

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ  
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ  
ІНІ ЕНЕРГЕТИКИ, АВТОМАТИКИ І ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ

УДК 658.5:621.316.318:631.234

**ПОГОДЖЕНО**

Директор ІНІ енергетики, ав-  
томатики і енергозбереження

(назва ІНІ)

В.В. Каплун

(підпис)

2022 р.

**ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ**

Завідувач кафедри автоматики  
та робототехнічних систем

ім. акад. І.І. Мартиненка

(назва кафедри)

В.П. Лисенко

(підпис)

2022 р.

**МАГІСТЕРСЬКА РОБОТА**

**01.02.-МР.2022"1".22.02.01.001ПЗ**

на тему «Розроблення автоматизованої системи керування параметрами процесів на хлібопекарському виробництві із використанням комплексу технічних засобів ОВЕН»

Спеціальність: 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»  
(шифр і назва)

Магістерська програма: Комп'ютерно-інтегровані системи управління технологічними процесами у галузях АПК

(назва)

Виконав

О. А. Мельнічук

(підпис)

(ПІБ студента)

Керівник магістерської роботи

(підпис)

С. А. Шворов, д.т.н., проф.

(ПІБ, науковий ступінь та вчене звання)

**КИЇВ-2022**

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

<b>ЗМІСТ</b>	
Вступ	4
Розділ 1. Технічні характеристики об'єкта автоматизації	7
1.1. Коротка характеристика підприємства	7
1.2. Опис технологічної схеми випікання хліба, алгоритм його функціонування	9
1.3. Мета і задачі магістерської роботи	11
Розділ 2. Дослідження та моделювання об'єкту автоматизації	14
2.1. Аналіз статичних та динамічних властивостей об'єкту та вибір каналів керування	14
2.2. Функціональна схема автоматизації та її опис	18
3. Розробка системи автоматизації контуру регулювання температури хлібопекарської печі	25
3.1. Розрахунок та вибір виконуючих механізмів та регулювальних органів	25
3.2. Вибір та обґрунтування структури системи керування та комплексу технічних засобів з аналізом кількох можливих варіантів	29
3.3. Розробка принципової схеми системи керування	30
Розділ 4. Електротехнічна частина та розробка схем керування	32
4.1. Проектне компонування пункту управління	37
4.2. Написання програмного коду для системи	43
4.3. Побудова перехідного процесу із використання імітаційного моделювання та оцінки його якості	38
4.4. Структура САК	49
4.5. Управління приладами ОВЕН через «Хмару»	52
Розділ 5. Розрахунок економічної ефективності проекту	53
Висновки	57
Список використаної літератури	64
	65

## ВСТУП

Завдання технічного розвитку та підвищення ефективності виробництва полягають у підвищенні рівня технічної оснащеності підприємства, удосконаленні організації та інтенсифікації виробничих процесів. На сучасному етапі розвитку харчового виробництва (особливо хлібопекарського), яке здійснюється на основі безперервних технологічних процесів із застосуванням базового безперервного обладнання, є всі необхідні умови для повної та повної автоматизації. Основна увага приділяється впровадженню нових технологій та підвищенню продуктивності. Особлива роль відводиться автоматизації технологічних процесів на всіх етапах переробки харчових продуктів і сировини, від приймання їх на склад постачальниками до здачі готової продукції споживачам.

Одним з основних напрямків прискорення науково-технічного прогресу в промисловості є створення та впровадження автоматизованих систем управління на всіх рівнях. Тому актуальним завданням сьогодні є впровадження нових систем. Автоматизовані системи керування базуються на сучасних керуючих інформаційних технологіях та мікропроцесорних пристроях. Тому в системах управління важливими є питання створення основних частин системи, системної інтеграції та врахування людського фактора, тобто розподілу функцій між технічними засобами автоматизації та людиною.

Основними перевагами автоматизації є:

- 1) об'єктивність контролю та управління, виключення впливу суб'єктивних факторів (уповільнена реакція, стомлюваність, порушення зору тощо);
- 2) можливість централізації управління підрозділами та цілими виробничими підприємствами практично на будь-якій відстані;
- 3) ефективність використання обладнання, що досягається підвищенням продуктивності агрегатів і установок за рахунок оптимізації технологічних процесів, а також зниженням зносу обладнання та продовженням терміну служби, виключенням різних механічних і теплових змін.

4) точне дотримання встановлених за встановленими або оптимальними кількісними показниками технологічних правил, які передбачають:

- a) підвищити якість продукції;
- b) раціональне використання сировини, енергії, комплектуючих матеріалів;

5) здатність керувати процесами на великій швидкості

6) втрати, а також критичні значення параметрів;

7) надійність і безпеку обладнання, попередження виникнення та розвиток надзвичайних ситуацій;

8) підвищення продуктивності праці та покращення умов праці, поступове підвищення кваліфікації персоналу, скорочення чисельності обслуговуючого персоналу.

Автоматизація безперервного технологічного процесу зводиться до авто-

матичної стабілізації параметрів процесу на кожній фазі виробничого потоку

з автоматичним повідомленням значень цих параметрів, а також автоматичного керування машинами та механізмами технологічних ліній. Безперервність підготовки і підготовки всіх видів сировини разом з одночасним без-

перервним виробництвом готової продукції створює безперервність процесів

на всіх ділянках, а також сприяє найбільш ефективній автоматизації виробництва. Велике значення під час підготовки технологічного об'єкта чи майданчика до автоматизації має вибір основних технологічних параметрів, за якими

здійснюється об'єктивний контроль процесу.

Ця магістерська робота удосконалює систему автоматизації Фастівського хлібозаводу, лінію випікання хліба на базі мікропроцесорного контролера

ОВЕН, датчиків та виконавчих механізмів, а також за допомогою SCADA

Owen Process Manager. Це дозволяє чіткіше автоматично контролювати техно-

логічний процес, забезпечувати контроль, облік і звітність основних парамет-

рів процесу випікання хліба.

# НУВБІП України

## 1. ТЕХНІЧНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ОБ'ЄКТА АВТОМАТИЗАЦІЇ

### 1.1. Коротка характеристика підприємства

НУВБІП України

Фастівський хлібокомбінат побудований за проектом Київського інституту «УкрНДІкарнопром». Пекарня була заснована в 1976 році, а кондитерська – чотири роки потому. Проектна потужність заводу становила 112 тонн хлібо-булочних та 12 тонн кондитерських виробів на добу.

НУВБІП України

У 1979 році на цьому підприємстві було побудовано та введено в експлуатацію перше в колишньому Радянському Союзі механізоване сховище з транспортуванням продукції в контейнерах. Пізніше було перебудовано склад масового зберігання та повітряний компресор, а через деякий час на зміну застарілим печам прийшли сучасні європейські, такі як КПП-250 і Гостол.

НУВБІП України

Розширено та доведено до необхідного рівня туалети, реконструйоване тістоприготувальне відділення, приміщення для приготування та зберігання додаткової сировини – олії, дріжджів, жиру, сироватки тощо. На сьогодні в хлібозаводі встановлено 6 повних механізованих ліній:

НУВБІП України

- 5 ліній з духовкою РРС-250
- 1 лінія з духовкою Гостол

НУВБІП України

Крім того, хлібобулочні вироби вишкарюються на ротатійних печах ПКС-9-03, асортимент налічує 40 найменувань здобних виробів дрібними шматочками, «Святкові» короваї, «Обрядові», «Весільні шишки» тощо.

НУВБІП України

Також є асортимент солодких виробів – понад 100 найменувань. Кондитерські вироби виробляються на 4-х печах РНС-25, а також на печі тортової лінії Eclair.

НУВБІП України

Близько 100 комп'ютерів забезпечують точну та чітку роботу виробничих ділянок та інших підрозділів заводу, здійснюють чіткий контроль кількості та якості продукції.

Фастівський хлібокомбінат має власну котельню, що гарантує незалежність від зовнішнього втручання та мінімізує ризик переривчастої подачі тепла в систему. Котельня складається з 4 котлів Е1/91G, максимальна кількість пари 4 т/год. Пар також широко використовується в кондитерських виробів:

- технологічна пара – вона необоротна і використовується безпосередньо для виготовлення хлібобулочних виробів;
- теплоносій – використовується для опалення будівель та адміністративних приміщень.

Водопостачання здійснюється від міського водопроводу та від артезіанської свердловини. На заводі передбачена можливість водопостачання для технологічних потреб, воно зберігається в підземних резервуарах.

Компресорний відсік призначений для виробництва стисненого повітря, він використовується в роторних живильниках, в силосах для руйнування дуг, а також у вологому сховищі солі, яка використовується для перемішування сольового розчину, для продувки борошнопроводів.

Холодильна установка призначена для підтримки заданої температури в сировинній камері, а також для охолодження води, яка йде на технологічні потреби.

У насосній станції оборотної води встановлено дві групи насосів. Кожна група має по два насоси, один робочий, а інший як запасний. Передбачено управління насосом і автоматику.

Електропостачання на цьому підприємстві харчової промисловості здійснюється від південного району кабельної мережі. Категорія енергопостачання – друга. Завод має трансформаторну кабину, яка має 4 трансформатори, які перетворюють енергію від 10 кВ до 0,4 кВ. З них лише один працює, другий включається у разі збільшення потреб підприємства, два інших знаходяться в резерві та включаються у разі банкрутства перших двох. Перемикання з одного трансформатора на інший відбувається автоматично.

На підприємстві встановлено 6 комплексних механізованих ліній з потужними печами КПП «Гостол», призначених для випікання хліба «Український Новий», короваю «Нива», білого хліба.

Механізація та автоматизація технологічного процесу складає 70% на всіх виробничих ділянках і здійснюється з використанням новітніх національних виробничо-імпортованих систем.

За останні три роки на хлібозаводі проведено низку робіт, спрямованих на модернізацію виробництва, в тому числі на впровадження енергозберігаючих технологій.

## 1.2. Опис технологічної схеми випікання хліба, алгоритм його функціонування.

Приготування тіста для «Українського хліба» здійснюється на рідких дріжджах, їх готують порційно в машинах для виробництва пива типу HZM-600: дріжджі перекачують у спеціальні ємності для бродіння, де знаходиться половина дріжджів. повертається для відновлення, а друга половина подається для замісу тіста. Замішування відбувається в змішувачах А2-НТ-2V, тривалість процесу замішування 20 хвилин. Після того як тісто бродить, його подають на перегорідку «Кузбас». Вага шматка тіста  $m = 1080 \pm 10$  гр. Потім шматочки тіста присипаються борошном, щоб тісто не прилипло, і відправляються в округлювач ТООС-1, а потім на конвеєрну стрічку у фетрові корзинки-люльки шафи кінцевого вистоювання FKR 3/168/125. Тривалість витримки - 52 - 70 хвилин при  $W = 75-90\%$  і  $t = 38-42^\circ\text{C}$ . Після закінчення процесу затвердіння заготовки вивантажують на виході з шафи, перевертаючи їх на керамічні пластини жаровні, змочують водою і подають у піч марки «ППЦ-250».

Свіжість є одним з основних показників якості хліба для споживача, тому для виключення продажу черствого хліба на підприємстві встановлюють наступні терміни придатності продукції:



- вироби з луценого жита, шпалер та житнього пшеничного борошна - не більше 14 годин;

- вироби з сортів пшениці та житнього борошна масою понад 200 г - не більше 10 годин;

- подрібнені продукти сортів пшениці та житнього борошна до 200 г - не більше 6 год.

Хліб, який зберігався на підприємстві або в торговій мережі більше встановленої норми, вважається бракованим і підлягає поверненню в пекарню, де перетворюється на батон, крихту або сухарі.

### 1.3 Мета і задачі магістерської роботи

Метою магістерської роботи є удосконалення технологічного процесу випікання хліба шляхом використання автоматизованої системи керування цим процесом, що відповідає техніко-економічним вимогам до цього процесу.

Для цього необхідно вирішити наступні завдання:

- 1) Обґрунтувати вибір обладнання для випікання хліба та технічних засобів виготовлення обладнання печі АСУ ТП.
- 2) Представити процес випікання хліба як об'єкт управління, дослідити динамічні властивості об'єкта.
- 3) Розробити функціональну схему автоматизації технологічного процесу випікання хліба
- 4) Визначте якість системи.
- 5) Розробити електричну принципову схему та алгоритм роботи АСУ ТП.

## 2. ДОСЛІДЖЕННЯ ТА МОДЕЛЮВАННЯ ОБ'ЄКТУ АВТОМАТИЗАЦІЇ

# НУБІП УКРАЇНИ

### 2.1 Аналіз статичних та динамічних властивостей об'єкта та вибір каналів управління.

# НУБІП УКРАЇНИ

Аналіз статичних і динамічних характеристик об'єкта управління виконано на основі математичної моделі об'єкта, яка зроблена в курсовому проекті з ідентифікації та моделювання.

Математична модель хлібопекарської печі:

$$5.2 \frac{d\Delta P_n}{d\tau} + \Delta P_n = -0.075\Delta G_n - 0.0056\Delta G_x - 0.0152\Delta t_c$$

$$86.4 \frac{d\Delta t_c}{d\tau} + \Delta t_c = -0.09\Delta G_n - 0.022\Delta G_x - 0.11\Delta P_n - 0.12\Delta x - 0.043\Delta G_z,$$

де  $\Delta P_n$  - парціальний тиск пари, кПа;

$\Delta t_c$  - температура середовища в печі, °C;

$\Delta G_n$  - витрата пари на зволоження, кг/год;

$\Delta G_x$  - витрата хліба, кг/год;

$\Delta G_z$  - витрата димових газів, кг/год;

$\Delta x$  - ступінь сухості пари, %

# НУБІП УКРАЇНИ

Піч марки «Гостол» являє собою металеву конструкцію, що складається з таких частин: варильної камери, топкового пристрою, системи опалення, конвеєрної топки та розподілених каналів і рециркуляційного вентилятора. Топкова камера являє собою прямокутний горизонтальний тунель.

# НУБІП УКРАЇНИ

Для зволоження поверхні шматочків макаронів у початковій частині варильної камери є зволожувач, який складається з металевого ковпачка, під яким розташовані чотири перфоровані трубки. У печах використовуються рециркуляційні системи опалення. Випари охолоджуються до температури 200-300 °C, потім від повітроводів до забірної труби вентилятора. На виході з ви-

# НУБІП УКРАЇНИ

тяжкої труби вентилятора потік газу відокремлюється. До нагрівальних каналів печі подається суміш продуктів згоряння і рециркуляційних газів при температурі 400–600°C.

Для відокремлення керуючих і збурювальних дій необхідно проаналізувати динамічні характеристики об'єкта керування. Для цього аналізу потрібна таблиця, що показує вхідні дії об'єкта (Таблиця 2.1)

Таблиця 2.1

### Вхідні дії на об'єкт

Назва змінної	Одиниця виміру	Номінальне значення	Можливі зміни	
			Вигляд	Амплітуда
$G_n$	кг/год	85	Керуюча дія	+10, -15
$G_r$	кг/год	320	Керуюча дія	+50, -55
$x$	%	20		$\pm 0.2$
$G_x$	кг/год	445		$\pm 80$

Для того щоб зробити висновки про керуючі та збурюючі дії треба промоделювати об'єкт у системі MATLAB. Структурна схема моделі зображена на рис. 2.1. Проаналізувавши структурну схему моделі, отримали результати які наведені на рис. 2.2, 2.3 та 2.4.

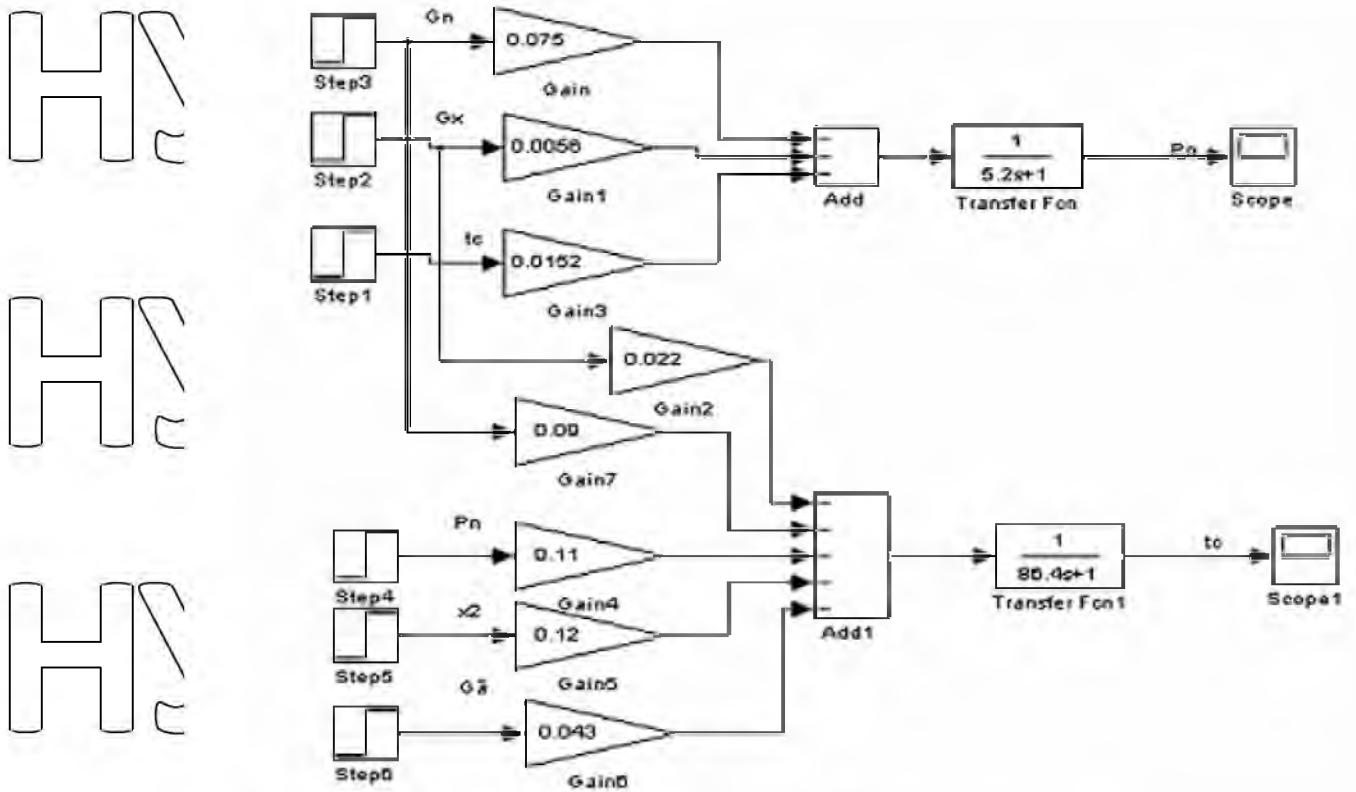


Рис. 2.1 – Структурна схема моделі об'єкта керування

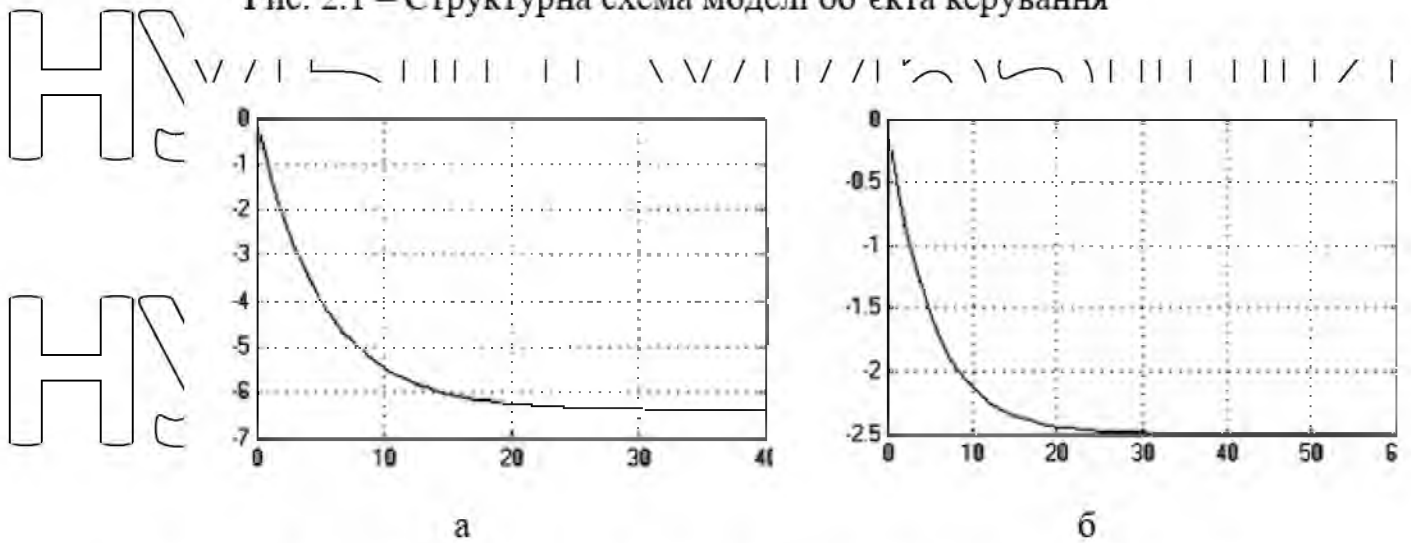


Рис. 2.2 – Крива розгону  $\Delta P_n$  по каналу  $G_n$  (а) та по каналу  $G_x$  (б)

НУБІП України

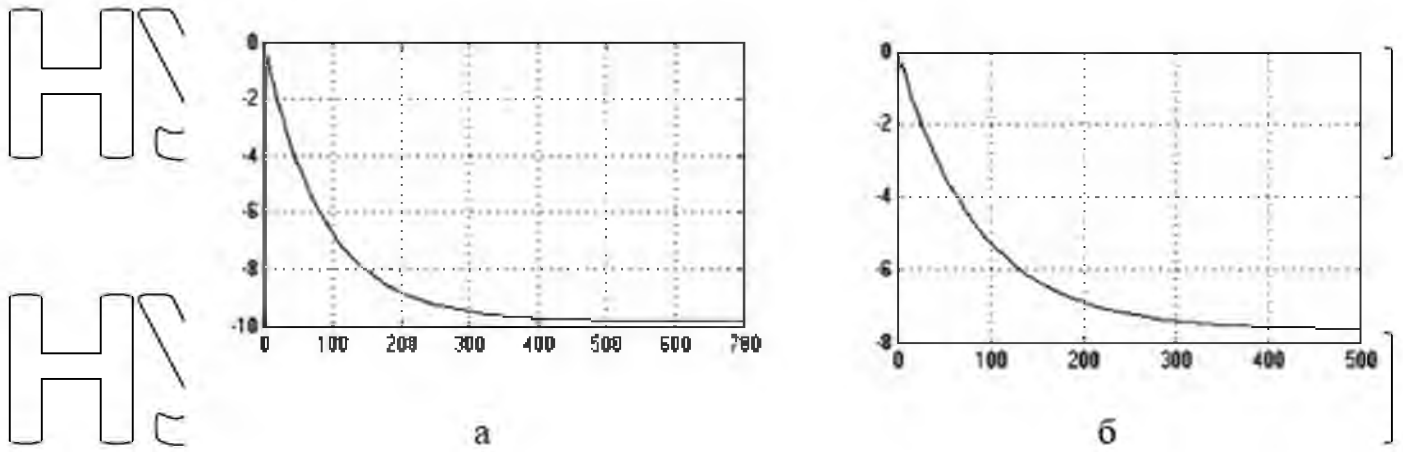


Рис. 2.3 – Крива розгону  $\Delta t_c$  по каналу  $G_n$  (а) та по каналу  $G_r$  (б)

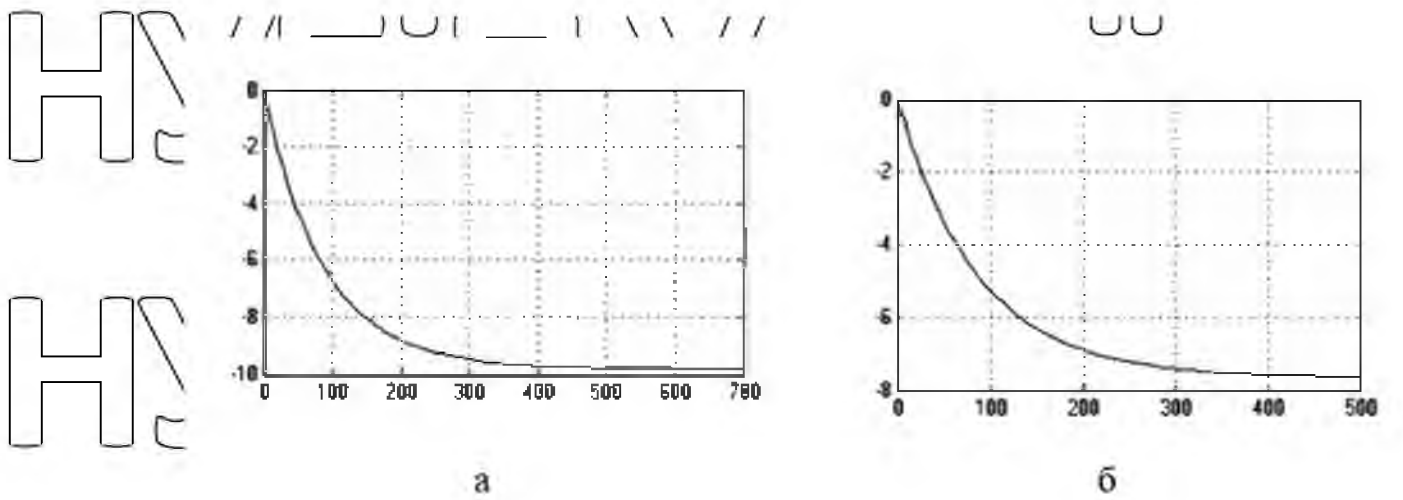


Рис. 2.4 – Крива розгону  $\Delta t_c$  по каналу  $\Delta x$  (а) та по каналу  $\Delta G_T$  (б)

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НЗ

Зміна  $\Delta P_n$  по каналу  $G_n$ : - 6.3 кПа\*год/кг;

$G_x$ : - 2.5 кПа\*год/кг;

$t_x$ : - 3.7 кПа/°C;

зміна  $\Delta t_x$  по каналу  $G_n$ : - 7.6 °C\*год/кг;

$G_x$ : - 9.8 °C\*год/кг;

$P_n$ : - 8.4 °C/кПа;

$x$ : - 2.35 °C/%;

$G_x$ : - 10.2 °C\*год/кг.

НЗ

Счевидно, що вплив збурення повинен бути менше, ніж вплив керування. Тому необхідною й достатньою умовою керованості об'єкта є виконання нерівності:

$$|K_U - U| \geq |K_Z - Z|$$

Робимо висновок про те, що доцільно обрати керуючими впливами витрату димових газів ( $G_n$ ) та витрату пари ( $G_x$ ), тому що, як видно з рисунків, найбільший вплив на систему мають саме ці показники. Основним збуренням

по каналу  $\Delta P_n$  є температура середовища в печі  $t_c$ ; основним збуренням по

каналі  $\Delta t_x$ , є витрата хліба  $G_x$ .  
Але, враховуючи технологію процесу, керуючою дією виберемо  $\Delta G_n$ , а головним збуренням  $\Delta G_x$ .

Отже, ми бачимо, що вплив керуючих та збурюючих діянь на вихідні

змінні об'єкта керування ми визначили вірно.

НЗ

## 2.2 Функціональна схема автоматизації та її опис

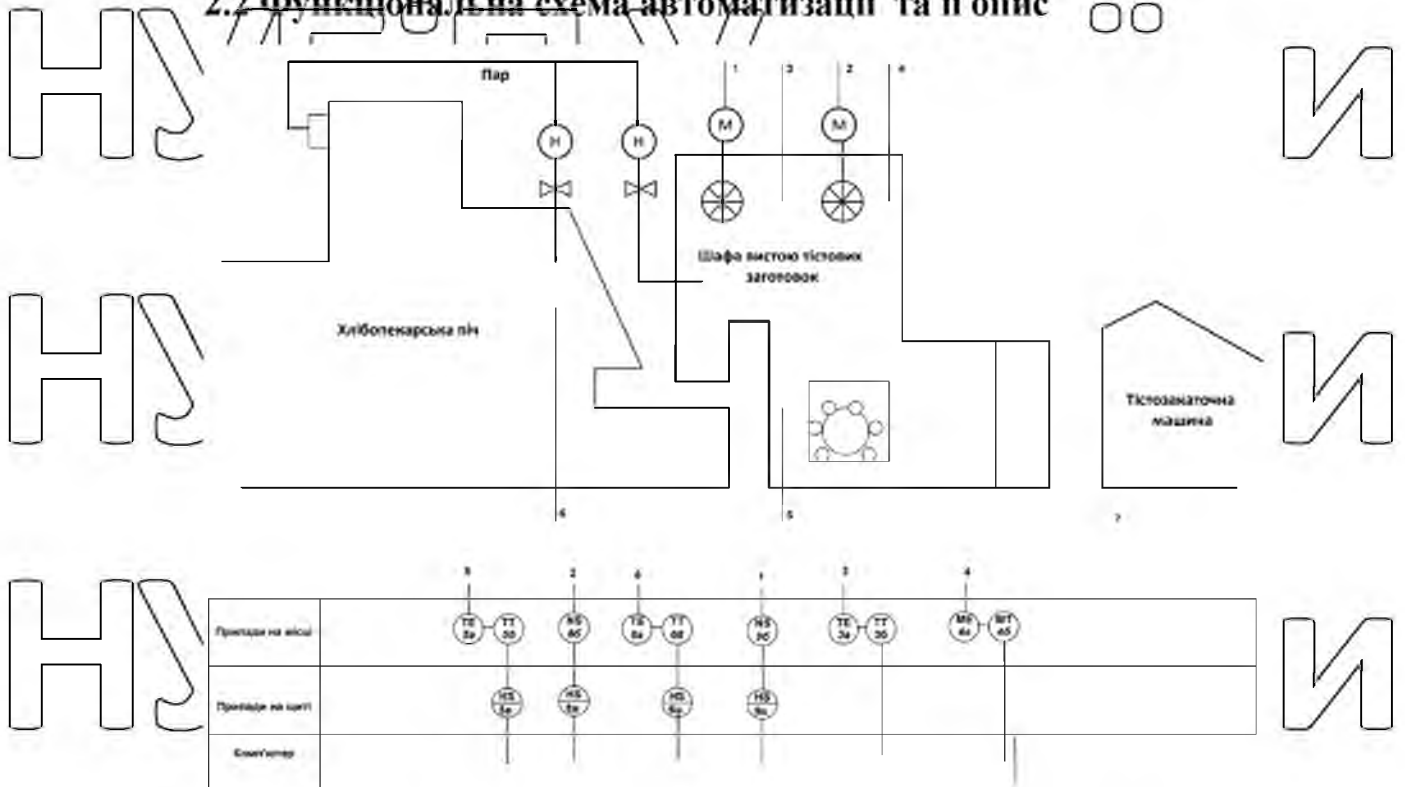


Схема входить до лінії в „- 6 хлібозаводу «Україна», яка розглядає процес поділу тіста на шматки та процес випікання хліба.

Процес приготування «українського» хліба після випічки складається з таких процесів:

- 1) поділ макаронних заготовок;
- 2) формування тістових заготовок;
- 3) приготувати тісто;
- 4) заготовки з тіста для випічки;
- 5) охолодження та пакування готового продукту.

Хліб «Український Новий» виготовляється за затвердженою рецептурою у встановленому порядку. Форма округла, поверхня шорстка, без великих тріщин і розривів. Вага виробу 1,0 кг. Хлібне тісто «Українське нове» готується в два етапи: рідка закваска - тісто.

Технологія виробництва процесу поділу тіста на шматки та процесу випікання хліба «Український» на лінії №6

Після заповнення тіста за командою вмикається обладнання (різак M8, закруглений привід перетворювача частоти M15, зварювальний апарат M1, привід перетворювача частоти M3, автоматична сівалка M2 та шафа-тримач M3). Тісто надходить у дільник при відсутності сигналу на датчик рівня 1a, відкриваючи жолоб для тіста. Після заповнення бункера-подільника спрацьовує датчик рівня 1a, і контролер надсилає команду на закриття візка для макаронів. Тістоділитель розбивається на шматки однакової ваги 1140 +/- 10 гр.

Вага шматків контролюється датчиком 17a відразу після поділу. На округлювачі заготовки з тіста набувають форми кульки, після чого потрапляють у закатковальну машину, де набувають овальної форми, змащені борошном, щоб не прилипати до смужок. Далі заготовки з тіста потрапляють через датчик присутності заготовок 3a, який підраховує кількість (9 штук) на сівальнику. Після проходження датчика 3a заготовка знаходиться на полотні і подається сигнал на розтягування полотна з M2, після заповнення всього полотна його перевертають M1. Датчик зчеплення 4a відповідає за перевертання і посилає сигнал на контролер про переміщення штатива M3. Датчик 5a відповідає за зупинку шафи та завантаження шафи для витримки, тобто час витримки тестових заготовок.

Вистоювання виконується з дотриманням заданих параметрів температури і вологості навколишнього середовища. Заготовка тіста супроводжується бродінням тіста, накопиченням газу, під їх дією заготовка збільшується в об'ємі в 1,5 рази, поверхня стає гладкою і однорідною. Випускна шафа містить два вентилятори для сушіння полотна та випуску надлишку пари та гарячого припливного повітря та витяжних вентиляторів M9, M10, де температура контролюється датчиком температури 8a, вологістю — датчиком 9a. Крім того, пара з випарника без тиску подається в камеру старіння через клапани 22d для температури зволоження, яка контролюється датчиком температури 22a.



Безнапірний парогенератор БПУ-200 використовується для утворення пари для камери витримки та зони зволоження. Вода НВО надходить через живильний бак. Бак живлення розташований поруч з пальником – для попередження та вимкнення пальника.

Після витримки шматочки тіста пересаджують у серце духовки і змочують водою через клапан, проходять через зону смаження, а потім – зону варіння. Зволоження відбувається за допомогою клапана 23d, а температура в печі контролюється температурним датчиком 23a.

Сітка під топкою приводиться в рух двигуном, що приводиться в рух перетворювачем частоти 9a. У разі бокового зміщення вогнища автоматичне регулювання вогнища забезпечується вимірюванням датчика ба, який формує сигнал і змушує двигун М4 повертатися вправо або вліво. Після цього видається дозвіл на розпалювання пальника, до того як увімкнуться тягові вентилятори продуктів згоряння М6, М7 і буде досягнуто заглиблення в топці, депресія контролюється датчиком 20a, 21a.

Пристрій запалювання та захисту ЗЗУ-3 використовується для дистанційного розпалювання газових пальників та контролю наявності полум'я в пальниках. При подачі живлення (220 В) на електромагнітний клапан 28e, 29e і TVN, які підключені до запалювання високовольтним проводом, електромагнітний клапан відкриває подачу газу при запалюванні, і TVN подає високу напругу на центральний електрод запалювання, іскра з'являється в іскровому проміжку, який запалює газоповітряну суміш. Відсутність або відсутність факела запалювання фіксується іонізуючим датчиком 28a, 29a, сигнал від датчиків передається на детектор горіння ЛУЧ-ІАМ, на виході видає релейний сигнал, який утримує клапан у відкритому положенні при наявності ліхтарика і вимкненому ІВН. Після включення запалювання палик запалюється, наявність (відсутність) факела палика перевіряється сигналізацією горіння ЛУЧ-ІАМ.

Температуру в варильній камері регулюють 7 температурних датчиків, де 10а, 11а - датчики температури, розташовані в зоні смаження і 12а, 13а, 14а, 15а, 16а - у варильній камері.

Температурні датчики 24а, 25а в рукавах духовки призначені для відключення пальника у разі підвищення температури вище 500 С.

Для утворення глянцевої скоринки на поверхні хліба використовується бункер, який приводиться в рух двигуном М15.

Потім хліб надходить на конвеєр попередньої печі М13 і на проміжний конвеєр М14, де датчик 18а вимірює вагу готового продукту. З конвеєрної стрічки продукт подається по циркуляційному столу М5, на ньому частково охолоджується повітрям через систему живлення і вентиляції і залишається всередині на хлібобулочник лотках по 9 штук. Тут датчик 7а - кількість одиниць готового продукту.

При проектуванні основної схеми автоматизації потоку продукції враховуємо властивості об'єктів управління, що впливають на специфіку побудови окремих схем управління. Потік продукту в умовах виробництва може бути рівномірним і безперервним лише за умови узгодженої продуктивності всіх технологічних ділянок. Рівномірність потоку багато в чому визначає якість готового продукту та ефективність роботи хлібопекарні. Удосконалення виробничого процесу має бути спрямоване на скорочення виробничого циклу та забезпечення безперервності та періодичності процесів виготовлення та переробки.

Розроблена система автоматизації технологічного процесу виробництва поточного хліба №6 реалізована на базі контролера QVEN TRM-200.

Розроблена в даній дипломній роботі система автоматизації повинна забезпечувати контроль і звітність основних параметрів технологічного процесу в автоматизованому режимі, а також їх регулювання та контроль автоматично або вручну.

Система автоматизації заснована на використанні мікропроцесорного контролера ОВЕН ТРМ-200. Цей контролер має досить високу швидкість і надійність. Його застосування дозволяє реалізувати досить складні логіко-програмні алгоритми управління, здійснювати оперативний контроль та записувати історію процесу. Наявність контролера в системі управління дозволяє перейти до створення розподіленої системи управління, яка має ряд переваг перед САУ першого покоління. У порівнянні з останніми розподілені системи дозволяють реалізувати широкий спектр функцій, мають високу надійність і виживаність, прості у використанні, використанні, збірці та оновленні.

Основні регульовані параметри:

- температура в камері розпушування;
- температура в топці;
- подача газу до першої та другої конфорок варильної печі;
- швидкість конвеєрної стрічки округлена, швидкість конвеєра гістомісильної машини та швидкість конвеєра хлібопекарської печі.

Основою вибору первинних і допоміжних засобів автоматизації є характеристики контрольованого середовища, діапазон модифікацій контрольованого параметра, технологічні обмеження щодо використання електрообладнання в приміщеннях з надмірною вологістю та використання подібних пристроїв, які вже використовуються на інших виробничих ділянках.

Схема автоматизації наведена на аркуші 1 графічного матеріалу і включає в себе такі схеми контролю та контролю:

1. Температура у відділенні для закваски. Налаштування здійснюється мідною термопарою ТСМ-3-50М (22а) з уніфікованим вихідним сигналом 4-20 мА, який подається на модуль аналогового входу контролера SM331-1KF01. Програмне забезпечення PLC реалізує PI-контролер і виводить сигнал на модуль цифрового виводу SM322-1VH01. Сигнал керування 4-20 мА надходить на

електропривод (22g), який діє на регулюючий клапан (22d), який регулює подачу пари в прокладку.

2. Температура в духовці. Налаштування здійснюється термометром опору ТСМ-3-50М (22a) (23a) (23a) з уніфікованим вихідним сигналом 4-20 мА, який подається на модуль аналогового входу контролера ОВЕН ТРМ-200. Програмне забезпечення контролера реалізує ПІ-контролер і виводить сигнал на модуль дискретного виходу контролера. Сигнал керування 4-20 мА надходить на електропривод (23g), який діє на регулюючий клапан (23d), який регулює подачу газу в духовку.

3. подача газу до першої конфорки духовки. Регулювання здійснюється фотодетектором контролю наявності полум'я в пальнику ФД-02 ЗЗУ-3 (28a), сигнал надходить на детектор горіння ЛУЧ-1АМ ЗЗУ-3 з уніфікованим вихідним сигналом, що надходить на модуль аналогового входу ОВЕН. Програмне забезпечення контролера ТРМ-200 реалізує ПІ-контролер і виводить сигнал на модуль дискретного виходу контролера. На електропривод (28e), який діє на регулюючий клапан (28e), який регулює подачу газу в пальник 1, надходить керуючий сигнал 4-20 мА.

4. подача газу до другого пальника духовки. Регулювання здійснюється фотоприймачем для перевірки наявності полум'я в пальнику ФД-02 ЗЗУ-3 (29a), сигнал, отриманий від детектора горіння ЛУЧ-1АМ ЗЗУ-3 з уніфікованим вихідним сигналом, що надходить на програмний модуль аналогового входу контролера ОВЕН ТРМ-200, реалізує ПІ-контролер і виводить сигнал на ТТМ - 200 цифровий вихідний модуль. Сигнал керування 4-20 мА надходить на електропривод (29e), який діє на регулюючий клапан (29e), який регулює подачу газу до пальника 1

5. Швидкість руху пічного конвеєра. Він регулюється лічильником імпульсів LA7N-1R (34a) з уніфікованим вихідним сигналом 4-20 мА. Сигнал надсилається на модуль аналогового входу контролера Програмне забезпечення

ARIES TRM-200 реалізує PI-контролер і виводить сигнал на модуль дискретного виходу контролера. Сигнал керування 4-20 мА надсилається на мікропроцесорний привід Danfoss серії VLT5000 для трифазного двигуна змінного струму з інтегрованим перетворювачем частоти ARIES PCV-1 (34b), який регулює швидкість тривожної стрічки в схемі автоматизації. температура та вологість.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

### 3. РОЗРОБКА СИСТЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ КОНТУРУ КЕРУВАННЯ ТЕМПЕРАТУРИ ХЛІБОПЕКАРСЬКОЇ ПЕЧІ

НУБІП України

#### 3.1 Розрахунок та вибір виконавчих механізмів та регулюючих органів<sup>1</sup>

Технічні характеристики пристроїв і засобів автоматизації схеми регулювання температури в хлібопічній печі наведені в таблиці. 3.1. На рис. 3.1 - 3.5 наведено технічні засоби автоматики, які беруть участь у регулюванні процесу випікання хліба в печі.

Таблиця 3.1

#### Специфікація приладів та засобів автоматизації

НУБІП України

№ п/п	Номер поз. за схемою	Найменування і технічна характеристика виробу	Тип, марка	Од. вим.	К-ть	При м.
1	22а,23а	Термоперетворювач мідний, занурювальний, з вмонтованою у корпус платою перетворення опір-струм з вихідним сигналом 4-20мА, робочий діапазон температури	ТСМ -3-50М	шт.	2	
2	22б,23б	Станція ручного керування аналоговим або імпульсним виконавчим механізмом. Блок ручного задатчика аналогового сигналу. Блок ручного задатчика імпульсних сигналів «більше»-«менше». Цифрова індикація параметра і положення виконавчого механізму. Інтерфейс RS-485..	БРУ-10	шт.	2	
3	22в,23в	Магнітний пускач. Р=10Вт, 100x85x120.	ПМЕ-211	шт.	2	
4	22г,23г	Механізм електричний однообертальний $T_{об}=55с.$ ,	МЭО	шт.	2	
5	22д,23д	Клапан регулюючий голковий. Призначений для ручного й автоматичного керування витрати води при перепаді тиску на клапані не більше 3 МПа ; може бути застосований також для регулювання тиску пари при температурі до 425 0С. Габаритні розміри 48x181x230 мм..	9с-4-2	шт.	2	Котельний завод м.Барнаул

НУБІП України

НУ

ИИ

НУ

ИИ



НУ

Рис. 3.1 - Термоперетворювач мідний TCM -3-50M

ИИ

За своїми динамічними властивостями, термоелектричний перетворювач описується інерційною ланкою з передатною функцією:

$$W_{CE}(s) = \frac{k_{CE}}{T_{CE} \cdot s + 1} \quad (4.18)$$

Коефіцієнт передачі визначаємо за номінальною статичною характеристикою в робочому діапазоні температур [25]:

$$\begin{aligned} \text{При } t = 700^\circ\text{C} \quad U_{700} &= 29,129 \text{ мВ;} \\ \text{При } t = 900^\circ\text{C} \quad U_{900} &= 37,326 \text{ мВ.} \\ k_{CE} &= \frac{37,326 - 29,129}{900 - 700} = 0,04 \text{ мВ/}^\circ\text{C.} \end{aligned}$$

Постійна часу  $T_{CE}$  дорівнює показнику теплової інерції та складає 20 с.

Тоді передатна функція сприймаючого елемента

$$W_{CE}(s) = \frac{0,04}{20 \cdot s + 1}$$

НУБІП України

Н



Н

Н

Н

Рис. 3.2 - Станція ручного керування аналоговим або імпульсним виконавчим механізмом БРУ-10.

НУ



НУ

НУ

НУ

Рис. 3.3 - Магнітний пускач ПМЕ-211

НУ



НУ

НУ

НУ

Рис. 3.4 - Клапан регулюючий голковий 9с-4-2

# НУБІП України





Рис. 3.5 - Механізм електричній одно обертальній МЭО

Передатна функція виконавчого механізму описана інтегруючою ланкою.

$$W_{BM}(s) = \frac{k_{BM}}{s}.$$

Коефіцієнт підсилення визначається за формулою:

$$k_{BM} = \frac{\Delta\varphi}{\Delta z} = \frac{90}{150} = 0.6 \text{ градус/с.}$$

Тоді,

$$W_{BM}(s) = \frac{0.6}{s}.$$

### 3.2. Вибір та обґрунтування структури системи керування та комплексу

технічних засобів

У цій магістерській роботі розроблено безпанельну контрольну точку за допомогою мікропроцесорного контролера та комп'ютера. При використанні комп'ютера для управління технологічним процесом він використовується як пряме цифрове керування, коли на виході ЕОМ формується керуючий сигнал.

який безпосередньо керує приводом; і непрямий або диспетчерський контроль, коли на виході комп'ютера формується сигнал, який змінює завдання локальних контролерів або змінює їх налаштування. Безпосереднє використання керуючого сигналу комп'ютером призводить до побудови ненадійних систем керування, тому між комп'ютером і виконавчим механізмом, який виконує роль локального контролера, встановлюється мікропроцесорний контролер.

Використання мікроконтролера та відсутність локальних регуляторів призводить до значного підвищення гнучкості системи, що дозволяє створювати багатоконтурні системи програмного тракту.

На відміну від традиційних контрольних точок медеа, тут є монітори, друкарське обладнання та екранні мнемоніки, а пряме керування об'єктами здійснюється за допомогою клавіатури та монітора.

При проектуванні пункту керування без пульта необхідно: розробити технічне та інформаційне забезпечення; вибрати спеціалізований програмний комплекс для відображення технологічної інформації та оперативного управління об'єктом (так звана система SCADA); пов'язати його з конкретним об'єктом управління.

У цій дипломній роботі використано мікропроцесорний контролер ОВЕН TRM-200.

Контролер ОВЕН TRM-200 — це мікропроцесорний пристрій, архітектура якого оптимізована для вирішення завдань автоматичного керування процесом. ОВЕН TRM-200 може функціонувати як частина великої розподіленої САУ VIP, яка зв'язується з комп'ютером першого рівня по цифровому каналу зв'язку, і як самостійний технічний засіб, що вирішує комплекс завдань логічного контролю, представлення та документування управління інформацією процесу. .

ОВЕН TRM-200 призначений для керування об'єктами, які вимагають кількох сотень дискретних входів і виходів і до 128 аналогових входів і виходів у

різних секторах. Компактний і модульний ОВЕН TRM-200 має короткий робочий цикл і великий обсяг пам'яті. Він має широкий спектр модулів вводу-виводу, включаючи модулі віддаленого введення-виводу, забезпечує високошвидкісні вимірювачі, точні завдання позиціонування, точне вимірювання аналогового сигналу та має широкі можливості зв'язку.

Оператор працює з пульта в режимі діалогу з автоматичним контролем правильності дій оператора.



Рис. 3.6 – Контролер ОВЕН TRM-200

### 3.3 Розробка принципової схеми системи керування

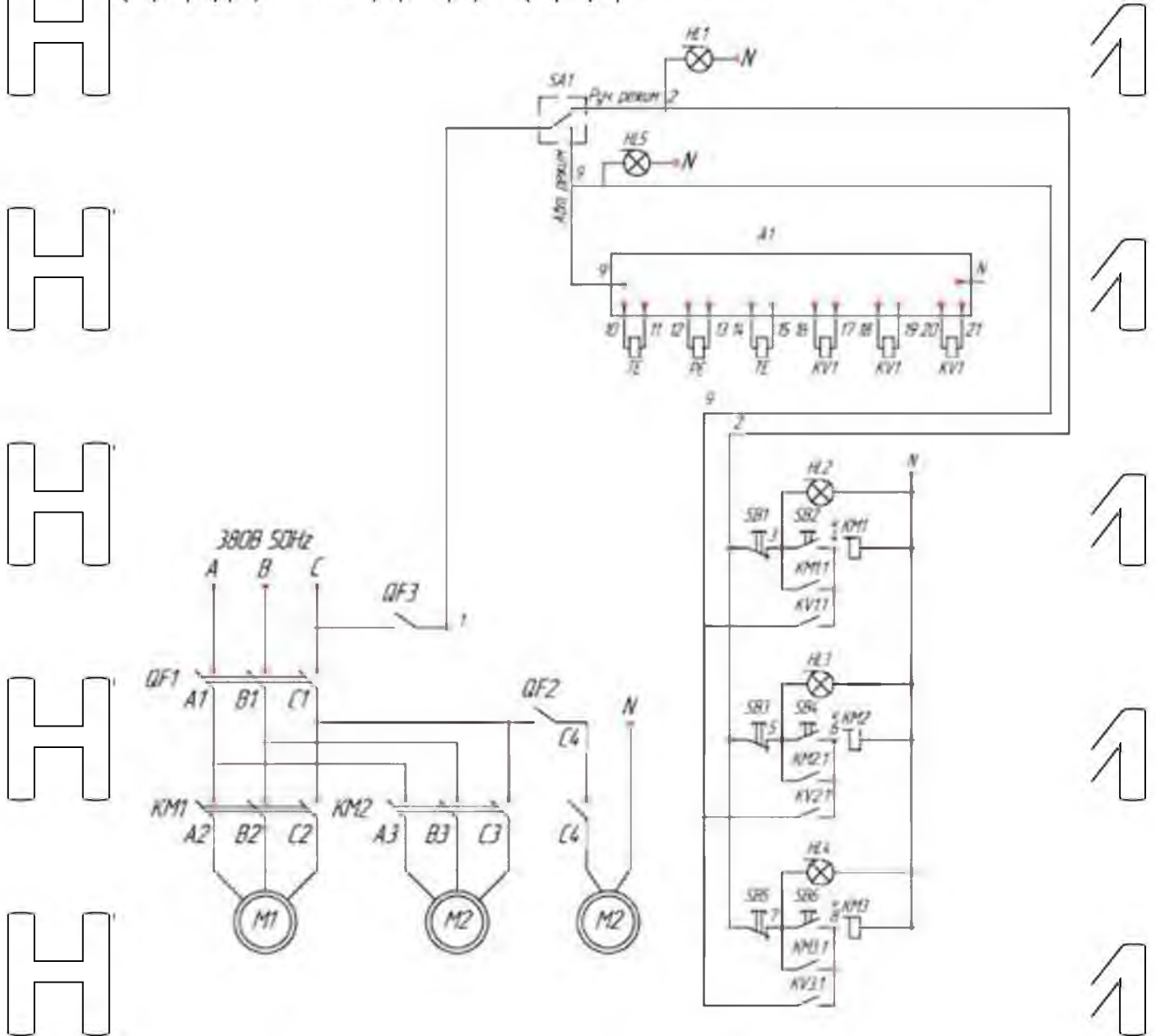


Рис. 3.7 – Принципова конфігураційна схема автоматичного керування

На даному рисунку розроблено базову схему конфігурації автоматичного керування на базі мікропроцесорного контролера ФВЕН ТГМ-200.

Принципова схема системи автоматизації: схема, що показує з'єднання і взаємодію окремих елементів пристроїв автоматики за допомогою символів і кожен елемент схеми виконує певну функцію і не може бути розділений на частини, які мають самостійне функціональне призначення. Таким чином, схеми визначають повний склад елементів системи автоматизації.

Алгоритм роботи базової електричної конфігураційної схеми автоматичного керування, наведеної на аркуші 2, відображається програмою, реалізованою на ЕОМ.

У цій магістерській роботі обробка інформації та формування керуючих дій відбувається в контролері. Як відомо, контролер працює тільки з уніфікованими сигналами, тому для запуску сигналу від датчиків, які мають природний вихідний сигнал, необхідно за допомогою відповідних перетворювачів перетворити цей сигнал в уніфікований. Стандартні аналогові і дискретні сигнали від датчиків і перетворювачів надходять на вхідне ПЗП контролера, де вони вже в цифровому вигляді відправляються безпосередньо для обробки програмою в процесорі. Оброблена інформація надсилається до контролюючих органів через оригінальний ПЗО у вигляді стандартних сигналів.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

## 4 ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНА ЧАСТИНА

На рис. 4.1 наведена схема керування електродвигунами при живленні данцюга управління фазною напругою. За цією схемою здійснюється локальне управління відповідними приводами. Як сигнал тривоги використовується сирена, яка активується контролером у разі аварійної ситуації через проміжне реле, а попереджувальна лампа сигналізує про перед аварійний стан обладнання.

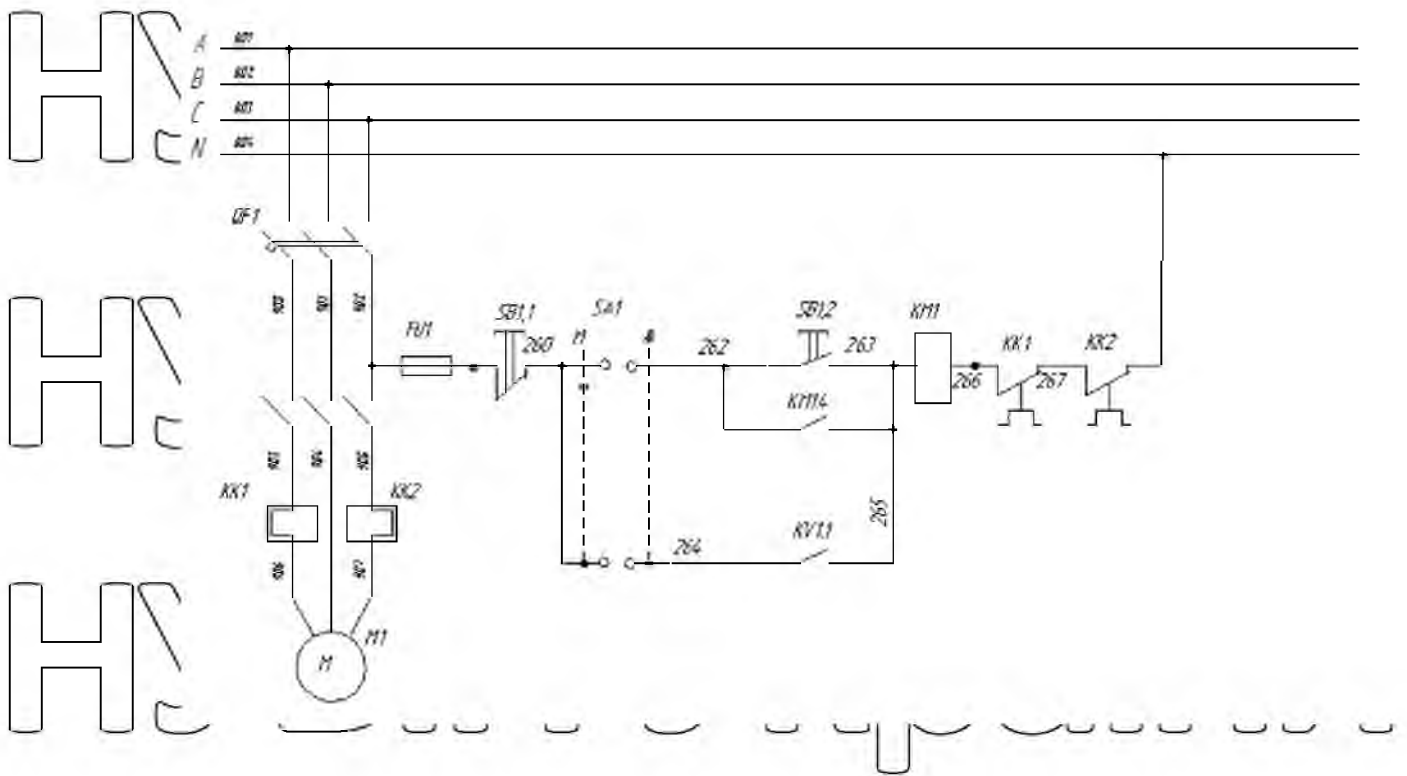


Рис. 4.1 – Принципова схема керування електродвигунами

При натисканні кнопки SB2.1 (кнопка «Пуск») спрацьовує магнітний пускатель KM1, в результаті його контакт KM1.4 замикається, що блокує кнопку «Пуск», тобто при відпусканні цієї кнопки, схема продовжує працювати. Магнітний starter і запускає двигун.

При натисканні кнопки SB1.1 (кнопка «Стоп») розривається ланцюг, на магнітний пускач не подається струм, його контакт KM1 розмикається і двигун зупиняється.

Двигун оснащений тепловим реле для захисту від перегріву. Тому при перегріванні двигуна нормально замкнуті контакти теплових реле KK1 і KK2 розмикаються, ланцюг розривається і двигун зупиняється.

Схема керування електродвигунами наведена на аркуші 3, подібно до схеми керування, описаної вище (див. таблиці відповідності 1, 2).

Його живлення необхідне для роботи системи автоматки.

Проектування енергосистем здійснюється на основі завдання проектування функціональної схеми автоматки (аркуші 1) та основних керуючих електричних схем (аркуші 2).

Основна електрична схема складається в такій послідовності:

- вибрати джерела живлення;
- підбрано та розраховано екрани та групи живлення системи автоматизації;
- спроектована мережа електропостачання;
- спроектована система розподілу;
- виконана принципова схема електроживлення.

Джерело живлення повинно забезпечувати електроприймачі необхідною напругою та живленням, достатніми, щоб відхилення напруги не перевищувало значень, при яких порушується нормальна робота електроприймачів:

- контрольно-вимірювальні та регулювальні прилади -  $\pm 5\%$  від номіналу;
- ланцюгового обладнання контролю та сигналізації, у тому числі реле, -  $5... 10\%$  від номіналу

Апаратура захисту та управління мережею електропостачання та розподілу розміщена в розподільних щитах та електрощитах. Їх вибір і розташування повинні в першу чергу забезпечувати надійність, зручність і безпеку системи електропостачання.

Приймачі систем автоматизації, змонтовані на розподільних щитах і в рейних і самонесучих шафах, зазвичай живляться від розподільних щитів і силових груп, розміщених на мінімально можливих відстанях від відповідних електроприймачів.

Проектування електромережі включає вибір напруги, кількості фаз і проводів, вибір конфігурації електромережі та вирішення проблем резервування; вибір і розташування пристроїв захисту та контролю.

Вибір напруги живлення визначається напругою в ланцюгах живлення приладів і засобів автоматизації з урахуванням напруг, що надходять в систему живлення об'єкта, що автоматизується. Найбільш поширеними в енергосистемах промислових підприємств є трифазні мережі 380/220 В трифазної напруги змінного струму з глухим заземленням нейтралі.

Вибір кількості фаз і проводів електромережі залежить від кількості фаз і від напруги живлення приладів і автоматики.

Вибір конфігурації джерела живлення залежить від категорії об'єкта автоматизації та розташування екранів і груп живлення щодо джерел живлення.

Пристрої захисту та керування в електромережах встановлюються в місцях підключення до джерела живлення та на входах щитів і блоків живлення систем автоматики у фазних провідниках, які зазвичай не з'єднані із землею.

Вхідний кабель живлення підключається до плати живлення через перемикач. Вхідний шнур живлення живить 220 В змінного струму, який використовується для живлення майже всіх електроприймачів.

Як апаратуру захисту та управління застосовують автоматичні вимикачі з електромагнітним розчеплювачем для захисту від короткого замикання.

Вибір характеристик апаратів захисту та управління здійснюється з урахуванням основних вимог ПУЕ. Номінальна напруга  $U_{н.а.}$  апаратів захисту та управління повинна бути більшою або дорівнювати номінальній напрузі мережі  $U_{н.с.}$ , а номінальний струм  $I_{н.а.}$  рубильника, пакетного вимикача, тумблера, автомата та плавкої вставки – більшим або дорівнювати розрахунковому (номінальному) струму кола  $I_p$ .



При виборі безінерційних запобіжників слід враховувати, що плавка вставка не повинна перегорати при короткочасних збільшеннях струму кола, наприклад при запуску електродвигунів.

При виборі характеристик апаратів захисту для двигунів необхідно враховувати пусковий струм двигуна:

$$I_{\text{пуск}} = k_d \cdot I_n,$$

де  $k_d$  – кратність пускового струму.

Зокрема, при виборі запобіжників для захисту електродвигуна  $I_{\text{п.вст.}} \geq$

$0,4I_{\text{пуск}}$ , а при виборі струму уставки електромагнітного розмикаючого автомата  $I_{\text{уст.ел.магн.}} \geq 1,25I_{\text{пуск}}$ .

У колах керування та сигналізації плавкі вставки-запобіжників вибираються з умови:

$$I_{\text{п.вст.}} \geq \sum I_p + 0,1 \sum I'_{\text{в}},$$

де  $\sum I_p$  – номінальний сумарний струм, споживаний котушками апаратів, сигнальними лампами й іншими елементами схеми при її одночасній роботі;

$\sum I'_{\text{в}}$  – найбільший сумарний струм, який споживано при вмиканні котушок апаратів, що вмикаються одночасно.

Для розрахунку струму плавкої вставки використовуємо формулу:

$$I = P_n / (U_n \cdot \cos \varphi),$$

де  $P_n$  – номінальна потужність електроприймача, Вт;

$U_n$  – номінальна напруга електроприймача, В,

$\cos \varphi$  – коефіцієнт потужності.

Принципова схема електроживлення наведена нижче

При виборі апаратури захисту в розподільчих мережах зазвичай віддають перевагу комплексу пакетного вимикача-запобіжника, або ж встановлюють автоматичні вимикачі. В даній магістерській роботі для зниження напруги пе-

реносного електроінструменту використовується понижуючий трансформа-

тор (220/36 В) типу ОСМІ-0,25, в його вихідному колі встановлено запобіж-

ник типу ПП. Для стаціонарного освітлення використовується лампа Е27.

Розраховуємо номінальні струми розмикачів автоматичних вимикачів відповідно за формулою:

$$I = \frac{P_n}{U_n \cdot \cos\varphi}$$

де  $P_n$  - номінальна потужність електроприймача, Вт;

$U_n$  - номінальна напруга електроприймача В;

$\cos\varphi$  - коефіцієнт потужності.  $\cos\varphi = 0.95$  Розраховуємо номінальні

струми розмикачів автоматів

- для загального живлення:

$$I_1 = \frac{2000}{220 \cdot 0.95} = 9.57 \text{ A}; I_{н.р.} = 10 \text{ A};$$

- для внутрішнього освітлення:

$$I_2 = \frac{25}{220 \cdot 0.95} = 0.12 \text{ A}; I_{н.р.} = 0.5 \text{ A};$$

- для електроінструмента та переносного освітлення:

$$I_3 = \frac{150}{36 \cdot 0.95} = 4.38 \text{ A}; I_{н.р.} = 5 \text{ A};$$

- для понижуючого трансформатора:

$$I_4 = \frac{150}{220 \cdot 0.95} = 0.72 \text{ A}; I_{н.р.} = 1 \text{ A};$$

- для ОВЕН ТРМ-200

$$I_5 = \frac{60}{220 \cdot 0.95} = 0.29 \text{ A}; I_{н.р.} = 0.5 \text{ A};$$

#### 4.1 Проектне компоновання пункту управління

Розташування контрольних пунктів визначається з урахуванням особливостей технологічного процесу, вимог пожежної безпеки до конструкційного проектування складних будівельних рішень, прийнятих у різних галузях, зручності керування автоматизованою системою.

При проектуванні електрощитів дотримуються наступні вимоги, розглянуті нижче.

Не можна розміщувати панелі у виробничих приміщеннях з надмірною тепловіддачею, наявністю шкідливих газів, технологічним процесом з виділенням вологи, під вентиляційними камерами загальної вентиляції.

Контрольні точки не повинні піддаватися впливу вібрації, магнітних полів, що виникають від електричних систем та обладнання. Наявність магнітних полів у місці диспетчерської може призвести до подальшого виходу пристрою з ладу.

Між виробничими приміщеннями та контрольними пунктами повинні бути забезпечені зв'язки. Коридори, що ведуть до диспетчерської пульту, не повинні ускладнювати транспортування панелі та іншого встановленого в них обладнання.

Проектом необхідно передбачити наявність в операторському просторі таких функціональних зон:

- контроль та управління з боку операторів;
- визначення показників та інших розрахунків;
- загальні відомості з мнемотехнікою;
- відпочинок.

Через електрощити не можна прокладати транзитні трубопроводи опалення, водопостачання, каналізації, вентиляції, технологічні та газопроводи.

Параметри оточуючого середовища повинні створювати комфортні умови для роботи оператора: температура 19-20°C, відносна вологість 40-60%, рівень шуму не більше 70 дБел, вентиляція приміщення повинна забезпечити п'яти кратний обмін очищеного повітря за годину, природне освітлення не

менше 100% (площа вікон до площі підлоги 12-18%), освітленість 100-150Люкс.

В якості засобів пожежегасіння в пунктах управління слід застосовувати вуглекислотні і порошкові вогнегасники, а також пісок і інші засоби пожежегасіння.

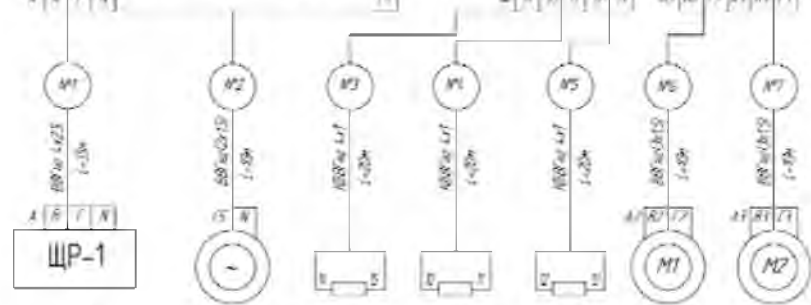
Електрична і трубна проводки в пунктах управління повинні бути прокладені закритим способом. Для цього можуть використовуватись спеціальні канали або подвійні поли чи кабельні поверхи, короби чи захисні труби.

Підлога в щитових приміщеннях повинна бути не струмопровідною, що може значно підвищити електробезпеку цих приміщень. Вона повинна запобігати потраплянню вологи і шкідливих газів.

Вихід з диспетчерської на виробництво з хімічно активним середовищем повинен відбуватися через коридор.

Приміщення контрольного пункту повинні мати вікна, які забезпечують достатню кількість природного освітлення.

Операційне та аварійне освітлення повинно забезпечуватись в приміщеннях пульта як від загальної мережі, так і від мережі аварійного освітлення автоматизованої системи. Проводка прокладається прихованим способом.



Назва обладнання	Щит живлення	Середовище	Датчик температури	Датчик температури	Датчик тиску	Датчик вологості	Датчик тиску
Пульт	ЩП-1	РЕНАТЕ STR 094	ТМ-1887	ТМ-1887	ТМ-2007	ТМ-06-22	ТМ-14-16

Рис. 4.2 – Схема електрична підключення системи контролю температури

При встановленні екранів в електрощитах необхідно дотримуватись вимог чинних нормативних документів щодо дозволеної ширини проходів між рядами екранів, відстаней між струмоведучими частинами приладів та приладами, розміщеними на протилежних рядах екранів

При проектуванні панельних конструкцій виконайте наступну послідовність дій:

вибір типу та конструкції щита, його розмірів;

розташування пристроїв всередині щита;

визначення кількості комутаційних клем;

вибір електричної системи та труб.

Вибір типу і конструкції екрана в першу чергу визначається його експлуатаційним призначенням і співвідношенням між площею двигуна і сенсорними полями. Оскільки спроектована дошка буде знаходитися в спеціальному приміщенні, необхідно використовувати щитовий щит.

По висоті на бортах дощок обладнання прийнято розміщувати в кількох рядів, як правило, в 2-3 ряди. Рекомендований діапазон для розміщення пристрою становить 900-1900 мм. Індикаторні прилади монтують на висоті 800-1900 мм, а контрольні - на висоті 900-1900 мм. Обладнання оперативного контролю та управління повинно розташовуватися на висоті 800-1600 мм. Пристрої розташовуються симетрично на платі, мінімальна відстань між сусідніми приладами повинна бути 30-60 мм. Написи в рамках під приладами повинні бути лаконічними, повністю визначати призначення елемента.

В даному випадку, щоб забезпечити розміщення усіх засобів автоматизації, приладів та апаратів, для щита оператора доцільно взяти щит панельний каркасний закритий з права типу ЩПК-ЗП. Враховуючи габаритні розміри приладів відстань між ними, обираємо такі габарити щита: 2200×800×600 мм.

Розміщення і з'єднання апаратури електроживлення виконуємо відносно до схеми електроживлення.

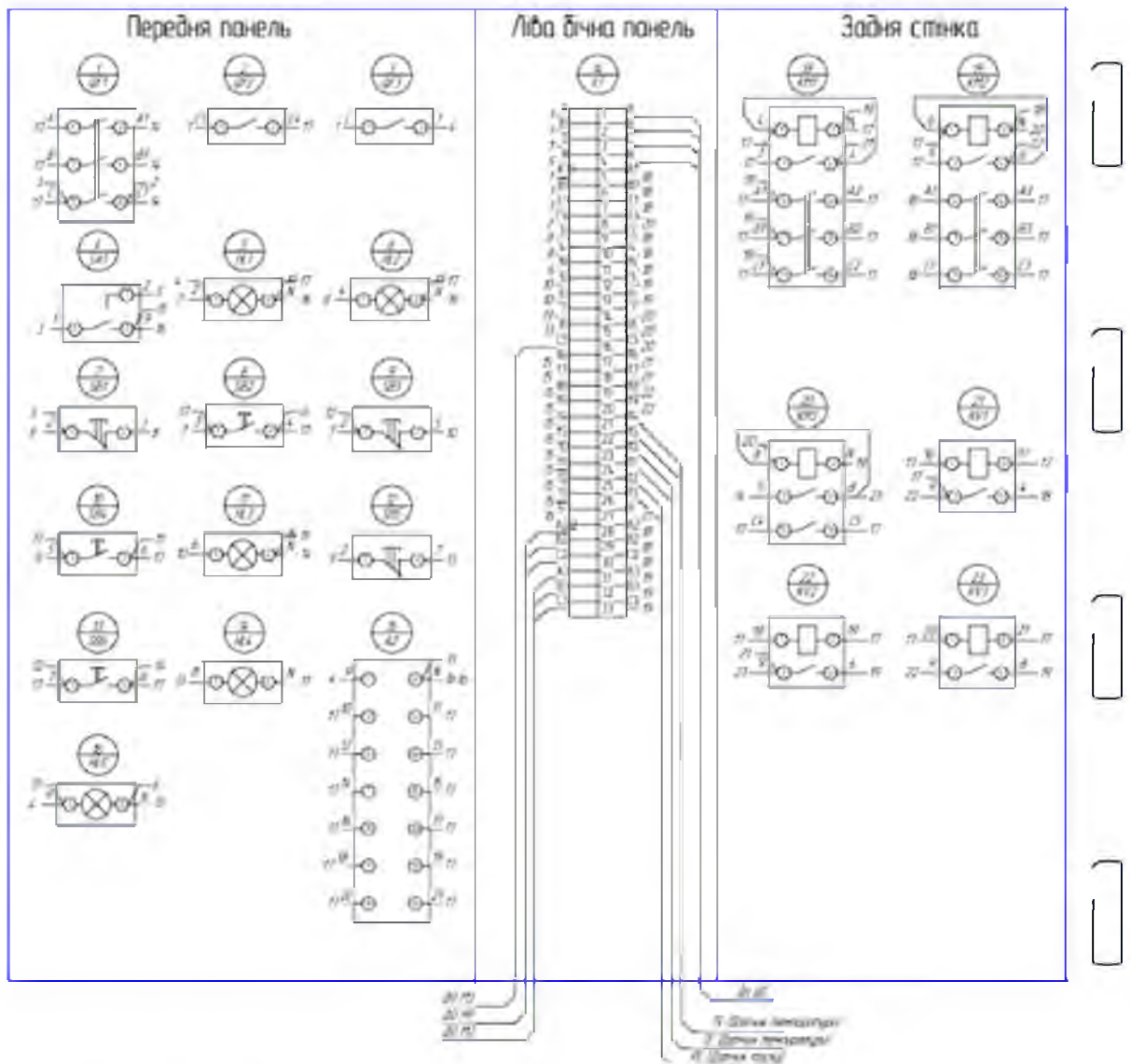


Рис. 4.3 – Схема електрична з'єднань контроль температури

Після розташування обладнання, клемні групи в центрі екрану вибирають електропроводку відповідно до призначення та умов прокладки. При виборі електропроводки враховуйте допустиме струмове навантаження (опір лінії) і тип з'єднувальних пристроїв.

У даній дисертації метод візуал зачі використовується для подання інформації про хід технологічного процесу. Основним елементом методу відображення представленої інформації є мнемоніка екрану, яка не тільки показує стан об'єкта, але й дозволяє перевірити його. Існують наступні типи мнемотехніки.

- постійний

- діалог  
- з'явиться  
**НУБІП України**  
 Перший завжди знаходиться на екрані, його можна переміщати, але

не видаляти. Мнемоніка постійно застосовується до головного вікна екрана.

**НУБІП України**  
 На екрані виклику відображається спливаюча мнемоніка, яку можна будь-коли видалити.

Кількість постійних спливаючих мнемонік, які одночасно відображаються на екрані, не обмежена. Мнемоніка діалогу керується як спливаюче

**НУБІП України**  
 вікно, але на екрані може одночасно відображатися лише одна мнемоніка діалогу. Як правило, таким чином використовується мнемотехніка. Мнемонічна константа дає загальну картину технологічного процесу. Спливаючі мнемоніки, викликані константою, дозволяють опустити більш детальну картину процесу. Нарешті, невеликі діалогові мнемоніки, які викликають

**НУБІП України**  
 спливаючі вікна, надають детальну інформацію про кожен блок та його елементи керування. Структура мнемотехніки зазвичай шарувата. Перший шар – це шар графічних примітивів, який містить зображення статичних і динамічних елементів, переважно технологічного процесу заданого кольору.

**НУБІП України**  
 Другий шар – тривимірний. Містить зображення самописців, індикаторів і командирів.

**НУБІП України**  
 Щоб побачити модифікацію дискретної змінної в мнемоніці, скористайтеся зміною кольору тексту та фону відповідного прямокутного вікна. Цей елемент мнемотехніки може бути як активним, так і пасивним. У першому випадку він поєднує функції індикатора стану дискретної змінної та кнопки введення її нового значення, у другому лише індикатори.

**НУБІП України**  
 Статус аналогової змінної відображається на мнемосхемі за допомогою вертикального (горизонтального) позиційного або цифрового дисплея. Індикація позиції стану здійснюється за допомогою покажчика або покажчика зі шка-

дою, і їх колір змінюється, коли аналогова варіація досягає певної межі. Цифровий індикатор може бути пасивним або активним. В основному він має кнопку для введення нового значення шляхом аналогової модифікації. Його колір також може змінитися на безпрецедентні значення аналогової змінної.

Реєстратор являє собою прямокутне вікно зі шкалою, рамкою та масштабною сіткою. У вікні представлені графіки зміни значень різних аналогових змінних у реальному часі.

#### 4.2 Написання програмного коду для системи

Написання програми реалізації даного проєкту відбувалося в середовищі Tia Portal. Ця програма призначена для написання програмного забезпечення для систем автоматизації процесів від рівня приводів і контролерів до рівня людино-машинного інтерфейсу. TIA Portal має такі інструменти для використання:

- підбір та налаштування параметрів обладнання;
- вибір промислових комунікаційних систем;
- створення програми для контролерів;
- створення, вибір та розстановка операторських панелей SIMATIC;
- тест системи.

Базова версія STEP 7 має такі мови програмування, стандартизовані відповідно до DIN EN 61131-3:

- FBD - Function Block Diagram – функціональні блокові діаграми;
- LAD – Ladder Diagram – релейно-контактна логіка;
- STL - Statement List – машинний код або мова асемблер.

Для написання програми було обрано релейно-контактну логіку. Вона є простою та легкою в написанні коду. Створюємо проєкт, додаємо наш контролер та модуль розширення. Задаємо IP адрес контролера (рис. 4.4).



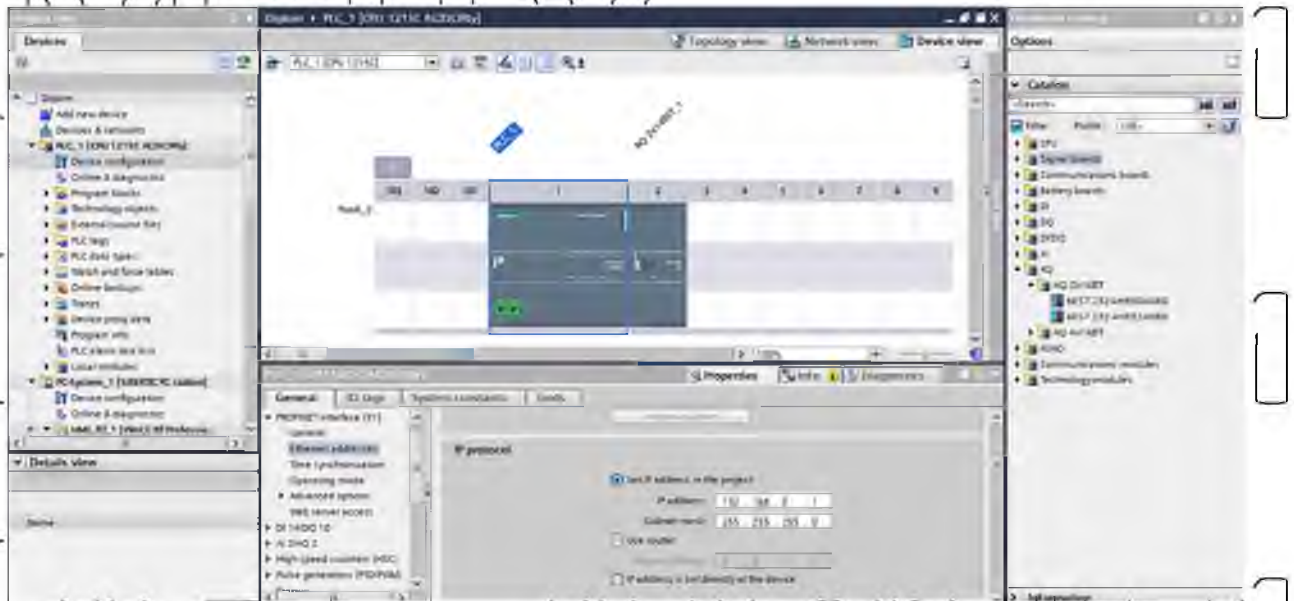


Рис. 4.4. Додавання контролеру та розширювального модулю  
 Переходимо в вкладку Topology view та об'єднуємо наш контролер з робочою станцією (рис. 4.5).

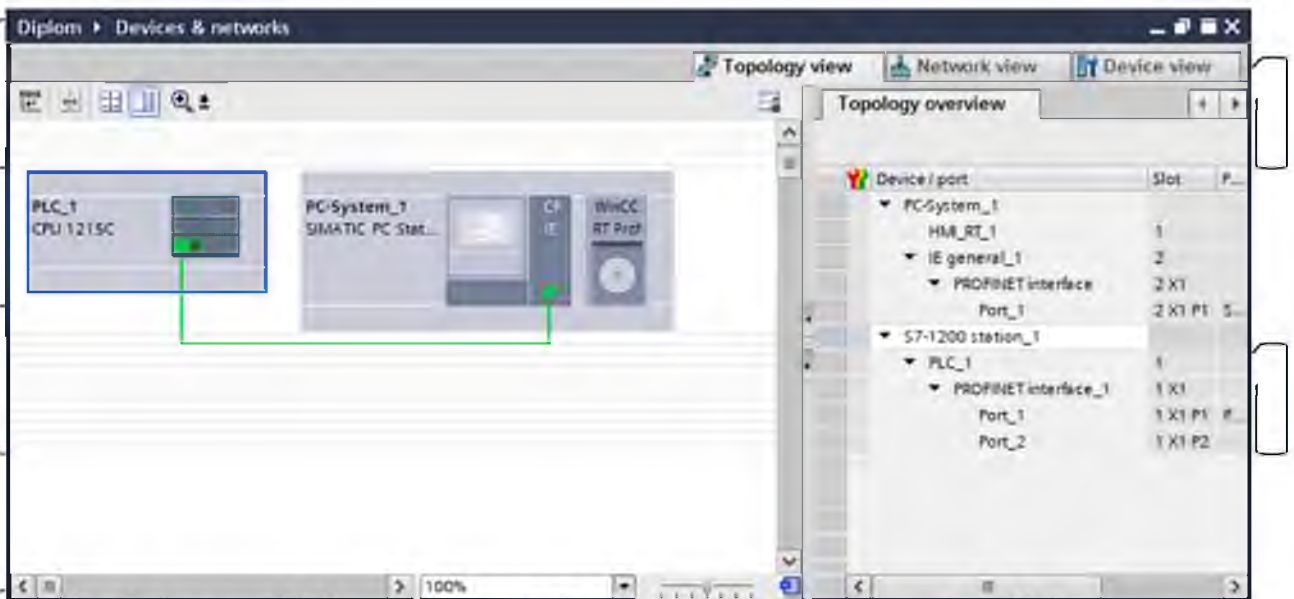


Рис. 4.5. Об'єднання PLC з компютером  
 Потім відкриваємо «Програмні блоки» на лівій панелі. Основну програму, що виконується контролером, необхідно перенести в «Головну». Програма для реалізації цього проекту написана в середовищі Tia Portal.

Ця програма призначена для написання програмного забезпечення для систем автоматизації процесів від рівня приводів і контролерів до рівня людина-машинного інтерфейсу. «Vent» / «Svet» / «Temperatura» - програми, що виконуються контролером (підпрограми) (рис. 4.6).

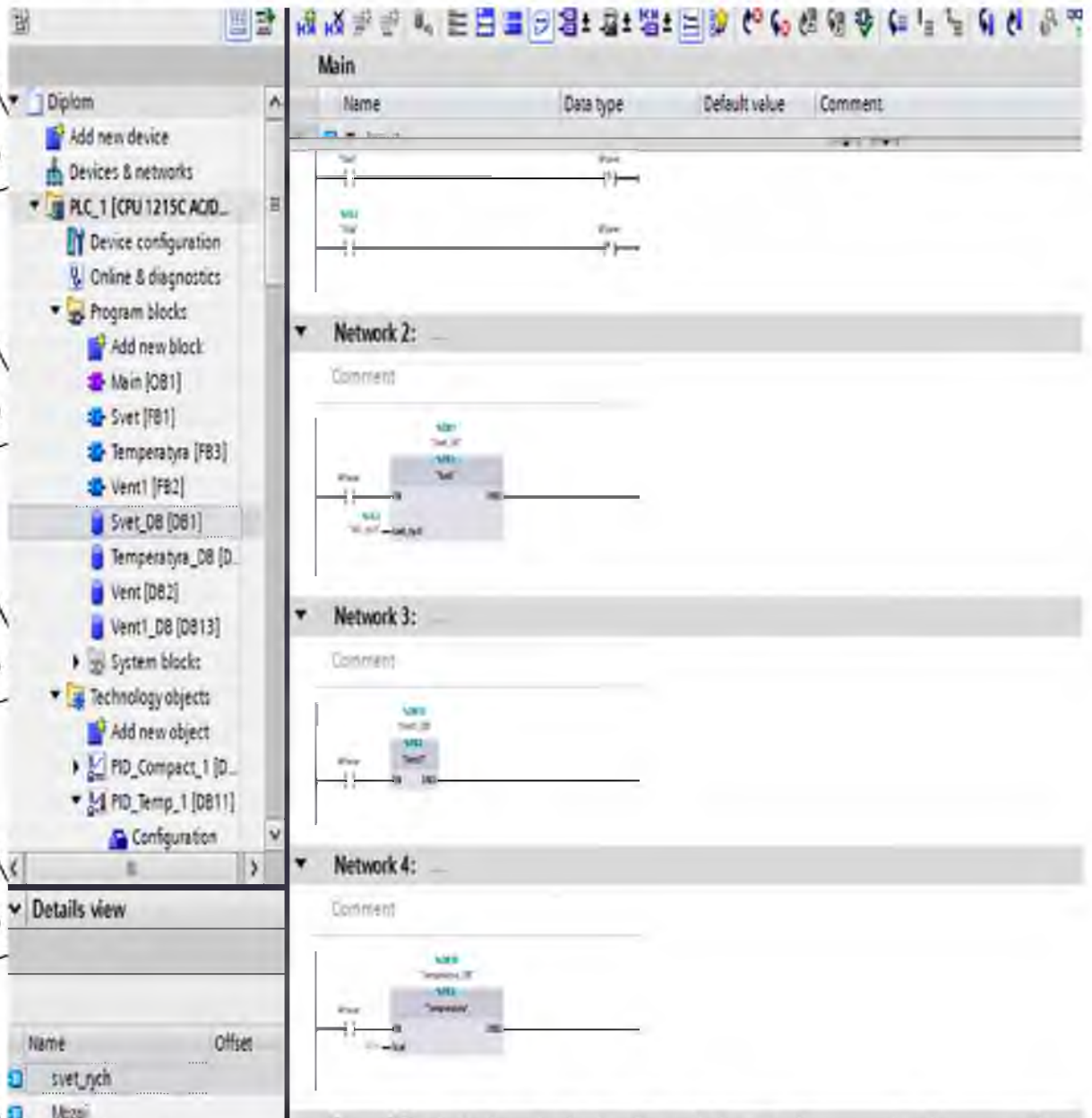


Рис. 4.6. Основна програма задана в контролері

В даній програмі реалізовано 3 підпрограми: керування вентиляцією, освітлення та температурою. Підпрограми можна вмикати як окремо так і разом в автоматичному режимі.

Програма для освітлення керується температурою та світловими погачками, які надходять в п.ч (рис. 4.7).

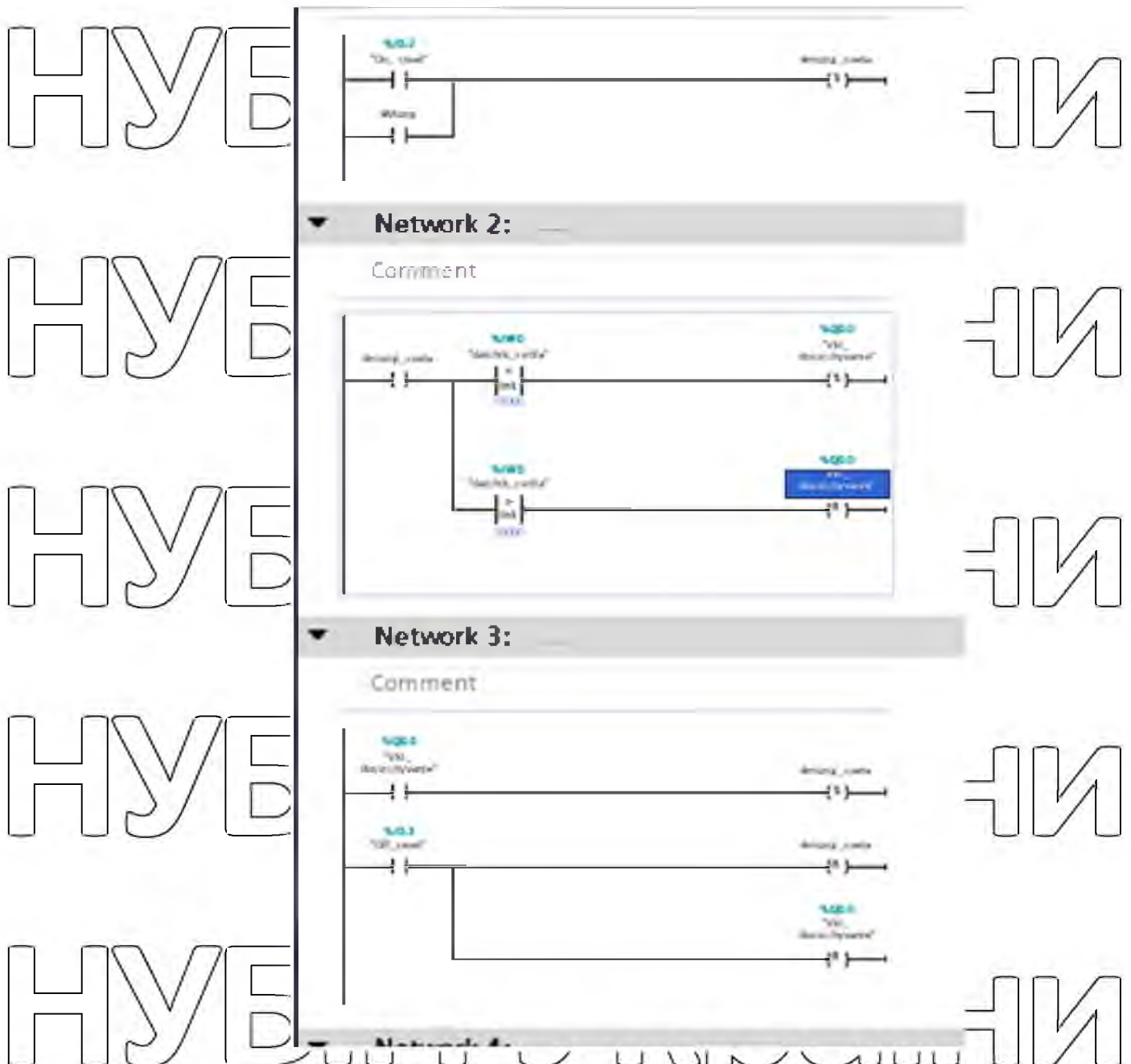


Рис. 4.7. Фрагмент підпрограми освітлення в автоматизованій системі

Підпрограма для контролю температури підтримує зміну параметрів ПІД-регулятора. При зміні заданих параметрів які задав розробник, ПІД-регулятор налаштується в автоматичному режимі (рис. 4.8).

НУБІП України

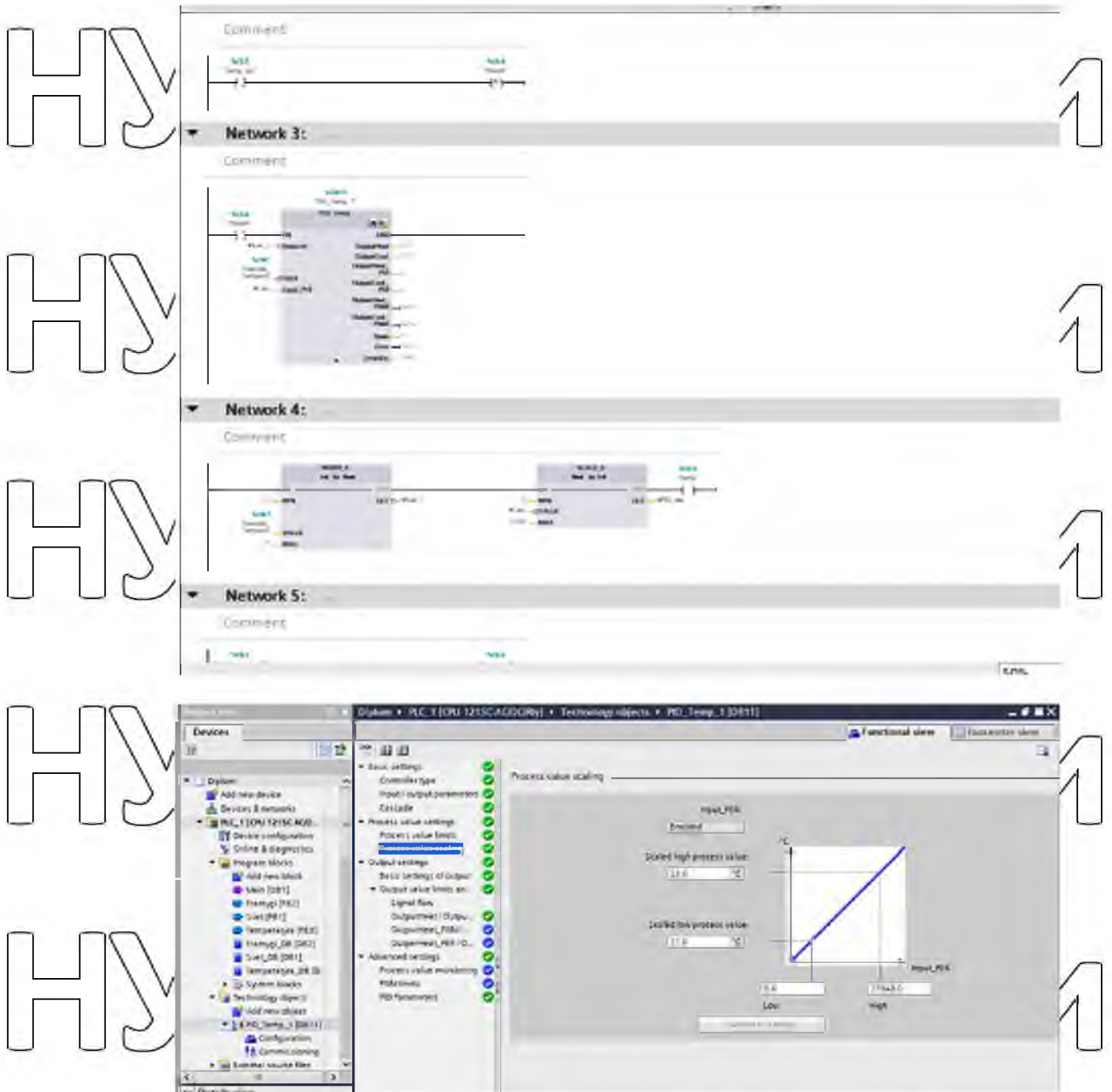


Рис. 4.8. Підпрограма для контролю температурою

Сторінка візуалізації. На даній сторінці відбувається зображення програма міста зображає картинку керування для оператора (рис 4.9).

НУБІП України

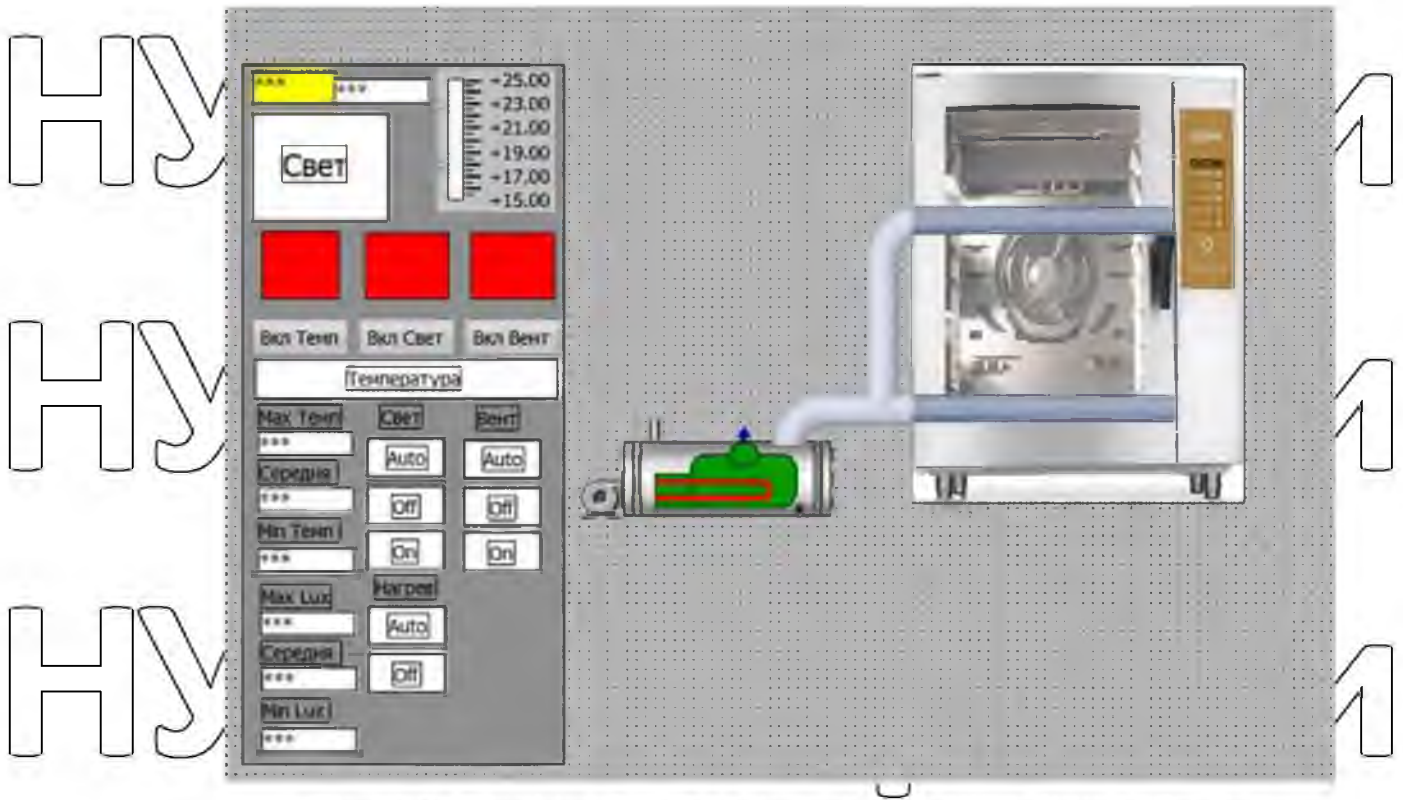


Рис. 4.9. Сторінка SCADA системи по управлінню світлом

вентиляторам та температурою  
На даній сторінці зображено SCADA система для керування та зада-  
вання параметрів у печі.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

### 4.3 Побудова перехідного процесу із використання імітаційного моделювання та оцінки його якості

Виконуємо імітаційну модель САК використовуючи програмне забезпечення MATLAB Simulink (рис. 4.10) та отримуємо результати (рис. 4.11):

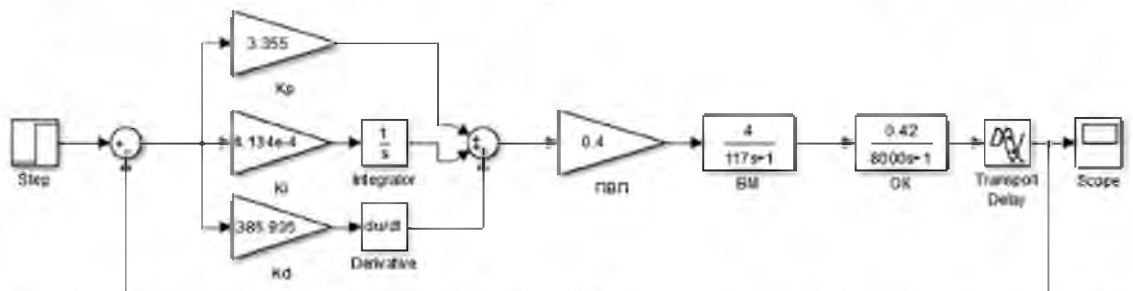


Рис. 4.10. Створена модель САК в якій використовується ПД-регулятор

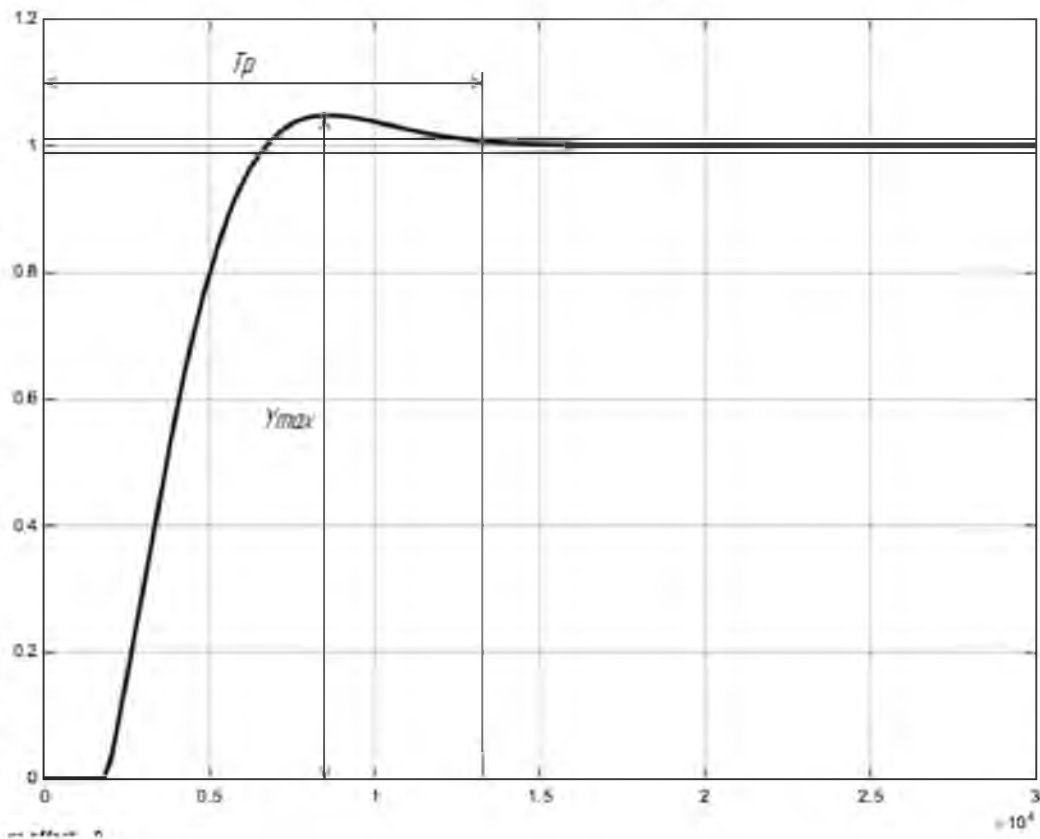


Рис. 4.11. Отримані дані за допомогою моделі

Аналіз процесу показав те що час регулювання склав  $T = 13000\text{с}$ , перерегулювання 3%, коливальність  $\sigma = 0$

В програмі MATLAB Simulink LTI побудуємо Амплітудно-фазову характеристику, амплітудну та фазову частотні характеристики (рис. 4.12 та 4.13).

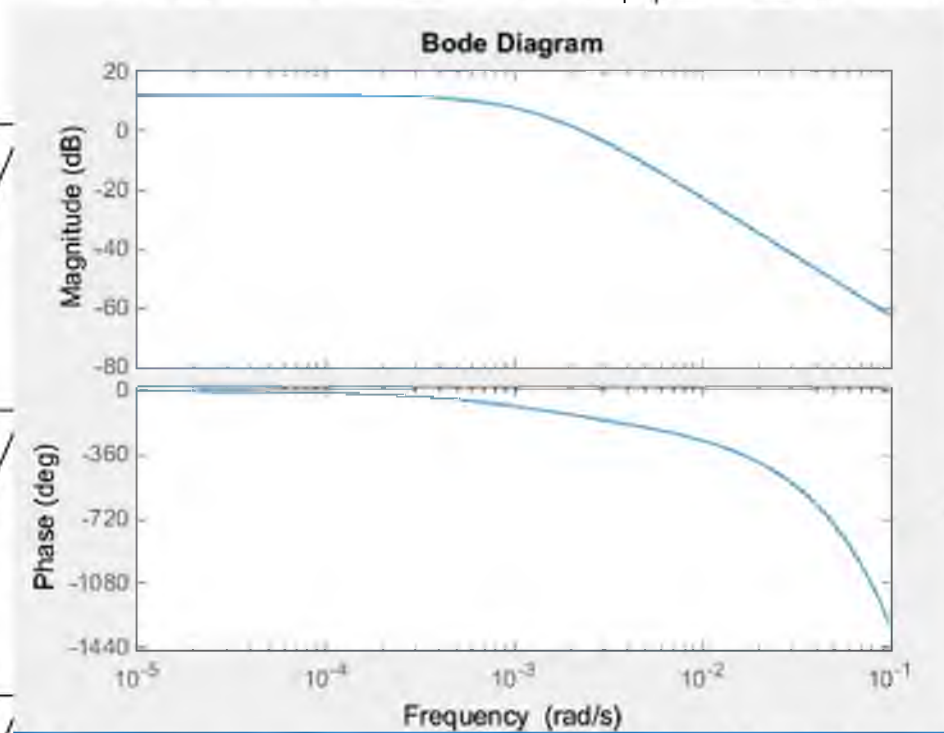


Рис. 4.12. Зображені АЧХ, ФЧХ/САФ

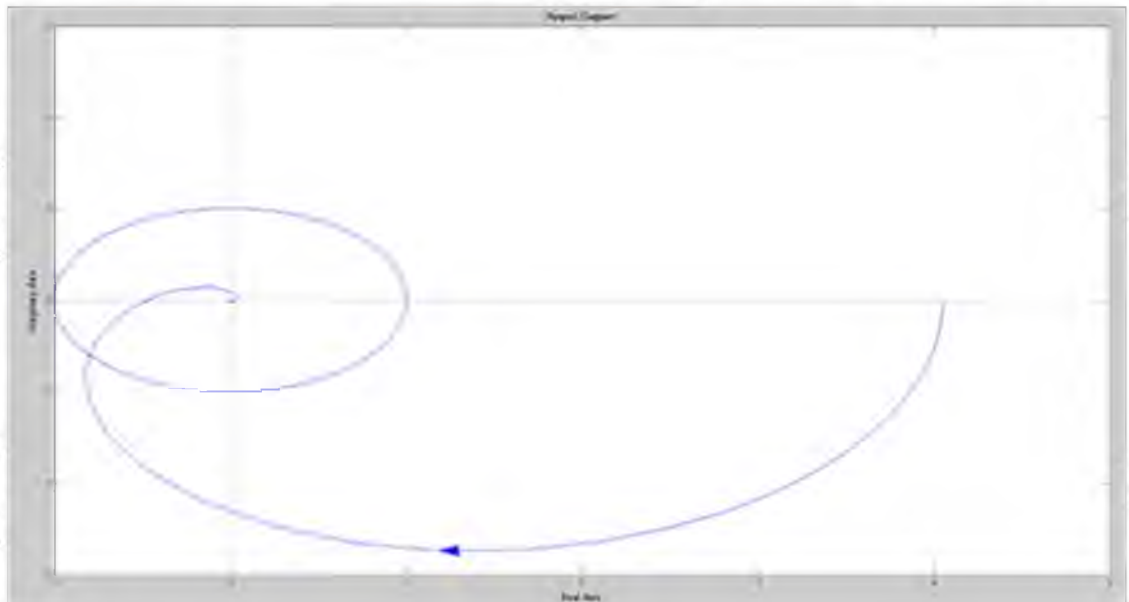
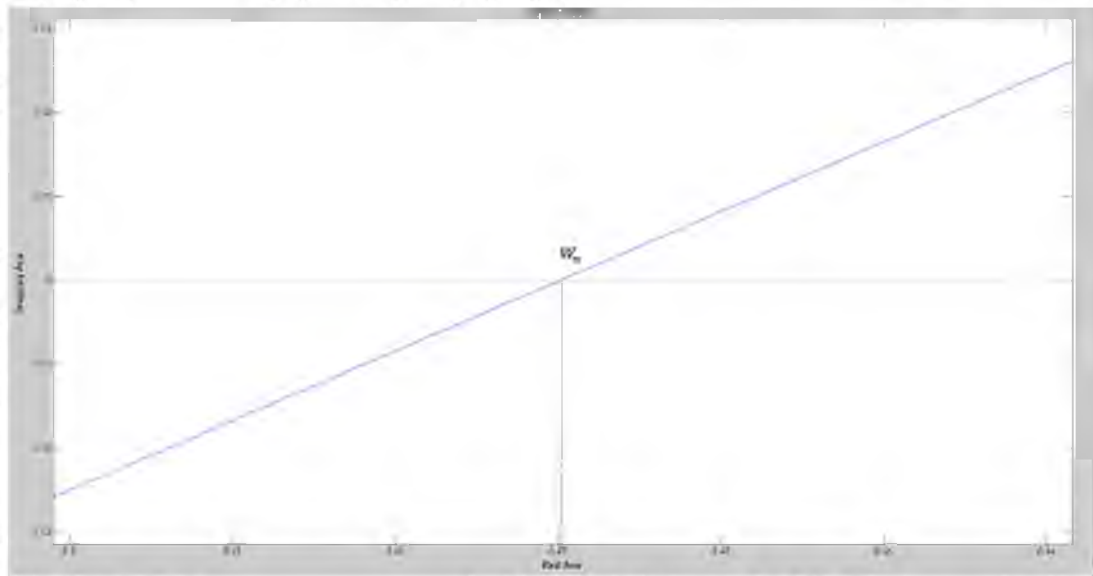


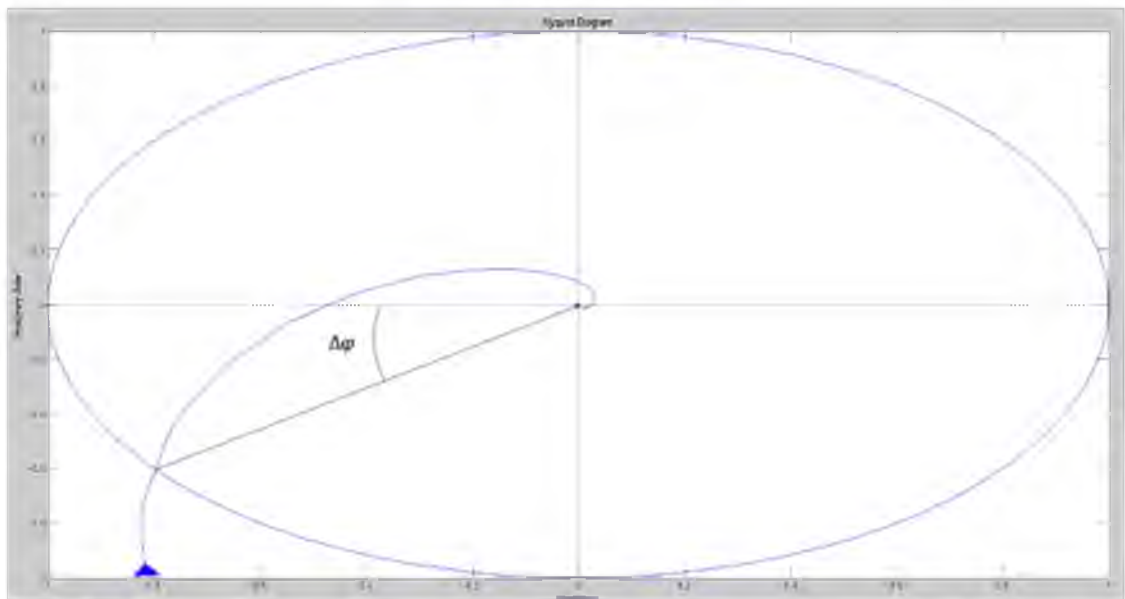
Рис. 4.13. АФЧХ системи

Дізнаємося на скільки наша система стійка за допомогою знайденої АФЧХ



$$\Delta L = 20 \lg \frac{1}{|W_R|} = 20 \lg \frac{1}{0.4695} = 7.3 \text{ — знайшовши стійкість по амплітуді}$$

визначасмо по фазі



$$\Delta \varphi = 25^\circ \text{ — запас за фазою}$$

Виходячи з результатів зроблених вище можна зробити висновок щодана система стійка і в ній можна не використовувати пристрій для корегування.

НУБІП України



#### 4.4 Структура САК

Кожен рівень САК виконує свою задачу (рис. 4.14).

На найвищому рівні знаходиться система SCADA, диспетчерська система для збору інформації та управління всією системою.

Control на цьому рівні є збір даних і управління системою на основі датчиків, регуляторів, виконавчих механізмів.

Input/Output - це нижчий рівень, вихід-введення інформації, до якого входять датчики, виконавчі механізми та регулятори.

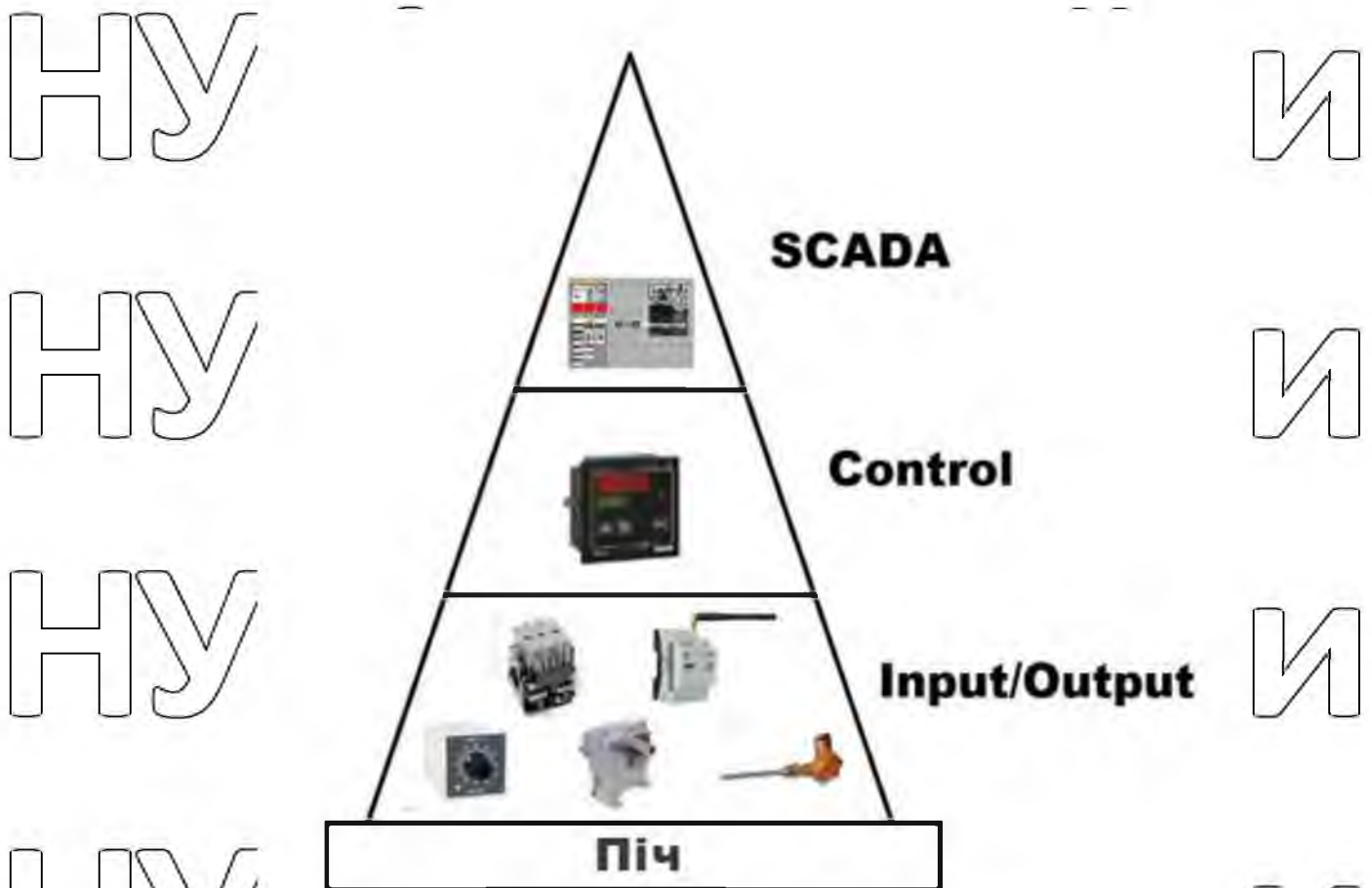


Рис. 4.14. Піраміда структури автоматичної системи керуванням температурою та освітленням.

#### 4.5 Управління приладами ОВЕН через «Хмару»

Мережевий шлюз ОВЕН ПЕ210 призначений для підключення пристроїв ОВЕН до хмарного сервісу OwenCloud через канал Ethernet. Інтерфейс RS-485 інтегрований в ПЕ210 для зв'язку з пристроями.

Сервіс OwenCloud використовується для віддаленої роботи з обладнанням компанії ОВЕН та інших виробників: моніторинг, управління, збір і передача даних, повідомлення про інциденти.

Після запуску пристрій ОВЕН ПЕ210 автоматично отримує доступ до Інтернету та підключається до сервера OwenCloud. Підключення використовує унікальний ідентифікатор, встановлений у програмному забезпеченні OWEN Configurator (за замовчуванням є серійний номер). Якщо з'єднання не встановлено після чотирьох спроб, шлюз перезапуститься.

Після встановлення з'єднання з хмарним сервісом OwenCloud пристрій переходить у режим очікування команд із сервера та передає їх на лінію RS-485. Дані, отримані з лінії RS-485, зберігаються в буфері і далі передаються на сервер OwenCloud.

Шлюз автоматично перезапускається кожні 12 годин, починаючи з моменту активації, якщо в цей час на сервер не передаються дані.

Шлюз налаштований відповідно до протоколу ModBus.  
При необхідності потрібно вручну вказати IP-адресу та налаштування мережі в програмі «OWEN Configurator».

Серійний номер шлюзу повинен використовуватися як ідентифікатор для підключення до хмарної служби. При підключенні пристрою до USB-порту живлення пристрою не потрібно.

НУЕ

НУЕ

НУЕ



ІНИ

ІНИ

ІНИ

НУБІП України

Рис. 4.15 Шлюз мережевий SVEN PE210

#### Застосування:

НУБІП України

- Системи керування автоклавом.
- Моніторинг температури в холодильних камерах.
- Автоматизація дозування компонентів бетонозмішувального вузла.

НУБІП України

- Автоматизація верстатів різання металу.
- Автоматизація підрахунку хлібобулочних виробів.
- Автоматизація холодильних систем.

НУБІП України

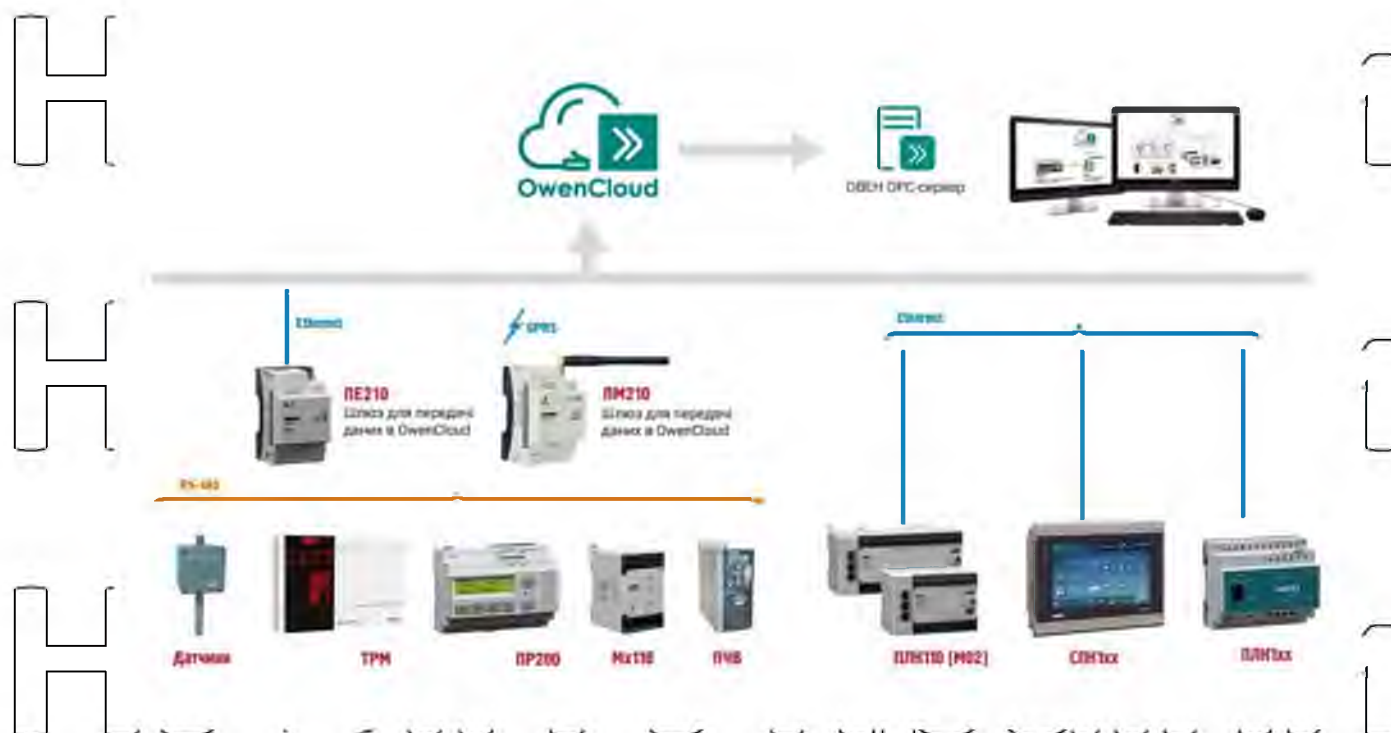


Рис. 4.16. Інтеграція зі SCADA

Безкоштовний сервер OPC збирає та передає дані від віддалених об'єктів до систем SCADA.

Можливість доступу до пристроїв з будь-якого мобільного пристрою або комп'ютера. Адаптивний веб-інтерфейс залишається зручним на пристроях будь-якого розміру.

Додаток OwenCloud розроблено для використання сервісу з мобільних пристроїв планшетах на Android.

У програмі доступні наступні функції:

- **Актуальні дані.** Моніторинг поточних показань приладу.
- **Таблиці.** Збережіть історію налаштувань пристрою у вигляді таблиці.
- **Графіки.** Збереження історії змін налаштувань пристрою в графічному вигляді з можливістю вибору відображених графіків.
- **Аварії.** Push-сповіщення не змусять вас пропустити важливі події.

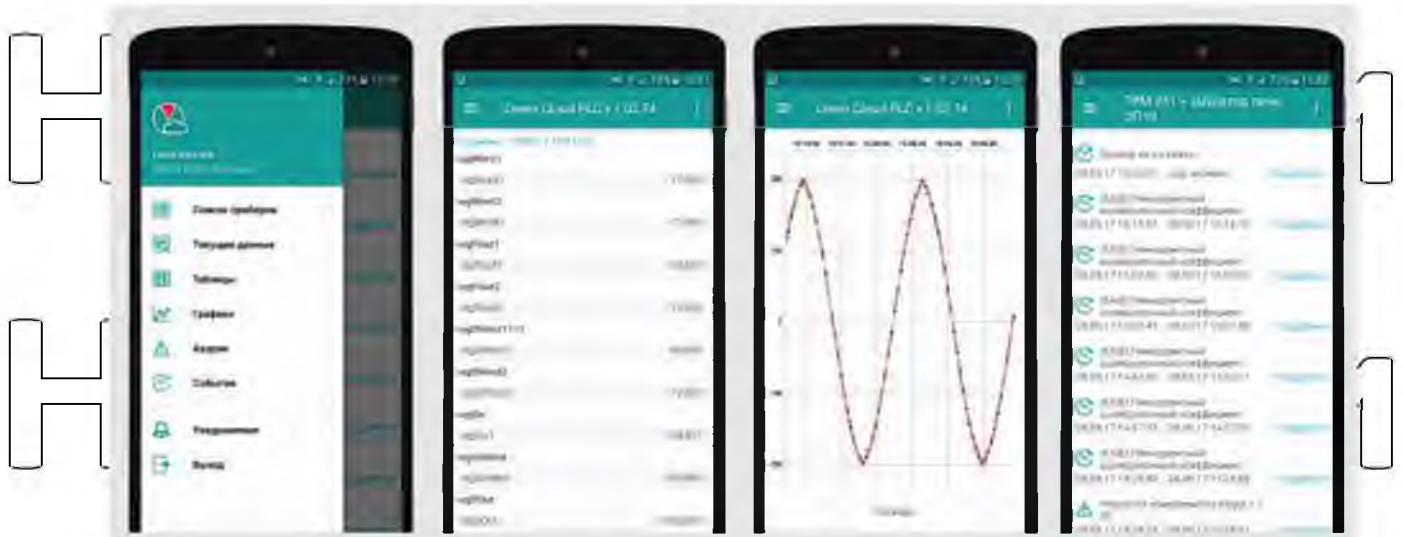


Рис. 4.17. Мобільний інтерфейс

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

## РОЗДІЛ 5. РОЗРАХУНОК ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ПРОЕКТУ-СИСТЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ

# НУБІП України

Проведемо розрахунок економічної ефективності АСУ ТП при впровадженні її на Фастівському ХПП на лінії виробництва хліба «Український».

В даному проекті використовуються такі засоби автоматизації:

- Процесор ОВЕН ТРМ-200- 7300 грн.
- Модулі дискретних/аналогових входів/виходів – 14080,6 грн.
- Шасі та з'єднувальні проводи та засоби для створення мереж -9500 грн.

- ПК – 2500 грн.
- Перетворювач вологості – 581 грн. (1 шт)
- Датчик контролю положення – 387,4 грн (2 шт).
- Датчик-реле тиску – 6407 грн (2 шт).

- Датчик індуктивний – 436 грн (3 шт).
- Ваговимірювальний тензодатчик – 1192 грн (2 шт)
- Частотний перетворювач Autonics – 7200 грн. (3шт)
- Датчик температури – 1476 грн. (10шт)

- Датчик рівня – 1788 грн.
- Мікропроцесорний привод – 2500 грн (1 шт)
- Електропривід МЗО – 5141 грн. (3шт)
- Інше – 10000 грн.

Всього – 70 689грн

Розрахунок економічної ефективності проведено на основі техніко-економічних показників, відповідно в табл. 5.1

# НУБІП України

# НУБІП України

Таблиця 5.1

## Розрахунок економічної ефективності

Показники	Одиниця вимірювання	Значення
1. Продуктивність лінії	т/добу	31,6
2. Кількість діб роботи лінії	діб	330
3. Вихід хліба до автоматизації	% до маси борошна	144
4. Витрата газу	м <sup>3</sup> /т	55
5. Витрата пари	кг/т	56
6. Витрати інших основних матеріалів:		
дріжджі	кг/100 кг борошна	1,2
сіть	кг/100 кг борошна	1,3
вода	кг/100 кг борошна	50,2
7. Вартість основних матеріалів:		
борошно житнє	грн/т	1250
дріжджі	грн/т	3200
сіть	грн/т	180
вода	грн./т	50
пара	грн./т	90
газ	грн./1000куб.м	980
8. Тарифна ставка робітника, що вивільняється	грн./год	4,90
9. Доплата за роботу:		
в нічні години	% до тарифної ставки	75
в святкові дні	% до тарифної ставки	100
у вихідні дні	% до тарифної ставки	100
10. Премії	% до загального фонду заробітної плати	80
11. Відпускні	% до загального фонду заробітної плати	8
12. Відрахування в соціальні фонди	% до загального фонду заробітної плати	37,08

13. Амортизаційні відрахування	% від загальної вартості засобів автоматизації	21,925
14. Витрати на утримання та експлуатацію	% від загальної вартості засобів автоматизації	13
15. Споживча потужність	1 кВт	3,5
16. Вартість 1 кВт/год	грн./кВт	0,23
17. Рівень ризику	%	25
18. Термін експлуатації засобів автоматизації	роки	5
Автоматизація забезпечує: зменшення витрат пари на 3,5%, зменшення упікання хліба на 0,5 % до маси борошна; зменшення витрат газу на випікання на 3 %.		

### Розрахунок

#### 1. Розрахунок початкових інвестицій при впровадженні автоматизації.

У зв'язку з тим, що даний проект впроваджується вперше, тому початкові інвестиції розраховуються за формулою:

$$I_{\text{И}} = K_{\text{ЗА}}$$

де  $K_{\text{ЗА}} = K_{\text{ДЦ}} + K_{\text{Т}} + K_{\text{ПР}} + K_{\text{М}} + K_{\text{ПН}} + K_{\text{ІНШ}}$ ,

$K_{\text{ДЦ}}$  - вартість засобів автоматизації по цінам постачальника;

$K_{\text{Т}}$  - транспортні витрати на доставку технічних засобів автоматизації - 1%;

$K_{\text{ПР}}$  - вартість проектних робіт - 5%;

$K_{\text{М}}$  - вартість монтажних робіт - 25%;

$K_{\text{ПН}}$  - вартість пусканалагоджувальних робіт - 13%;

$K_{\text{ІНШ}}$  - все інше - 3%.



Отже,  $\Pi = 70489 + 70489(0,01+0,05+0,25+0,13+0,03) = 103618,83$  грн.

**Розрахунок зміни поточних витрат і собівартості продукції від впровадження автоматизації.**

**2.1. Зменшення витрати борошна за рахунок підвищення виходу хліба**

$$B = \Pi \times 100 / B,$$

де, B – витрата борошна,

$\Pi$  – випуск продукції;

B – вихід хліба, %.

Тоді, витрата борошна до автоматизації:

$$B_1 = (31,6 \times 330) \times 100 / 144 = 7241,7 \text{ тон};$$

витрата борошна після автоматизації:

$$B_2 = (31,6 \times 330) \times 100 / (144 + 0,5) = 7216,6 \text{ тон}$$

Економія борошна  $B_1 - B_2 = 7241,7 - 7216,6 = 25,1$  тон.

Економія борошна у вартісному виразі:  $25,1 \times 1250 = 31375$  грн.

**2.2. Зменшення витрат інших основних матеріалів:**

- дріжджі  $25100 \times 1,2 / 100 = 301,2 \text{ кг} = 0,3 \text{ тон}$

у вартісному вигляді  $0,3 \times 3200 = 960$  грн.

- сіль  $25100 \times 1,3 / 100 = 326,3 \text{ кг} = 0,326 \text{ тон}$

у вартісному виразі  $0,326 \times 180 = 58,68$  грн.

- вода  $25100 \times 50,2 / 100 = 12600,2 \text{ кг} = 12,6 \text{ тон}$

у вартісному виразі  $12,6 \times 50 = 630$  грн.

Всього економія допоміжних матеріалів  $= 1648,68$  грн.

**2.3. Зменшення витрат газу:**

$$31,6 \times 330 \times 55 \times 0,03 = 17206,2 \text{ м}^3$$

у вартісному виразі  $17,206 \times 980 = 16861,88$  грн.

**2.4. Зменшення витрат пари**

$$31,6 \times 330 \times 56 \times 0,035 = 20,438 \text{ тон}$$

у грошовому виразі  $20,438 \times 90 = 1839,5$  грн.

## 2.5. Економія тарифного фонду заробітної плати

До впровадження автоматизації лінію обслуговувало 5 чоловік. В проекті передбачено створення локальної технологічної станції для оператора лінії, тому можна вважати, що автоматизація дозволяє зменшити штат на 4 працівників.

$$4,9 \times 24 \times 330 = 38808 \text{ грн (за 3 зміни)}$$

Економія доплат

- за роботу в нічні години  $(38808/3) \times 0,75 = 9702 \text{ грн}$

- в святкові дні  $4,9 \times 24 \times 9 = 1058,4 \text{ грн}$

- у вихідні  $4,9 \times 24 \times 90 = 10584 \text{ грн}$

- премії  $32472 \times 0,8 = 31046,4 \text{ грн}$

Всього економія фонду зарплати складає 91198,8 грн

Відпускні  $91198,8 \times 0,08 = 7295,9 \text{ грн}$

Економія заробітної плати  $91198,8 + 7295,9 = 98494,707 \text{ грн}$

Відрахування в соціальні фонди  $98494,707 \times 0,3708 = 36521,8 \text{ грн.}$

## 2.5. Розрахунок збільшення поточних витрат

Поряд із зниженням поточних витрат використання засобів автоматизації завжди передбачає додаткові витрати:

- на амортизацію технічних засобів автоматизації (21,925% від ПІ)

$$103618,83 \times 0,21925 = 22718,24 \text{ грн}$$

- витрати на утримання та експлуатацію (13% від вартості)

$$103618,83 \times 0,13 = 13470,4 \text{ грн}$$

- витрати на споживану електроенергію

$$3,5 \times 24 \times 330 \times 0,23 = 6375,6 \text{ грн.}$$

Таблиця 4.2

## Розрахунок загальної зміни поточних витрат

Назва	Зменшення, грн	Збільшення, грн
1. Борошно	31375	
2. Інші основні матеріали	1648,68	
3. Газ	16861,88	
4. Пара	1839,5	
5. Загальний фонд зарплати	98494,704	
6. В соціальні фонди	36521,8	
7. Амортизація		22718,24
8. На утримання та автоматизацію		13470,4
9. Електроенергія		6375,6
<b>Всього</b>	<b>186740,564</b>	<b>42564,24</b>

## Визначення показників економічної ефективності впровадження автоматизації.

Порівнюючи очікувану загальну економію загальних витрат та суму додаткових поточних витрат розраховують загальне зниження собівартості продукції

$$-\Delta C = 186740,564 - 42564,24 = 144176,324 \text{ грн.}$$

На основі отриманого результату від зниження собівартості розраховують наступні показники економічної ефективності автоматизації

## 1. Додатковий прибуток

В зв'язку з тим, що в даному проекті не передбачено зміну обсягів виробництва продукції

$$\Delta П = -\Delta C = 144176,324 \text{ грн.}$$

## 2. Чистий грошовий потік

$$\text{ЧГП} = \Delta П - 0,25 \Delta К \times \Delta П + \Delta M$$

де Ам - амортизаційні відрахування.

$$\text{ЧГП} = 144176,324 - 0,25 \times 144176,324 + 22718,24 = 202938,645 \text{ грн}$$

3. На сьогодні вартість майбутніх доходів

$$\text{ТВ} = \text{ЧГП} / (1 + r)^n,$$

де р – рівень ризику;

n – рік, за який визначається теперішня вартість.

$$\text{ТВ}^1 = 202938,645 / (1 + 0,25) = 162,3 \text{ тис. грн}$$

$$\text{ТВ}^2 = 202938,645 / (1 + 0,25)^2 = 129,9 \text{ тис. грн}$$

$$\text{ТВ}^3 = 202938,645 / (1 + 0,25)^3 = 103,9 \text{ тис. грн}$$

$$\text{ТВ}^4 = 202938,645 / (1 + 0,25)^4 = 83,1 \text{ тис. грн}$$

$$\text{ТВ}^5 = 202938,645 / (1 + 0,25)^5 = 66,5 \text{ тис. грн}$$

4. Чиста теперішня вартість

$$\text{ЧТВ} = \sum \text{ТВ} - \text{ПІ} = 545,7 - 103,62 = 442,08 \text{ тис. грн}$$

5. Період повернення інвестицій

$$\text{ПІ}_{\text{пр}} = \text{ПІ} / \text{ЧГП} = 103,62 / 162,3 = 0,64 \text{ роки}$$

$$\text{ПІ}_{\text{д}} = \text{ПІ} / \text{ТВ}_{\text{ср}} = 103,62 / 109,14 = 0,94 \text{ роки}$$

6. Індекс доходності

$$\text{Ід} = \text{ЧТВ} / \text{ПІ}$$

$$\text{Ід} = 442,08 / 103,62 = 4,2$$

*Висновок*

Розроблений проект потребує інвестицій у сумі 103,62 тис. грн. В результаті реалізації цього проекту хлібозавод №12 отримає додатковий дохід у розмірі 144,17 тис. грн. Чиста приведена вартість становить 442,08 тис. грн., тобто додатна, період амортизації (дисконтування) становить 0,94 року, що означає менше використання цього проекту – 5 років. Індекс ефективності  $4,2 > 0$ . Ці розрахунки підтверджують, що даний проект є економічно ефективним і можливим для реалізації.

## ВИСНОВКИ

НУБІП України

Завдяки впровадженню автоматизації технологічних процесів у виробництві хліба на Фастівському хлібозаводі, тобто завдяки встановленню сучасних мікропроцесорів та інформаційних технологій, планується замінити базовий елемент систем управління технологічними процесами основного технологічного підприємства. комплекс пекарні. Підвищення інформаційної якості системи автоматизації планується за допомогою окремих технологічних розділів.

НУБІП України

Завдяки сучасним технологіям відбувається значне спрощення обслуговування та адаптації систем, а також покращення умов роботи керівника технологічної зміни, завдяки можливості ведення технологічного процесу в автоматизованому режимі. Крім того, прямий доступ до інформації про хід технологічного процесу, зміну якості продукції в режимі реального часу мають усі провідні спеціалісти.

НУБІП України

Загалом впровадження запропонованої системи тягне за собою значне покращення техніко-економічних показників: у результаті реалізації цього проекту Фастівська ГЕС отримає додатковий дохід у сумі 144,17 тис. грн. Чиста приведена вартість становить 442,08 тис. грн., що означає, що вона додатна, період амортизації (дисконтований) становить 0,94 року, що менше за використання даного проекту – 5 років. Індекс продуктивності  $4,2 > 0$ . У сучасній ринковій економіці та за наявності сильної конкуренції та сильного попиту на цей продукт я вважаю, що впровадження автоматизації є хорошим рішенням.

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України

НУБІП України