46

## 5 РОЗРАХУНОК СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО РЕГУЛЮВАННЯ

### 5.1 Визначення передаточної функції

Наприклад, контроль температури тунельного духового газу в зоні, де випіканий крекер зможе допомогти проаналізувати нашу систему автоматичного управління. Необхідна температура в області випікання зберігається при 291оС. Аналізуючи піч, в якості об'єкта контролю можна бачити, що температура в області печива залежить від кількості газу, що горить. Отже, ми маємо замкнуту систему, вхід якої має задану температуру і її вихід - значення цієї температури. В результаті вирахування виходу, отриманого з виходу, ми згадали помилку, на яку приймається керуюче рішення про збільшення або зменшення значення керуючого сигналу до виконавчих механізмів. У нашому випадку виконавчий механізм є керуючим клапаном подачі газу, і сигнал спонукає його бути рівнем напруги регулятора, який прямо пропорційний сигналу помилки в межах управління. Розрядка, що генерується, щоб примусити поточне значення заданої потужності до результуючої помилки сигналу додаткового тиску на регулюючий клапан, що збільшує або зменшує площу поперечного перерізу впускного порту. Таким чином, на виході приводу слід необхідний ступінь витрати газу. Цей рівень є налаштуванням для управління об'єктом і в залежності від виходу встановлюється температура. Це регулювання контуру може компенсувати відхилення температури в наборі внаслідок зміни температури в поточній області пуску.

Отже, можна, виходячи з наведеної вище блок-схеми, представити схему САР (рис. 5.1).

					ІА-33.180БАК.002.ПЗ	Арк.
						47
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

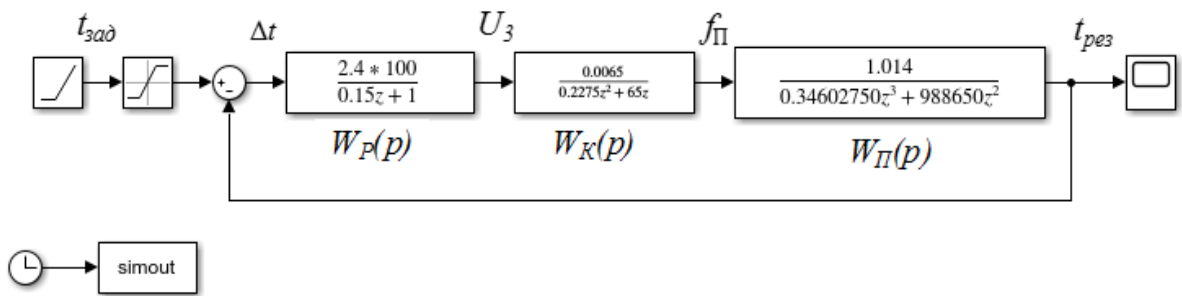


Рисунок 5.1. — Структурна схема системи автоматичного регулювання температури в зоні випікання крекери.

Тут  $t_{зад}$  – встановлена температура в зоні випікання печива;  $\Delta t$  – температура розузгодження;  $U_3$  – контрольний сигнал;  $f_{П}$  – отриманий потік газу;  $t_{рез}$  – отримане значення температури в зоні випікання випічки;  $W_P(p)$  – передатна функція регулюючого органу;  $W_K(p)$  – передатна функція клапана;  $W_{П}(p)$  – передаточна функція печі по газу.

Розглянемо елементи структурної схеми окремо:

#### Регулятор

Сигнал на клапані прямо пропорційний величині відхилення:

$$U_3 = k_p \cdot \Delta t ,$$

де  $k_p$  – залежність керуючого сигналу від різниці заданої і прийнятої потужності.

Позначивши  $k_p$  через  $k_1$  та шляхом підгонки зображення вихідного сигналу Лапласа до зображення вхідного сигналу Лапласа отримуємо передавальну функцію керування мембраною у вигляді пропорційної ланки:

$$W_P(p) = \frac{U(p)}{T(p)} = k_1. \quad (5.1)$$

#### Регулюючий клапан.

					IA-33.180БАК.002.ПЗ	Арк.
						48
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Вхідним параметром дросельної заслінки є рівень сигналу регулювання, вихід - кількість газу. Керуючий клапан як елемент схеми для обчислення коефіцієнта САР описується рівняннями виду:

$$\begin{cases} T_1 \frac{dS}{dt} + S = K_S \cdot U_3 \\ T_2 \frac{df_k}{dt} + f_k = K_f \cdot S \end{cases},$$

де  $S$  – площа поперечного перерізу проточного каналу,  $K_S$  – коефіцієнт залежності площі поперечного перерізу каналу потоку від сигналу регулювання,  $T_1$  – час реакції площі поперечного перерізу каналу на зміну сигналу призначення,  $f_k$  – кількість газу через канал потоку,  $K_f$  – коефіцієнт залежності витрати газу від площі поперечного перерізу проточного каналу,  $T_2$  – час реакції витрат на зміну площі поперечного перерізу каналу.

На основі даної рівності після перевизначення  $K_S \cdot K_f = k_2$ , записують передавальну функцію дросельного елемента, приймаючи зображення вихідного сигналу Лапласа (площа ділянки каналу потоку) до зображення вхідного сигналу Лапласа (значення передачі вала):

$$W_K(p) = \frac{F(p)}{U(p)} = \frac{k_2}{(T_1 p + 1)(T_2 p + 1)} \quad (5.2)$$

Тунельна газова піч.

Тунельна газова піч в цьому випадку є контрольованим об'єктом. У цьому випадку температура в зоні випічки бісквіта в сталому режимі прямо пропорційна споживанню газу і повинна враховувати інерцію системи в динамічному режимі:

$$T_T \frac{dT}{dt} + T = k_T \cdot f_I,$$

де  $T_T$  – час температури в області випічки крекери на кількість газу;  $k_T$  – коефіцієнт температурної залежності в області випічки від кількості газу в стаціонарному стані.

Перепишучи  $k_T = k_3$ ,  $T_T = T_3$  і відношення зображення-лапласа до зображення вихідного сигналу до зображення через Лапласа вхідного сигналу, отримуємо передавальну функцію у вигляді:

					<b>IA-33.180БАК.002.ПЗ</b>	Арк.
						49
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$W_p(p) = \frac{T(p)}{F(p)} = \frac{k_3}{T_3 p + 1} \quad (5.3)$$

Враховуючи знайдені умови для визначення передатних функцій, визначимо відкриту передатну функцію автоматичного регулювання температури в зоні випічки крекери. Після заміни  $k_0 = k_1 \cdot k_2 \cdot k_3$  ми отримуємо відкриту передавальну функцію у вигляді:

$$W(p) = \frac{k_0}{(T_1 p + 1)(T_2 p + 1)(T_3 p + 1)} \quad (5.4)$$

або

$$W(p) = \frac{k_0}{T_{30} p^3 + T_{20} p^2 + T_{10} p + 1}$$

$$T_{30} = T_1 T_2 T_3;$$

$$T_{20} = T_1 T_2 + T_1 T_3 + T_2 T_3;$$

$$T_{10} = T_1 + T_2 + T_3.$$

Передавальна функція замкнутої системи для структурованого контуру зворотного зв'язку (рис. 5.1) записується наступним чином

$$W_z(p) = \frac{W_p(p)}{1 + W_p(p) \cdot W_{zz}(p)}$$

Тут  $W_p(p)$  – передатна функція відкритої АСР,  $W_{zz}(p)$  – передатна функція зв'язку зворотного зв'язку. Якщо використати значення передавальної функції зв'язку зворотного зв'язку у цьому виразі (5.4), то отримаємо передавальну функцію закритого АСР:

$$W_c(p) = \frac{k_0}{(T_1 p + 1)(T_2 p + 1)(T_3 p + 1) + k_0} \quad (5.5)$$

Узагальнюємо параметри розрахунку системи автоматичного керування в Таблиці 5.1.

					<b>IA-33.180БАК.002.ПЗ</b>	Арк.
						50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 5.1– Дані для розрахунку автоматичної системи керування

Назва параметру	Позначення параметру	Значення параметру
Пропорційний регулятор		
Коефіцієнт перетворення розузгодження температури в сигнал керування	$K_p$	0,065В/ °C
Регулюючий клапан		
Коефіцієнт залежності площі поперечного перерізу витратного каналу від сигналу керування	$K_S$	$4,0 \cdot 10^{-4}$ м <sup>2</sup> /В
Стала часу реакції площі поперечного перерізу витратної магістралі на зміну сигналу керування	$T_S$	0,15 с
Коефіцієнт залежності кількості газу від площі поперечного перерізу витратної магістралі	$K_f$	14 м/с
Стала часу реакції кількості газу на зміну площі поперечного перерізу витратного каналу	$T_f$	0,26 с
Тунельна газова піч		
Стала часу реакції температури в зоні випікання печива на зміну кількості газу	$T_N$	3,5 с
Коефіцієнт залежності температури в зоні випікання печива від кількості газу	$k_N$	$2,4 \cdot 10^2$ °C ·с/м <sup>3</sup>

З отриманих значень обчислюють коефіцієнти і час передачі функцій автоматичного керування:

$$k_0 = 1,014;$$

$$k_1 = 0,65;$$

$$k_2 = 0,0065;$$

$$k_3 = 2,4 \cdot 10^2;$$

$$T_1 = 0,035;$$

						Арк.
						51
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	IA-33.180БАК.002.ПЗ	

$$T_2 = 0,65;$$

$$T_3 = 0,15;$$

$$T_{10} = 0,25;$$

$$T_{20} = 0,13;$$

$$T_{30} = 0,0034125.$$

## 5.2 Визначення стійкості системи згідно критерію Найквіста

Метод стабілізації автоматичної стабільності Найквіста є одним з частотних методів. Це дає змогу визначити стійкість замкнутої системи, використовуючи амплітудно-фазову характеристику відкритої системи. Метод детермінації залежить від того, чи є АСР стабільним при відкритті.

Визначити стабільність АСР у відкритій формі. Для цього використовуємо метод Гурвіца, один з алгебраїчних методів.

Для цього встановлюємо знаменник (5.4) до нуля:

$$T_{30}p^3 + T_{20}p^2 + T_{10}p + 1 = 0$$

Відповідно до критерію стабільності АСР для Гурвіца:

необхідна і достатня умова стійкості при  $a_0 > 0$  є додатність всіх часткових детермінант матриці Гурвіца.

Матриця Гурвіца для рівняння форми  $a_0p^n + a_1p^{n-1} + \dots + a_{n-1}p + a_n = 0$  записується у вигляді:

$$\begin{vmatrix} a_1 & a_3 & a_5 & a_7 & \dots & 0 \\ a_0 & a_2 & a_4 & a_6 & \dots & 0 \\ 0 & a_1 & a_3 & a_5 & \dots & 0 \\ 0 & a_0 & a_2 & a_4 & \dots & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 0 & 0 & 0 & 0 & \dots & a_n \end{vmatrix}$$

Для нашого випадку  $a_0 = T_{30}, a_1 = T_{20}, a_2 = T_{10}, a_3 = 1$ . Тому матриця Гурвіца для розглянутого випадку ( $n = 3$ ) записується у такому вигляді:

$$\begin{vmatrix} T_{20} & 1 & 0 \\ T_{30} & T_{10} & 0 \\ 0 & T_{20} & 1 \end{vmatrix}$$

Значення коефіцієнтів  $T_{i0}$  обчислюються в п.5.1.

Проаналізуємо матрицю Гурвіца за критерієм:

$$a_0 = T_{30} > 0;$$

$$\Delta_1 = a_1 = T_{20} > 0;$$

$$\Delta_2 = \Delta_1 a_2 = \Delta_1 \cdot T_{10} > 0.$$

З того факту, що всі часткові детермінанти є позитивними, ми робимо висновок, що система є стабільною у відкритій формі.

Оскільки АСР є безстроковим, формулювання методу Найквіста виглядає так:

АСР треба бути стабільним у відкритому стані і бути стабільним при закритті, це необхідно і достатньо для АСР відкритої системи  $W(j\omega)$  при зміні  $\omega$  від 0 до  $\infty$  не охоплює координатну точку  $(-1; j0)$ .

Характеристичне рівняння для відкритого АСР має вигляд:

$$D_p(p) = (T_1 p + 1)(T_2 p + 1)(T_3 p + 1)$$

Через заміну  $p \rightarrow j\omega$  приведемо передавальну функцію відкритої системи у форму  $W(j\omega) = U(\omega) + jV(\omega)$ . Тоді, виходячи із (5.4) маємо:

$$W(j\omega) = \frac{k_0}{-jT_{30}\omega^3 - T_{20}\omega^2 + jT_{10}\omega + 1}$$

Групуємо елементи реальної та уявної частин:

$$W(j\omega) = \frac{k_0 + j0}{(-T_{20}\omega^2 + 1) + j(-T_{30}\omega^3 + T_{10}\omega)}$$

Тому що за схемою типових перетворень, якщо  $W(j\omega) = \frac{C(\omega) + jD(\omega)}{E(\omega) + jF(\omega)}$ , то реальні і уявні частини  $W(j\omega)$  визначаються як

$$U(\omega) = \frac{C(\omega) \cdot E(\omega) + D(\omega) \cdot F(\omega)}{E^2(\omega) + F^2(\omega)}$$

$$V(\omega) = \frac{D(\omega) \cdot E(\omega) - C(\omega) \cdot F(\omega)}{E^2(\omega) + F^2(\omega)}$$

У нашому випадку ми маємо це

$$C(\omega) = k_0;$$

$$D(\omega) = 0;$$

$$E(\omega) = -T_{20}\omega^2 + 1;$$

$$F(\omega) = -T_{30}\omega^3 + T_{10}\omega.$$

Подивимося так, щоб створити АФХ  $W(j\omega) = A(\omega) \cdot e^{j\varphi(\omega)}$ . Для цього запишемо формули перетворення для визначення  $A(\omega)$  та  $\varphi(\omega)$ :

$$A(\omega) = \sqrt{U^2(\omega) + V^2(\omega)};$$

$$\varphi(\omega) = \text{arctg} \frac{V(\omega)}{U(\omega)}.$$

Замінивши значення для всіх параметрів АСР і змінюючи значення  $\omega$  від 0 до  $\infty$  ми отримуємо АФХ відкритої системи (Рисунок 5.2)

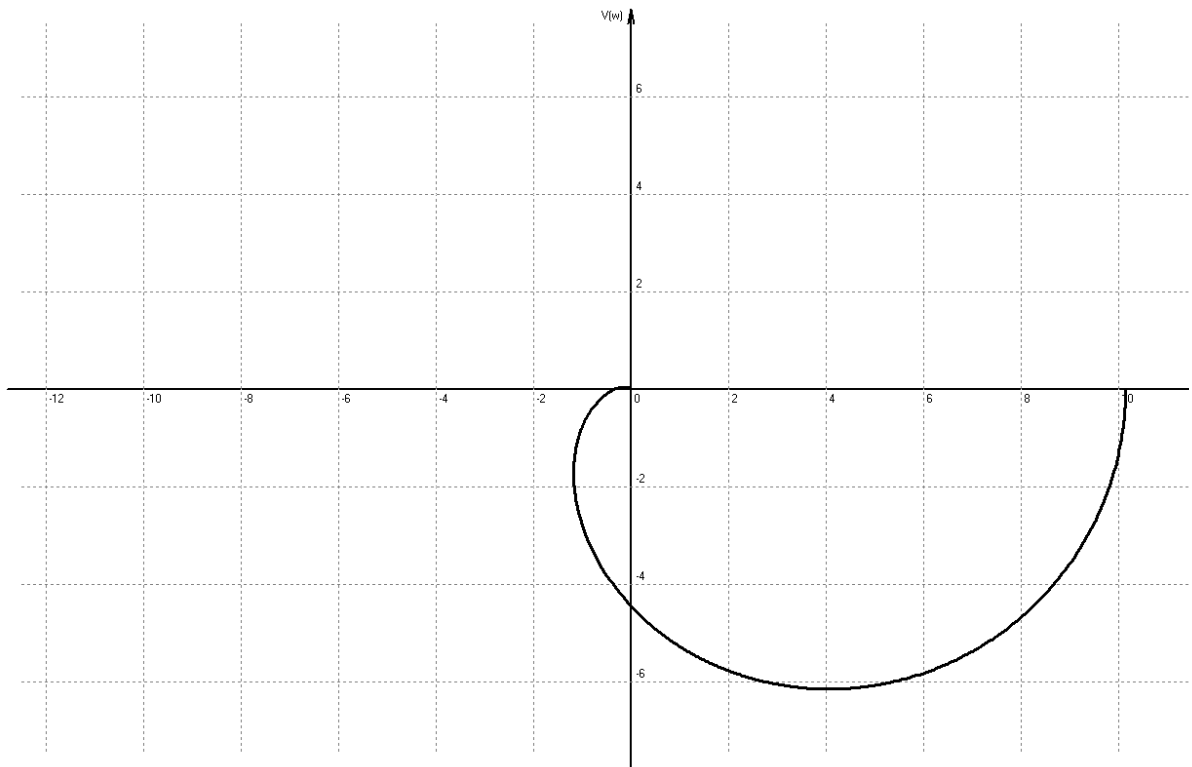


Рисунок 5.2. — Амплітудно-фазова характеристика САР

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

З форми AFS на рисунку 5.2 ми робимо висновок, що ця система автоматичного керування є стабільною, коли вона закрита, оскільки вона не охоплює точку  $(-1;j0)$ .

### 5.3 Визначення стійкості за критерієм Михайлова

Критерій Михайлова формулюється таким чином:

Для стабільної АСР необхідно і достатньо, щоб годограф починав з неї  $\omega = 0$ . Якщо напіввисота позитивна, вона буде обведена зі збільшенням у позитивному напрямку (проти годинникової стрілки)  $\omega$  від 0 до  $\infty$   $n$  квадрантів, де  $n$  – ступінь характеристичного поліному.

З (5.5) пишемо характеристичний вираз замкнутої системи:

$$D_{\zeta}(p) = T_{30}p^3 + T_{20}p^2 + T_{10}p + 1 + k_0$$

Ми перейдемо на перехід до частотної області шляхом заміни  $p \rightarrow j\omega$ . Після видалення дійсних і уявних частин полінома ми отримуємо характеристичний поліном  $D_{\zeta}(p) = (-T_{20}\omega^2 + 1 + k_0) + j(-T_{30}\omega^3 + T_{10}\omega)$ .

Позначає дійсну частину характеристичного полінома  $U(\omega)$  і уявну – через  $V(\omega)$  та змінюючи  $\omega$  від 0 до  $\infty$  ми конструюємо годографа Михайлова на інтегрованому рівні (Рисунок 5.3).

					<b>IA-33.180БАК.002.ПЗ</b>	Арк.
						55
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

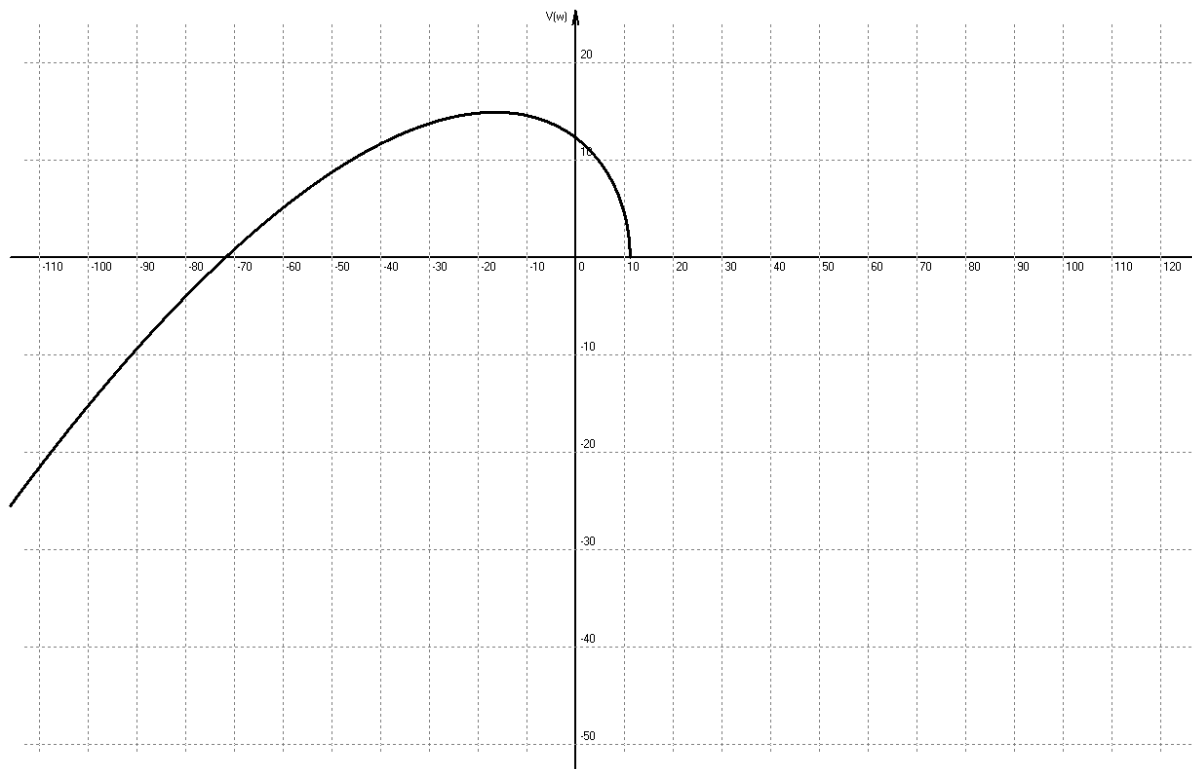


Рисунок 5.3. — Годограф Михайлова

З отриманого годографу Михайлова можна зробити висновок, що АСР є стабільним, оскільки годограф проходить через 3 квадранти зі ступенем характеристичного многочлена трьох. З подальшим збільшенням  $\omega$  дійсна частина прямує до  $-\infty$ , і уявна також до  $-\infty$ .

#### 5.4 Побудова логарифмічних характеристик

Для побудови логарифмічної амплітудно-частотної характеристики (ЛАХ) і логарифмічної фазочастотної характеристики (ЛФХ) ми знову записуємо передавальну функцію відкритої системи:

$$W(p) = \frac{k_0}{(T_1 p + 1)(T_2 p + 1)(T_3 p + 1)}$$

Виконаємо заміну  $p \rightarrow j\omega$  :

$$W(j\omega) = \frac{k_0}{(T_1 \cdot j\omega + 1) \cdot (T_2 \cdot j\omega + 1) \cdot (T_3 \cdot j\omega + 1)} \quad (5.6)$$

Запишемо значення модуля  $W(j\omega)$  :

$$A(\omega) = |W(j\omega)| = \frac{k_0}{\sqrt{T_1^2\omega + 1} \cdot \sqrt{T_2^2\omega + 1} \cdot \sqrt{T_3^2\omega + 1}}$$

З цього виразу ми пишемо ЛАХ системи на основі умови  $L(\omega) = 20\lg A(\omega)$  :

$$L(\omega) = 20\lg k_0 - 20\lg \sqrt{T_1^2\omega + 1} - 20\lg \sqrt{T_2^2\omega + 1} - 20\lg \sqrt{T_3^2\omega + 1}$$

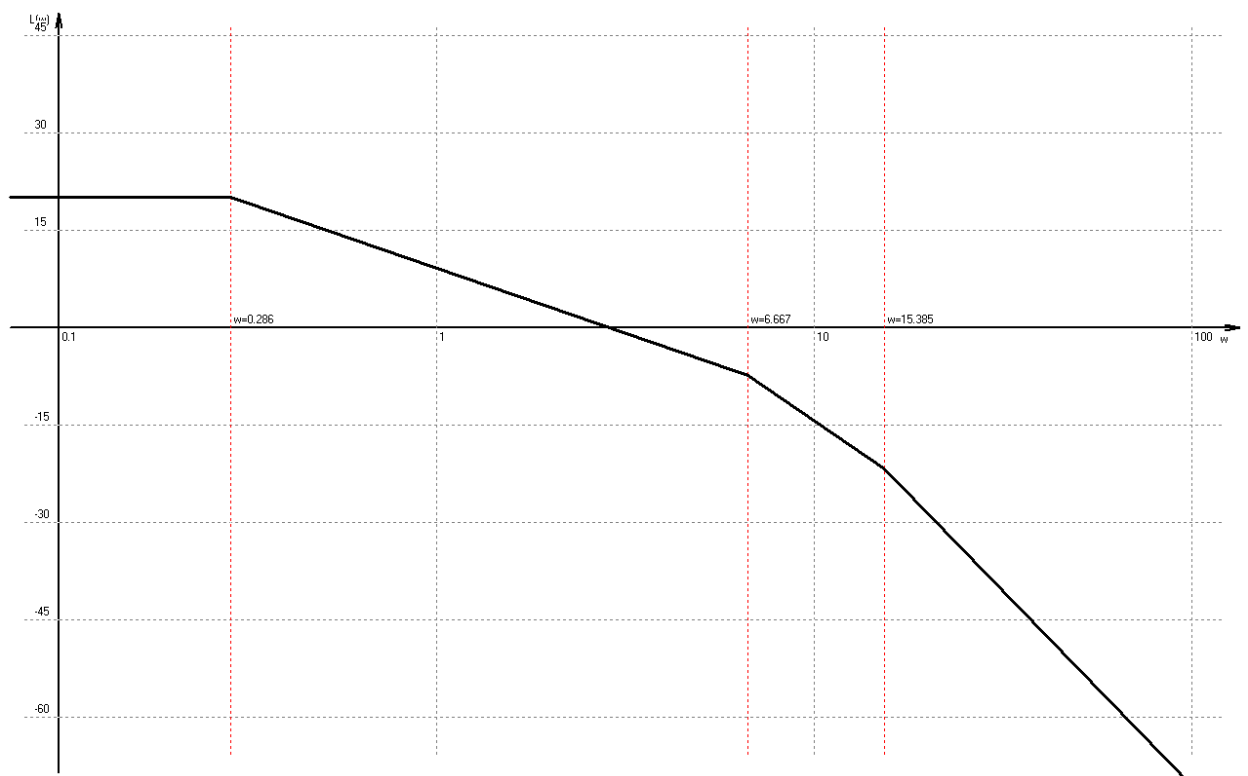
Визначимо частоти зрізу ЛАХ:

$$\omega = \frac{1}{T_1} = 0,286 \text{сек},$$

$$\omega = \frac{1}{T_2} = 6,667 \text{сек},$$

$$\omega = \frac{1}{T_3} = 15,385 \text{сек}$$

При створенні ЛАХ ми спочатку застосовуємо пряме значення  $L(\omega) = 20\lg k_0 = 20$  і так як розглянута АСР не є статичною, ЛАХ має початковий нахил 0 дБ / дек, і відтепер він змінить нахил у конструкції з частотами відсічення, оскільки немає позитивних скорочень ЛАХ при -20 дБ / дек  $\omega_1, \omega_2$ . Згідно з наведеними вище твердженнями, ми будемо ЛАХ в логарифмічній системі координат (Рисунок 5.4).



Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

ІА-33.180БАК.002.ПЗ

Арк.

57

Рисунок 5.4. — Логарифмічна амплітудно-частотна характеристика САР

Для передачі характерний відкритий тип АСР  $W(j\omega) = \prod_{i=1}^n W_i(j\omega)$  після запису

у вигляді  $W(j\omega) = \prod_{i=1}^n A_i(j\omega)e^{j\varphi_i(\omega)}$  вираз ЛФХ має вигляд:

$$\ln [e^{j\varphi(\omega)}] = \sum_{i=1}^n \varphi_i(\omega)$$

Таким чином, сумарна ЛФХ є сумою ЛФХ елементів. Тобто, щоб сформува-ти загальну ЛФХ, достатньо окремо сформувати ЛФХ окремих одиниць, а потім групувати їх разом. Розділіть (5.6) на окремі прості компоненти:

$$W(j\omega) = k_0 \cdot \frac{1}{T_1 \cdot j\omega + 1} \cdot \frac{1}{T_2 \cdot j\omega + 1} \cdot \frac{1}{T_3 \cdot j\omega + 1}$$

З отриманих продуктів створюється система рівнянь для визначення ЛФХ:

$$\begin{cases} \varphi_0(\omega) = \arctg \frac{0}{k_0} = 0 \\ \varphi_1(\omega) = -\arctg T_1 \omega \\ \varphi_2(\omega) = -\arctg T_2 \omega \\ \varphi_3(\omega) = -\arctg T_3 \omega \end{cases}$$

Змінюючи  $\omega$  від 0 до  $\infty$  Побудовано частковий ЛФХ в логарифмічній систе-мі координат. Після виконання алгебраїчного підсумовування окремих ЛФХ ми отримуємо загальну ЛФХ системи з відкритим циклом (рис. 5.5).

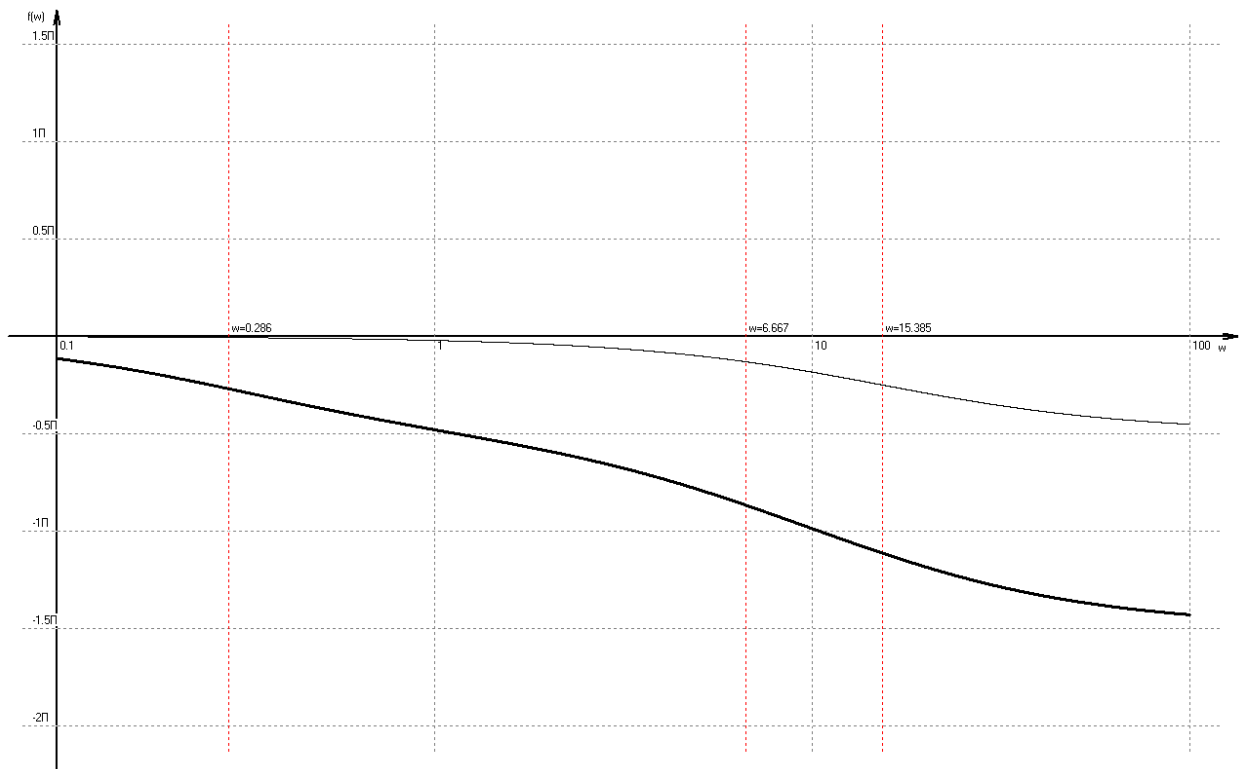


Рисунок 5.5. — Логарифмічна фазо-частотна характеристика САР

Тому що при цьому значення  $\omega$  ( $\omega=\infty$ ), при якому ЛФХ досягає значення  $-\pi$  ЛАЧХ має від'ємне значення, але ми можемо підтвердити висновок п.5.2 і п.5.3, який АСР вважається стабільною.

### 5.5 Побудова перехідного процесу

Вивчимо перехідну реакцію САК із замкнутим контуром (рис. 5.1) у відповідь на одну функцію керування  $g(t)=p_{зад}(e)=l(e)$ . Для цього використовуємо метод одиночної трапецієподібної і трикутної. Згідно з цим алгоритмом цього методу, будемо залежність дійсної частини  $U_3(\omega)$  амплітудно-фазової частотної характеристики від частот  $\omega$ .

Амплітудно-фазову частотну характеристику з (5.5) отримують шляхом заміщення  $p \rightarrow j\omega$  у вигляді

$$W_3(j\omega) = \frac{k_0}{-jT_{30}\omega^3 - T_{20}\omega^2 + jT_{10}\omega + 1 + k_0}$$

Групуючи реальну і уявну частини в знаменнику, отримуємо амплітудно-фазову частотну характеристику замкнутої системи у вигляді

$$W_3(j\omega) = \frac{k_0 + j0}{(-T_{20}\omega^2 + 1 + k_0) + j(-T_{30}\omega^3 + T_{10}\omega)}$$

Тому що за схемою типових перетворень, якщо  $W_3(j\omega) = \frac{C(\omega) + jD(\omega)}{E(\omega) + jF(\omega)}$ , то реальні і уявні частини  $W_3(j\omega)$  визначаються як

$$U_3(\omega) = \frac{C(\omega) \cdot E(\omega) + D(\omega) \cdot F(\omega)}{E^2(\omega) + F^2(\omega)}$$

$$V_3(\omega) = \frac{D(\omega) \cdot E(\omega) - C(\omega) \cdot F(\omega)}{E^2(\omega) + F^2(\omega)}$$

У нашому випадку ми маємо це

$$C(\omega) = k_0;$$

$$D(\omega) = 0;$$

$$E(\omega) = -T_{20}\omega^2 + 1 + k_0;$$

$$F(\omega) = -T_{30}\omega^3 + T_{10}\omega.$$

Таким чином, фактична частина амплітудно-фазової характеристики частоти виглядає

$$U_3(\omega) = \frac{k_0 \cdot (-T_{20}\omega^2 + 1 + k_0)}{(-T_{20}\omega^2 + 1 + k_0)^2 + (-T_{30}\omega^3 + T_{10}\omega)^2}$$

Змінюючи  $\omega$  від 0 до  $\omega_c$ , де  $\omega_c$  – межа діапазону основних частот (тобто тих,

для яких виконується умова  $\left| \frac{U_3(0)}{U_3(\omega)} \right| \geq 10$ ), отримуємо характеристику  $U_3(\omega)$  (рисунок 5.6). Межа діапазону основних частот у нашому випадку однакова  $37 \text{ с}^{-1}$ .

					<b>IA-33.180БАК.002.ПЗ</b>	Арк.
						60
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

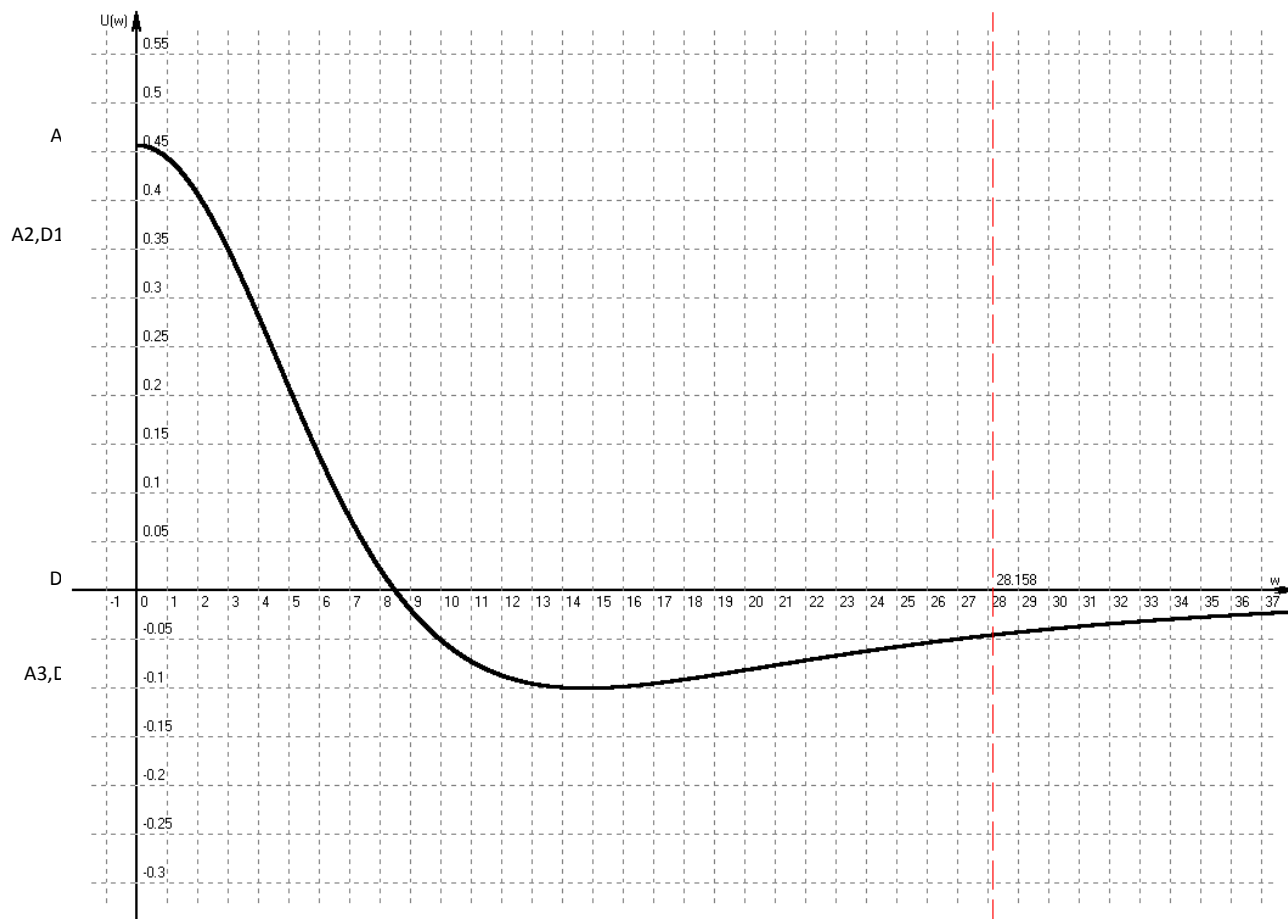


Рисунок 5.6. — Дійсна частина амплітудно-фазової частотної характеристики САК  $U_3(\omega)$

Отримана характеристика апроксимується еквівалентними числами  $H(\omega)$ . У нашому випадку це набір з трьох трапецій (Рисунок 5.7):

- N1 –  $A_1B_1C_1D_1$ ;
- N2 –  $A_2B_2C_2D_2$ ;
- N3 –  $A_3B_3C_3D_3$ .

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

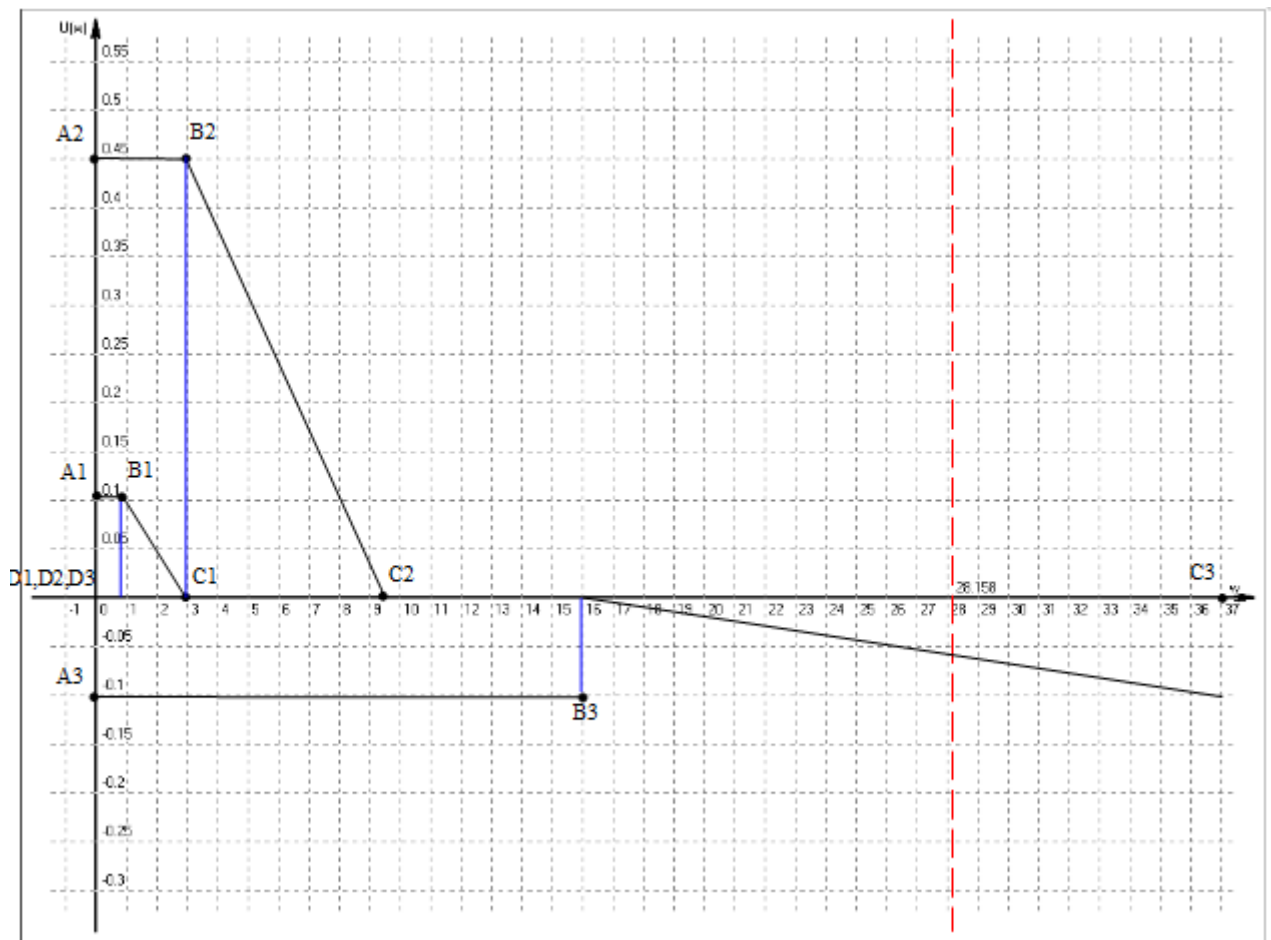


Рисунок 5.7. — Апроксимуючі еквівалентні трапеції

З Рисунок 5.7 визначаємо висоти  $H_i$  та нахили сторін трапецій  $v_i$ :

$$N1: H_1=0,1; \omega_{1p}=3; \omega_{1o}=1; v_1=0,333;$$

$$N2: H_2=0,45; \omega_{2p}=9,5; \omega_{2o}=3; v_2=0,316;$$

$$N3: H_3=-0,1; \omega_{3p}=37; \omega_{3o}=16; v_3=0,432.$$

Приймаючи значення реального часу  $t$  від 0 до 0,7 с, для кожної трапеції визначається відповідне значення часу таблиці  $\tau_x = \omega_{ip} t_x$ . Якщо вибрані значення для кожної часової точки підсумовуються для всіх апроксимуючих трапецій, то отримують ординати перехідної функції  $h(t)$ . Групуючи точки, знайдені на графіку, ми отримуємо функцію графіка процесу переходу у відповідь на одну ключову дію (Рисунок 5.8).

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

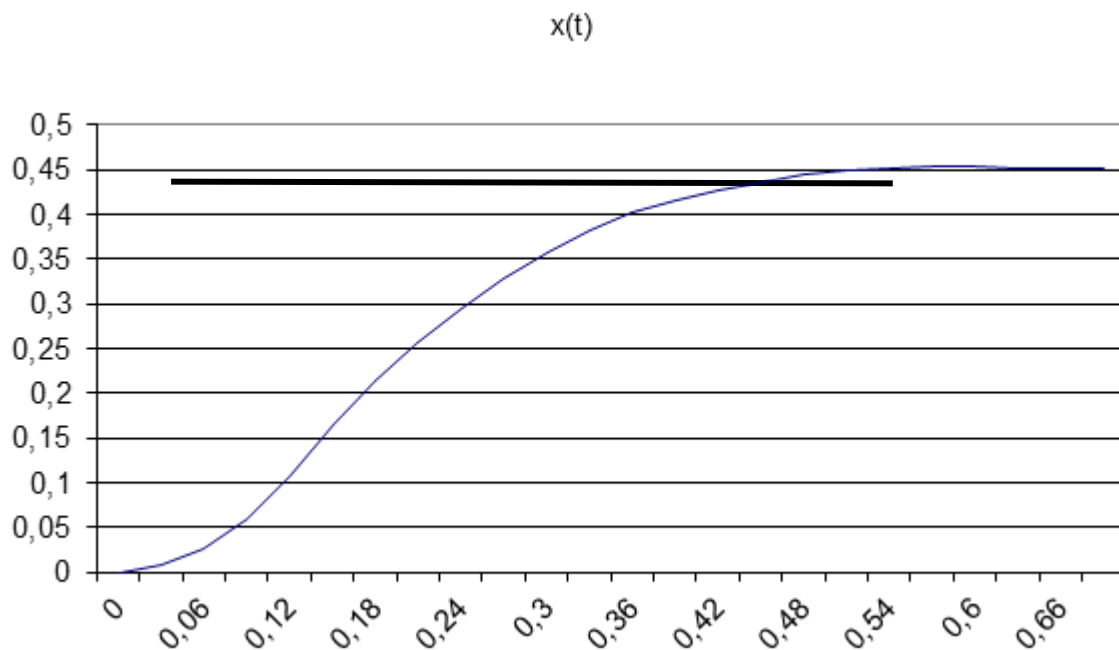


Рисунок 5.8. — Перехідний процес САК

Проаналізуємо отриману перехідну характеристику. На рис. 5.8 можна визначити основні показники якості:

$$\sigma = \frac{h_{\max} - h_{\text{ст.}}}{h_{\text{ст.}}} \cdot 100\% = 0\%$$

- 1) перерегулювання системи . Виходячи з цього, ми робимо висновок, що не потрібно використовувати регуляторні органи для зменшення надмірного регулювання, оскільки це значення менше 18%.
- 2) час регулювання складає 0,65 с;

### 5.6 Моделювання процесу у MATLAB/Simulink

Побудуємо математичну модель нашої системи в середовищі MATLAB/Simulink та розглянемо її роботу з різними регуляторами.

Розглянемо ПІ-регулятор.

На Рисунок 5.9. побудована схема моделі контролю температури без і з регулятором.

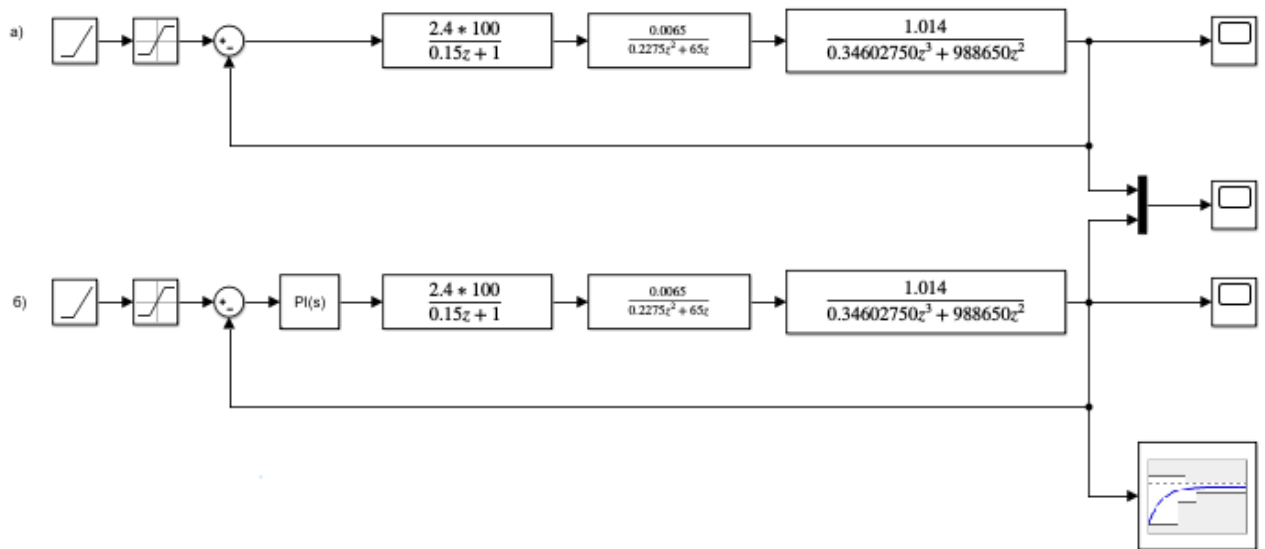


Рисунок 5.9. — Модель регулювання без (а) та з ПІ-регулятором (б)

На Рисунку 5.10. показано вибір оптимальних параметрів Р-контролера.

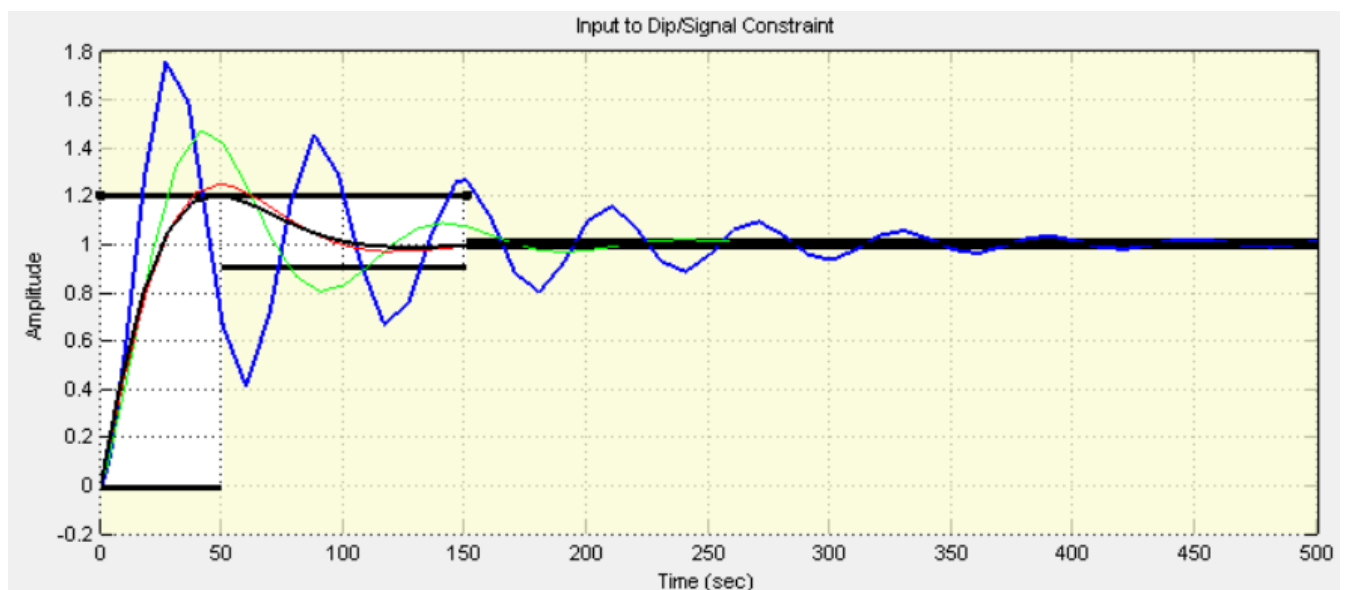


Рисунок 5.10. — Процес підбору оптимальних параметрів ПІ-регулятора

Підібрані параметри регулятора за допомогою Signal Constraint:

$$K_p = 1.1396;$$

$$K_i = 0.1188.$$

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

На Рисунку 5.11. показані передавальні характеристики без і з ПІ-контролером, а також керуючий ефект контролера. Графік показує надмірне регулювання.

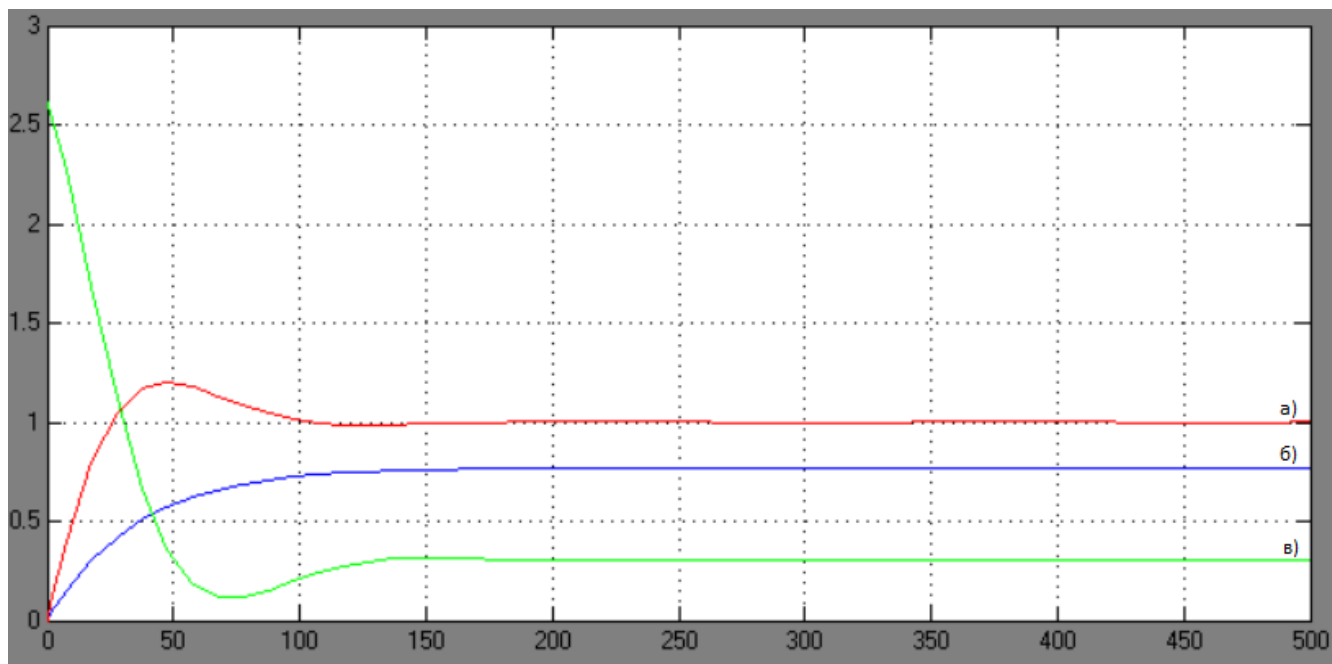


Рисунок 5.11. — Графік перехідної характеристики передавальної функції а) з ПІ регулятором; б) без регулятора; в) керуючий вплив регулятора.

На Рисунку 5.12. відображається час встановлення характеристичної кривої без і з РІ-контролером.

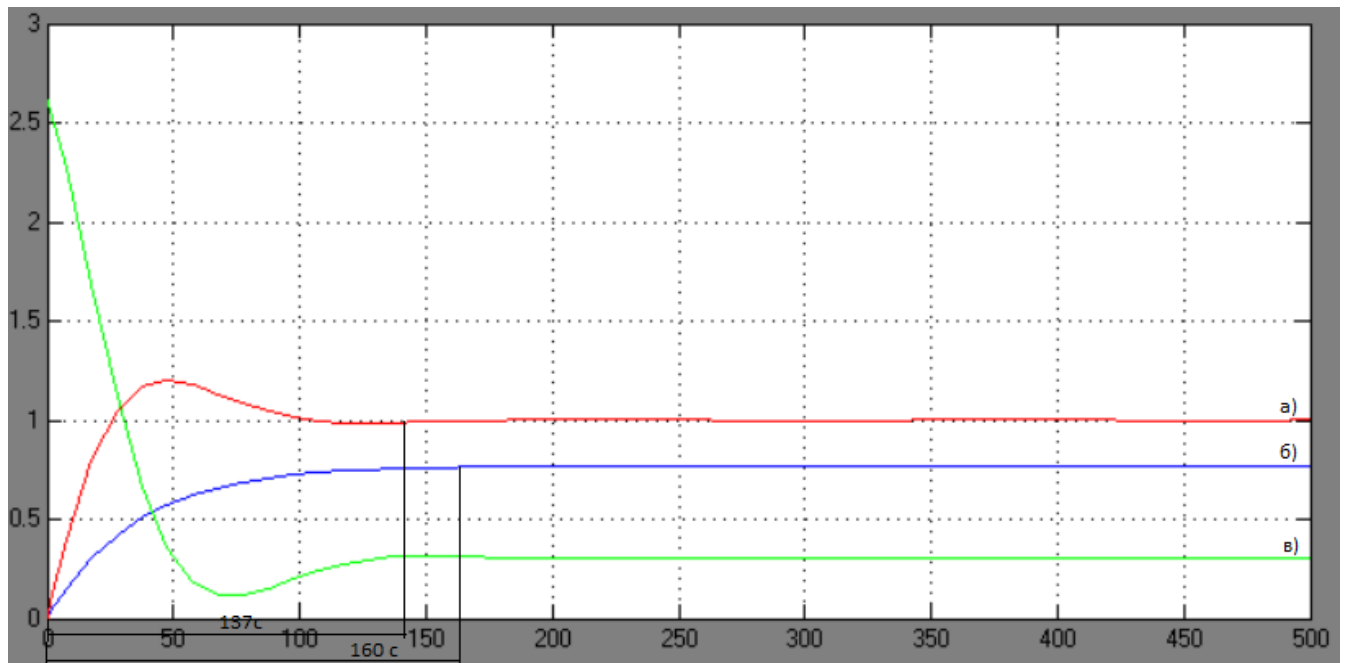


Рисунок 5.12. — Час встановлення перехідної характеристики передавальної функції без та з ПІ-регулятором.

Ми бачимо, що час для встановлення функції без контролера становить 160 секунд, а контролер ПІ - 137 секунд.

Розглянемо ПІ-регулятор.

На Рисунку 5.13. побудована схема моделі контролю температури без і з регулятором.

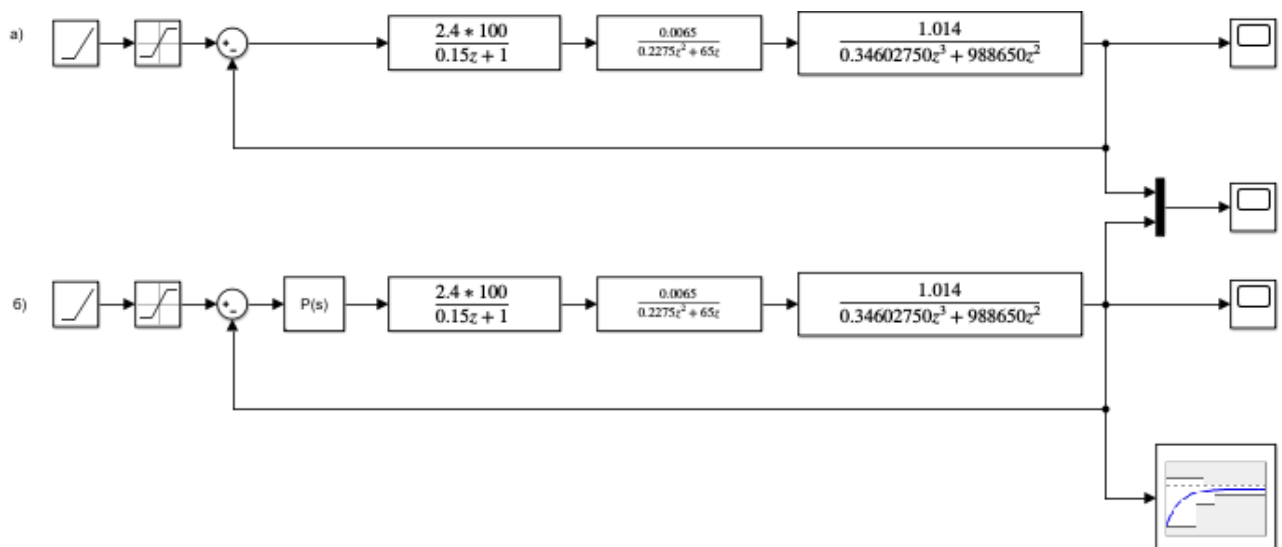


Рисунок 5.13. — Модель регулювання без (а) та з ПІ-регулятором (б)

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

На Рисунку 5.14. показаний процес вибору оптимальних параметрів ПД-контролера.

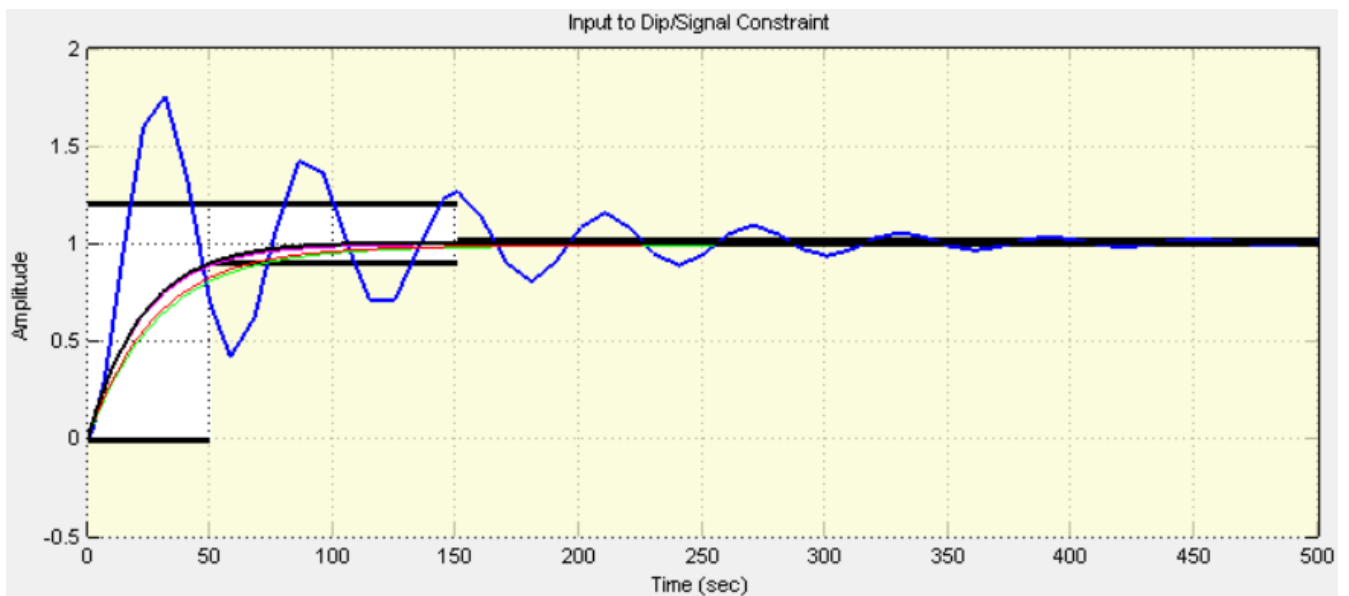


Рисунок 5.14. — Процес підбору оптимальних параметрів П-регулятора

Підібрані параметри регулятора за допомогою Signal Constraint:

$$K_p = 1.4152;$$

На Рисунку 5.15. показана схема передачі з і без Р-контролера, а також керуючий ефект контролера.

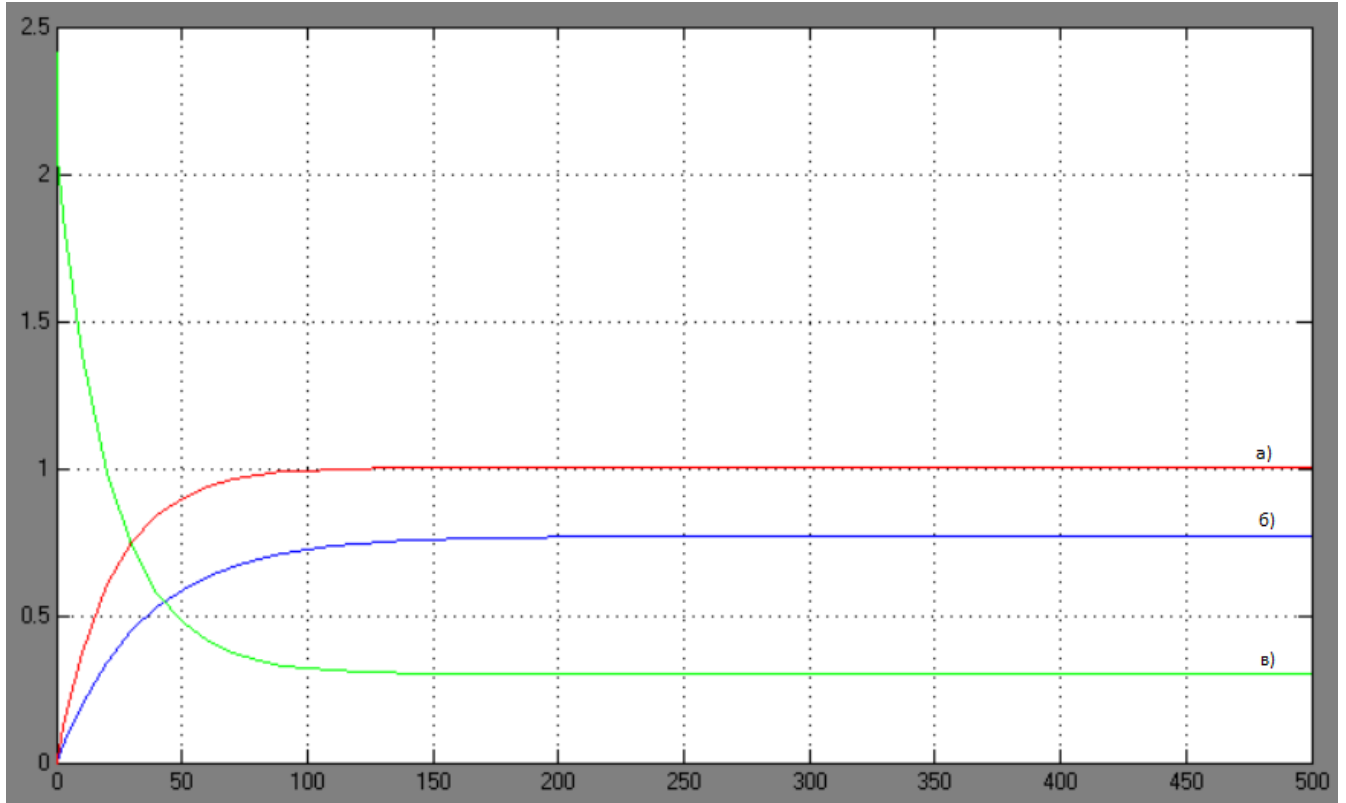


Рисунок 5.15. — Графік перехідної характеристики передавальної функції а) з П регулятором; б) без регулятора; в) керуючий вплив регулятора.

На Рисунку 5.16. зображено характеристики без та з ПД-регулятором.

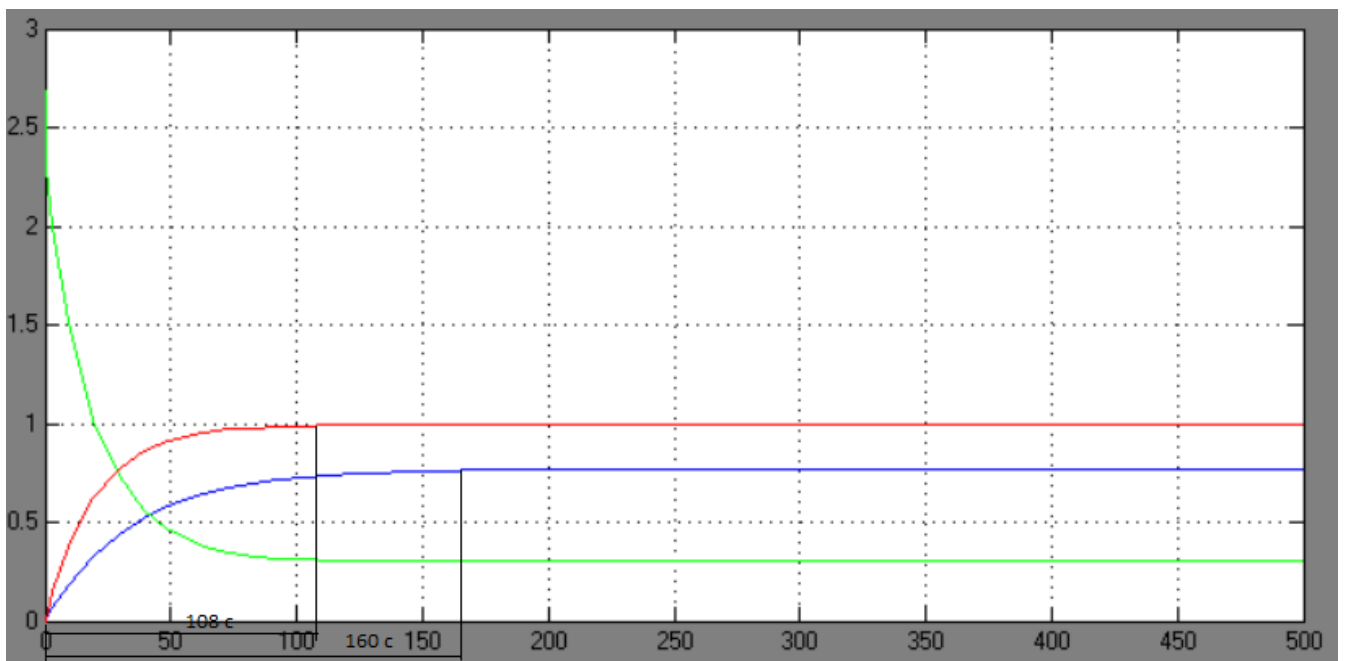


Рисунок 5.16. — Час встановлення перехідної характеристики передавальної функції без та з П-регулятором.

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Ми знаходимо, що час для встановлення функції за допомогою П-регулятора становить 108 секунд.

У цьому випадку П-регулятор є найбільш підходящим, тому що надмірне регулювання спостерігається на блок-схемі передавальної функції з ПІ регулятором. Крім того, час встановлення перехідної характеристики з ПІ регулятором набагато довше, ніж з П регулятором.

					<i>IA-33.180БАК.002.ПЗ</i>	Арк.
						69
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 6 ОПИС ПРИНЦИПОВИХ СХЕМ АВТОМАТИЗАЦІЇ

На структурній схемі показано підключення модулів.

Модулі підключені до загального джерела живлення БЖ 24В/3А PWR-243 від фірми ADVANTECH на 10...30 В живлення постійного струму через мережу 85...132 В або 170...264 В змінного струму. Регулятори з'єднані паралельно, що забезпечує постійне живлення +10В. Перемикання модулів проходить через інтерфейс RS485.

Програмування здійснюється через інтерфейс RS232, який перетворюється в RS485 за допомогою модуля ADAM-4520.

Термоперетворювачі підключаються до модуля ADAM-4018 у дуплексному режимі (паралельне з'єднання). Термопари TE6-1, TE8-1, TE18-1, TE26-1, TE33-1 під'єднані відповідно на Vin 0, Vin 1, Vin 2, Vin 3, Vin 4 входи модуля. Важливо правильно підключити клеми термопари до вхідних клем. - + застосовується до +, - до -.

На входи модуля ADAM-4017 підключені дві провідні схеми:

Масові датчики:

WE15-1 – Vin 0;

WE20-1 – Vin 1;

WE35-1 – Vin 2;

датчики вологості:

ME19-1 – Vin 3;

ME32-1 – Vin 4;

датчик тиску:

PE25-1 – Vin 5;

датчик рівня:

LE7-1 – Vin 6.

Приводи змінної швидкості підключені до аналогових виходів (I) і модулів напруги (V) ADAM-4024:

перший контролер:

Управління клапанів:

					IA-33.180БАК.002.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		70

NS6-4 - I0 (регулювання температури в баку 9);

NS19-3 - I1 (контроль вологості в ферментаційному апараті 23);

NS30-1 - I2 (подача газу в піч 36);

NS33-3 - I3 (контроль вологості в духовці 36);

другий контролер:

керування калорифером:

NS18-6 - I0 (регулювання температури в пристрої 23);

частотні перетворювачі:

NS25-4 - V1 (повітродувка у випускній трубі печі 36);

NS31-1 - V2 (сліпий контроль в печі);

NS33-4 - V3 (тунельний вентилятор 42);

Дискретні датчики підключаються за одноконтурною схемою - одна для виходу модуля, інша - для блоку живлення - до модуля ADAM-4053. Елементи FE1-1, FE2-1, FE4-1, FE12-1, WE3-1, WE5-1, WE8-1, HS13-2, HS14-1, HS16-1, HS24-1, BS27-1, KS7-5, KS13-3, KS17-5, KS20-11 підключаються на DI0, DI1, DI2, DI3, DI4, DI5, DI6, DI7, DI8, DI9, DI10, DI11, DI12, DI13, DI14, DI15 відповідно.

Приводи, які спрацьовують дискретним сигналом, управляються трьома дискретними 12-канальними вихідними модулями ADAM-4056SO. З'єднання здійснюється відповідно до однопровідної схеми:

перший контролер: NS1-3, NS1-5, NS2-3, NS2-5, NS3-3, NS4-3, NS4-5, NS4-7, NS4-9, NS5-3, NS7-4, NS8-4 на виходи DO0, DO1, DO2, DO3, DO4, DO5, DO6, DO7, DO8, DO9, DO10, DO11 відповідно;

другий контролер: NS9-1, NS9-3, NS10-3, NS11-1, NS11-3, NS12-4, NS13-1, NS14-2, NS17-1, NS17-3, NS18-4, NS20-2 на виходи DO0, DO1, DO2, DO3, DO4, DO5, DO6, DO7, DO8, DO9, DO10, DO11 відповідно;

третій контролер: NS20-3, NS20-5, NS20-7, NS20-9, NS21-1, NS22-1, NS23-1, NS28-1, NS29-1, NS34-1, NS35-1 на виходи DO0, DO1, DO2, DO3, DO4, DO5, DO6, DO7, DO8, DO9, DO10 відповідно.

Контроль частоти обертання електродвигунів здійснюється за допомогою частотних перетворювачів типу CIMR-J7 (3G3JV) від OMRON. Це мініатюрний регулятор швидкості з вбудованою функцією енергозбереження та керуванням

					IA-33.180БАК.002.ПЗ	Арк.
						71
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

вольт-частотою. Підтримує діапазон потужності 0,1 ... 4 кВт, однофазні і трифазні двигуни і діапазон вихідних частот від 0,1 ... 400 Гц.

Для керування трифазними двигунами, які також є частиною лінії, використовуються безконтактні реверсивні приводи ПБР-ЗА.

					<i>IA-33.180БАК.002.ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		72

## 7 ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ

Програма для управління технологічною лінією розробляється в середовищі ADAMView.

Основні функціональні блоки, що використовуються у розробці програмного забезпечення:

*AI* – блок аналогового вводу;

*AO* – блок аналогового виводу;

*DI* – блок дискретного вводу;

*DO* – блок дискретного виводу.

Програмування виконано за допомогою Basic Script. Паралельно було виконано шість скриптів. Описи всіх модулів і скриптових програм можна знайти в Додатку А, де показано назву сценарію, короткий опис і підключення вхідних і вихідних блоків з технічними засобами автоматизації. Алгоритми роботи програм поділяються на графічний матеріал у двох частинах.

					IA-33.180БАК.002.ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		73

## 8 ВИЗНАЧЕННЯ НАДІЙНОСТІ СПРОЕКТОВАНОЇ СИСТЕМИ ТА ЇЇ СКЛАДОВИХ

Надійність - здатність технічних об'єктів підтримувати значення всіх параметрів, необхідних для виконання технічних (технологічних та інших) функцій у зазначених робочих режимах і умовах експлуатації, в заданих межах. У разі технічних об'єктів, пристроїв, пристроїв, механізмів, машин, заводських комплексів, будівельних конструкцій і споруд, технологічних процесів і процесів, систем обліку, інформаційних систем, автоматизованих систем управління технологічними процесами тощо.

Найважливішими для розвитку теорії надійності є: розробка математичних основ теорії надійності, теорії статистичної та фізичної надійності.

Ці кішки дозволяли визначити математичні закони, які підлягають невдачі цих методів розробки для кількісних вимірювань надійності.

Статистична теорія надійності, обробка статистичного матеріалу є псевдонімом для накопичення великої статистичної інформації про надійність. Це стало результатом статистичних ознак надійності та законів відмов.

Теорія фізичної надійності виникла як наслідок дослідження фізичних причин порушень впливу зовнішніх факторів, що впливають на оброблюваність об'єктів.

Основними поняттями теорії надійності є концепція системи. Система являє собою набір об'єктів, які пов'язані один з одним і призначені для виконання функцій за функціями. Залежно від досліджуваного об'єкта і завдання, покладеного на концепцію системи, можливе внесення різного набору об'єктів. Всі системи поділяються на регенеративні та невідновлювальні системи. У системах відновлення після відхилення елементів відбувається заміна, а в системах, що не відновляються, така заміна не призначена.

Об'єкти що формують систему називається його елементами. Елемент є частиною системи, оскільки він має належне властивість надійності, тому що він знаходиться нижче обчислення функції "робити деякі користувацькі завдання" в системі. Аналіз фізичних процесів дозволяє визначити властивості надійності елемен-

						Арк.
						74
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	IA-33.180БАК.002.ПЗ	

тів. Розрахуйте для надійності-профільованих систем різні методи розрахунку на основі особливостей елементів.

Елементи системи можуть бути лише у двох станах:

- працездатному;
- непрацездатному.

## 8.1 Основні поняття теорії надійності

Продуктивність - це стан системи, в якій можуть виконуватися задані завдання і функції, а значення зазначених параметрів зберігаються в межах, зазначених у нормативно-технічній документації.

Подія, що порушує роботу системи, називається відмовою. Відмови поділяються на раптові і поступові відповідно до характеру їх виникнення. Раптові невдачі характеризуються побічним ефектом і несподіваною зміною параметрів, а з поступовими відмовами зміна параметрів і елементів прогресивно прогресує.

Надійність - це властивість обладнання постійно підтримувати робочий стан протягом певного часу або періоду часу.

Довговічність - це властивість об'єкта підтримувати свій робочий стан до початку граничного стану з встановленою системою технічного обслуговування та ремонту.

Технічне обслуговування - властивість обладнання, пристосованого для запобігання та виявлення причин виходу з ладу, пошкодження, технічного обслуговування та відновлення належного стану шляхом технічного обслуговування та ремонту.

Збереження - властивість об'єкта підтримувати значення показників надійності, довговічності і ремонтпридатності під час і після зберігання і транспортування.

Справність - це стан об'єкта, в якому він відповідає всім вимогам нормативно-технічної документації.

Несправністю є стан об'єкта, в якому не виконано хоча б одне з вимог нормативно-технічної документації.

Загалом, справність та несправність можуть бути повними або неповними.

					IA-33.180БАК.002.ПЗ	Арк.
						75
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Ефективне використання частково відключеного об'єкта в тих же умовах менше максимально можливої ефективності. Значення показників, таким чином, знаходиться в межах, прийнятих для такої функції, які враховуються для стандарту. Об'єкт може працювати і бути частково відключений, але активність нижче допустимого значення.

Не можна використовувати об'єкт, для якого немає роботи.

## 8.2 Основні показники надійності

Найважливішими якісними показниками надійності є ймовірність виходу з ладу, ймовірність безперебійної роботи, інтенсивність відмов і середня частота відмов.

Під вірогідністю невдачі  $Q(t)$  загалом, розуміють ймовірність виникнення події, що робить елемент ненадійним.

Ймовірність безперебійної роботи є ймовірністю того, що елемент буде зберігати параметри в заданих межах протягом заданого часу і при певних умовах експлуатації. Якщо викреслено  $P(t)$  ймовірність безвідмовної роботи протягом часу  $t$ , а через  $Q(t)$  – ймовірність відмови за той же час, то:

$$P(t) = 1 - Q(t).$$

Величину  $P(t)$  на основі експериментальних даних можна визначити співвідношення:

$$P(t) = n(t)/N_0,$$

де  $n(t)$  – кількість елементів, які правильно працювали протягом заданого часу  $t$ ;

$N_0$  – кількість елементів на початку тесту.

Частота відмов - це умовна щільність ймовірності часу до відмови в момент часу  $t$  за умови, що елемент не відмовив до моменту часу  $t$ .

					IA-33.180БАК.002.ПЗ	Арк.
						76
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Величина  $\lambda(t)$  на основі експериментальних даних визначається співвідношення

$$\lambda(t) = \frac{n(t)}{N_c \cdot \Delta t} ,$$

де  $\Delta t$  – заданий період часу;

$n(t)$  – число елементів, які відмовили за інтервал часу  $\Delta t$ ;

$$N_c = \frac{N_k + N_n}{2} ,$$

$N_n$  – Кількість елементів, які працювали правильно на початку інтервалу  $\Delta t$ ;

$N_k$  - Кількість елементів, які працювали правильно в кінці інтервалу  $\Delta t$ .

Середня частота відмов  $T_0$  – математичне очікування виконання об'єкта перед першою помилкою.

Час простою дорівнює оберненій частоті відмов:

$$T_0 = \frac{1}{\lambda} .$$

Показники інтенсивності відмов компонентів базуються на довідкових даних.

### 8.3. Розрахунок основних показників надійності приводу емульсатор-гомогенізатора

У технологічному процесі отримання крекерів використовується емульгатор-гомогенізатор вакуумного типу МР-УГМ-300, це важлива частина всього процесу. Для цього пристрою потрібна електрична потужність 15 кВт. Невдача цього обладнання призведе до припинення виробництва, що призведе до не тільки непланових витрат на ремонт обладнання, але й втрат простою. Визначимо основні показники надійності: щільність розподілу роботи між помилками  $f(t)$ , Ймовірність безперебійної роботи  $P(t)$  протягом періодів  $t_i$ , Частота відмов системи  $\lambda(t)$ , коли середній час простою відповідає технічним характеристикам двигуна  $T_0=20000$ год. Побудовано графіки залежності щільності розподілу та показників надійності, що розриваються на  $T_0$  проміжки.

					IA-33.180БАК.002.ПЗ	Арк.
						77
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Давайте розірвемо час від середини часу до відмови з інтервалом в один крок  $\Delta t=400$  год. Дані включені в таблицю 8.1.

Розраховуємо інтенсивність відмов:

$$\lambda_i = \frac{1}{t_i}, \text{ год}^{-1}.$$

Дані включені в таблицю 8.1.

Визначають значення ймовірностей для правильної роботи системи і ймовірностей відмови системи:

$$P(t_i) = e^{-\lambda t_i}, \quad Q(t_i) = 1 - e^{-\lambda t_i}$$

Дані включені в таблицю 8.1.

Розраховуємо та будуємо графіки з пакетом MathCad.

Таблиця 8.1. Значення щільності розподілу виходу між помилками і показниками

Час напрацювання $t$ , год	Ймовірність безвідмовної роботи $P(t)$	Ймовірність відмови $Q(t)$
400	0.9802	0.0198
800	0.9608	0.0392
1200	0.9418	0.0582
1600	0.9231	0.0769
2000	0.9048	0.0952
2400	0.8869	0.1131
2800	0.8694	0.1306
3200	0.8521	0.1479
3600	0.8353	0.1647
4000	0.8187	0.1813
4400	0.8025	0.1975
4800	0.7866	0.2134
5200	0.7711	0.2289
5600	0.7558	0.2442

надійності в різні періоди роботи

## Продовження таблиці 8.1

Час напрацювання $t$ , год	Ймовірність безвідмовної роботи $P(t)$	Ймовірність відмови $Q(t)$
6000	0.7408	0.2592
6400	0.7261	0.2739
6800	0.7118	0.2882
7200	0.6977	0.3023
7600	0.6839	0.3161
8000	0.6703	0.3297
8400	0.6570	0.3430
8800	0.6440	0.3560
9200	0.6313	0.3687
9600	0.6188	0.3812
10000	0.6065	0.3935
10400	0.5945	0.4055
10800	0.5827	0.4173
11200	0.5712	0.4288
11600	0.5599	0.4401
12000	0.5488	0.4512

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

IA-33.180БАК.002.ПЗ

Арк.

79

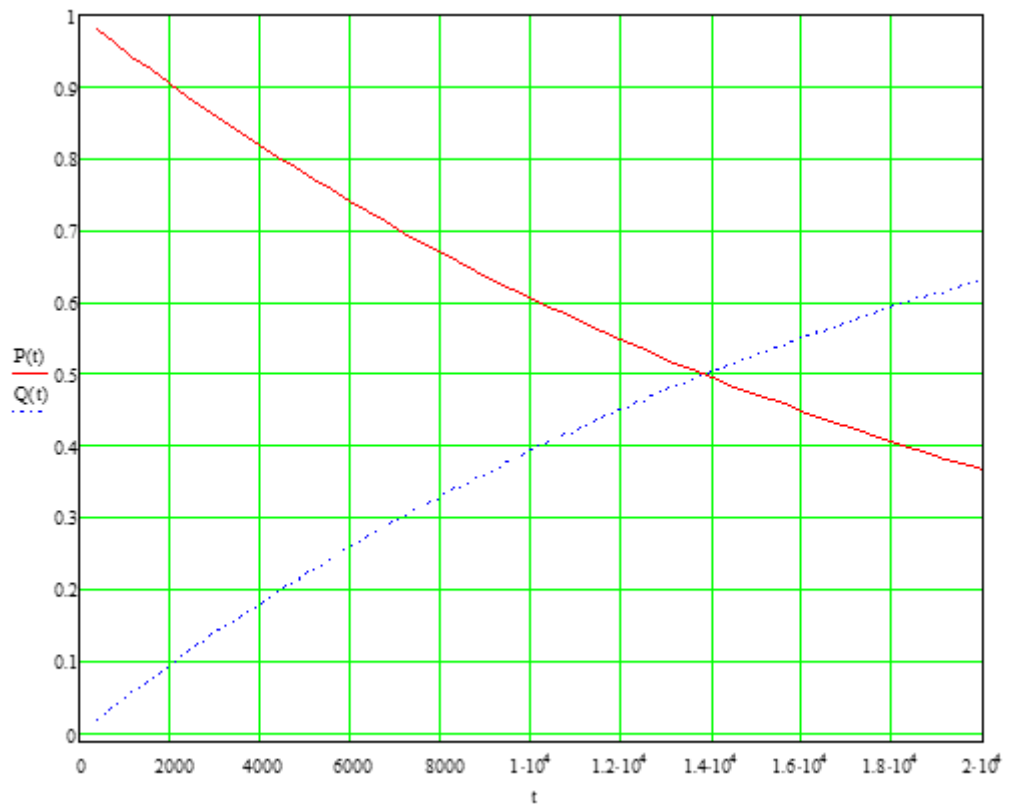


Рисунок 8.1. — Графік залежності ймовірності безаварійної роботи і ймовірності відхилення витраченого часу.

Як видно з розрахунків і отриманих графіків, ймовірність відмови є більшою, ніж ймовірність безвідмовної роботи системи з середнім часом близько 14000 годин.

## 9 МОНТАЖ ТА НАЛАГОДЖЕННЯ ЗАСОБІВ АВТОМАТИЗАЦІЇ

Контрольна точка, що складається з пультів управління, панелей управління, системи управління дисплеями і панелями управління в частині приміщення відокремлена від прозорої основної перегородки, що забезпечує звукоізоляцію.

Знаки, встановлені у виробничому приміщенні, розташовані в шафах з адекватними кліматичними характеристиками. Збірка панельних пристроїв враховує можливість обслуговування обладнання та допоміжних елементів.

Електричні провідники випробувальних висновків направляються в диспетчерський пункт на верхньому рівні екрану, а лінії електропередач - на нижній рівень екрана.

Електричні з'єднання між пристроями та обладнанням здійснюються безпосередньо між клемми, розташованими на швейних панелях цих пристроїв, без проходження через модулі щитів.

Електричні та трубопроводи повинні відповідати всім вимогам щодо експлуатації обладнання. Кабелі, що надходять від датчиків, встановлених на об'єкті, повинні бути розміщені в захисних трубках або мати захисну поверхню. Використовуйте розподільні коробки для підключення декількох кабелів до одного.

Електрична розводка з'єднувальних і розширювальних ящиків до відповідних щитів виробляється монтажними проводами в коробках або лотках або безконтрольними кабелями до кабельних конструкцій. Забороняється підключати кабель або кабель в трубі вимірювальної схеми з окремо прокладеними термопарами вимірювальних ланцюгів.

Всі кабельні вклади, що працюють поблизу технологічного обладнання та трубопроводів, повинні розраховуватися таким чином, щоб температура навколишнього повітря не перевищувала межі, визначені для кожного типу кабелю.

					IA-33.180БАК.002.ПЗ	Арк.
						81
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## ВИСНОВКИ

Під час роботи над даним дипломним проектом було розглянуто технологічний процес виробництва солоного крекери. Ця частина виробничої лінії охоплює дозування складів, змішування тіста, ферментацію та дозрівання, ламінування, випал, приготування тіста, розливання солі, випікання, охолодження та упаковку.

Враховуються основні етапи виробництва, технологічні машини та агрегати, що використовуються у виробництві сухарів. Визначено параметри, які регулюються під час виробництва печива. Вибрані та реалізовані технічні засоби автоматизації цієї лінії. Створено алгоритми роботи технологічної лінії. Автоматизація була реалізована на базі контролерів ADAM 4000, програмне забезпечення було розроблено в середовищі ADAMView.

Автоматизація дала наступні результати:

Економічний ефект полягає в підвищенні якості і кількості продукції (автоматичне управління, контроль і управління складними алгоритмами, які неможливо точно реалізувати в ручному режимі), зменшення дефектів і підвищення продуктивності. Зниження оперативного і технічного складу працівників підприємства, що суттєво впливає на економічний ефект і обсяг виробництва.

Організаційним ефектом є скорочення ручної роботи, що призводить до поліпшення технологічної дисципліни, а також до скорочення аварій через роботу підсистеми діагностики пристрою.

					IA-33.180БАК.002.ПЗ	Арк.
						82
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Панфилов В. А. Теоретические основы пищевых технологий. Справочник для специалистов. – М.: Колос, 2009г. – 608 с
2. Бутейкис Н.Г. Технология приготовления мучных кондитерских изделий. Учебник для НПО. – М.: Academia, 2010г. – 304 с.
3. Теорія автоматичного управління / Під ред. А.А.Воронова. - М. : Вища школа. -1977.-Ч.І.-304с.
4. Бесекерский В.А., Попов Е.П. Теорія автоматичного регулювання. - М. : Наука, 1974.
5. Егоров К.В. Основы теории автоматического управления. – М. : “Енергія”, 1967.
6. Добыкина Е.К., Рижиков В.В. Предприятия хлебопекарного производства.– М.: ПродМаш, 1985. – 156 с.
7. Дж.Фрайден Современные датчики. – М.:Техносфера, 2005. – 592с.
8. Основы автоматизации горничного производства. – Донецьк: Східний видавничий дім, 2007. – 168 с.
9. <http://infocompany.biz>
10. <http://kip-alan.ru> – сайт компанії виробника контрольно-вимірювальних приладів "КІП-АЛАН".
11. <http://pribor-opt.ru> – сайт компанії виробника контрольно-вимірювальних приладів та обладнання "Прибор-опт".
12. <http://prosoft.ru> – сайт компанії виробника програмного забезпечення та обладнання для автоматизації технологічних процесів "ПРОСОФТ".
13. <http://advantech.ru> – сайт компанії виробника програмного забезпечення та обладнання для автоматизації технологічних процесів "[Advantech](http://advantech.ru)".
14. Миценко І.М. Умови праці на виробництві.–Кіровоград: КРД, 1999р.–324 с.
15. Дружинин Г. В. Надежность автоматизированных систем. Издание третье, переработанное и дополненное. – М.: Энергия, 1977г. – 98 с.
16. Емельянов А.И., Конкин О.В. Проектирование систем автоматизации технологических процессов. Справочное пособие по содержанию и оформлению проектов. – М.: Энергоатомиздат, 1983г.

									Арк.
									83
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	<i>IA-33.180БАК.002.ПЗ</i>				