

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Сумський державний університет
Факультет електроніки та інформаційних технологій
Кафедра комп'ютеризованих систем управління

«До захисту допущено»
Завідувач кафедри КСУ
_____ Петро ЛЕОНТЬЄВ
_____ 2024 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
на здобуття освітнього ступеня магістр

зі спеціальності 151 – Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології
освітньо-професійної програми
«Комп'ютеризовані системи управління та робототехніка»
на тему:
«Система автоматичного керування виробництвом соняшникової олії»

Здобувача групи СУм.дн-21п

Баланчук Роман Юрійович

Кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело.

(підпис)

Роман БАЛАНЧУК

Керівник доцент, к. т. н., Олександр ЖУРАВЛЬОВ
(посада, науковий ступінь, вчене звання, ім'я ПРІЗВИЩЕ)

(підпис)

Суми – 2024

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Сумський державний університет
Факультет електроніки та інформаційних технологій
Кафедра комп'ютеризованих систем управління

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри КСУ
_____ Петро ЛЕОНТЬЄВ
_____ 2023 р.

ЗАВДАННЯ

на кваліфікаційну роботу магістра здобувачу вищої освіти:
Баланчук Романа Юрійовича

1. Тема кваліфікаційної роботи: “Система автоматичного керування виробництвом соняшникової олії”.

затверджена наказом ректора СумДУ № 1227-VI від " 06 " 11 2023 р.

2. Термін здачі студентом закінченої роботи: 15 січня 2024 р

3. Вихідні дані до кваліфікаційної роботи: Завдання кафедри, матеріали переддипломної практики.

4. Зміст кваліфікаційної роботи (питання, що підлягають розробленню):

1. Стан питання та постановка завдання;

2. Розробка апаратного забезпечення системи управління;

3. Визначення моделі об'єкта управління;

4. Економічна частина;

5. Охорона праці та безпека життєдіяльності.

5.Перелік графічних матеріалів:

1. *Схема виробництва соняшникової олії*

2. *Функціональна схема автоматизації підсистеми управління температурою олії*

3. *Схема електрична принципова підсистеми управління температурою олії*

4. *Структурна схема інформаційних потоків дослідницької системи*

5. *Алгоритми роботи*

6. *Експериментальна частина*

7. *(Плакат) Калькуляція собівартості продукту*

6. КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН ВИКОНАННЯ РОБОТИ

Номер етапу	Зміст етапу виконаної роботи	Терміни виконання
1	<i>Аналіз завданням кафедри.</i>	<i>17.10.23–20.10.23</i>
2	<i>Стан питання та постановка завдання</i>	<i>20.10.23–29.10.23</i>
3	<i>Розробка апаратного забезпечення системи управління</i>	<i>29.10.23-04.11.23</i>
4	<i>Визначення моделі об'єкта управління</i>	<i>04.11.23-14.11.23</i>
5	<i>Оформлення охорони праці та безпеки життєдіяльності</i>	<i>14.11.23–17.11.23</i>
6	<i>Оформлення економічної частини</i>	<i>17.11.23–19.11.23</i>
7	<i>Розробка графічної конструкторської документації проекту</i>	<i>19.11.23-22.11.23</i>
8	<i>Оформлення ПЗ, графічній конструкторській документації</i>	<i>22.11.23-27.11.23</i>
9	<i>Представлення кваліфікаційної роботи магістра керівнику і одержання відгуку</i>	<i>27.11.23-28.11.23</i>
10	<i>Здача кваліфікаційної роботи магістра для рецензування</i>	<i>28.11.23-01.12.23</i>

7.Дата видачі завдання

" 07 " листопада 2023 р

Керівник проекту
доцент, к.т.н.

Олександр ЖУРАВЛЬОВ

До виконання прийняв
здобувач гр. СУ.мдн-21п

Роман БАЛАНЧУК

АНОТАЦІЯ

Баланчук Роман Юрійович. Система автоматичного керування виробництвом соняшникової олії. – Комп'ютерний набір тексту. – Кваліфікаційна робота магістра. – Сумський державний університет, Суми, 2023.– 87 сторінок пояснювальної записки, до складу якої входять 18 рисунків, 8 таблиць, 12 джерел інформації, графічно конструкторська документація складається з презентації.

В даній кваліфікаційній роботі розглянуто питання по системі автоматичного керування виробництвом соняшникової олії.

В якості об'єкта управління виступає паровий котел ділянки дезодорації олії, для якої виконується розробка підсистеми автоматичного управління температурою олії. Вхідними параметрами об'єкту управління є сигнали управління для газового пальника який формує температур пару, клапан подачі пару. Вихідними параметрами об'єкту управління є температура пару на виході котла та температура масла в дезодораторі. Підсистема управління включає датчики температури масла в дезодораторі, датчик температури пару, газовий пальник, клапан подачі пару, пристрій управління та під'єднання до загальнопромислової мережі.

Основними функціями системи є формування або реєстрування керуючого впливу який подається на об'єкт управління, реєстрування дійсного значення на виході об'єкта, візуалізація отриманих даних та їх надання у зручному для подальшої обробки виді. Система дослідження формує керуючий вплив у якості котрого виступає потужність пальника за рахунок якої виконується нагрів пару яким свою чергу виконується підігрів олії в дезодораторі.

Ключові слова: мікропроцесор, соняшник, олія.

ABSTRACT

Balanchuk Roman Yuriyovych. System of automatic control of production of sunflower oil. – Computer typing. – Master's qualification work. – Sumy State University, Sumy, 2023.– 87 pages of explanatory note, which includes 18 figures, 8 tables, 12 sources of information, graphic design documentation consists of a presentation.

In this qualification work, the issue of the automatic control system for the production of sunflower oil is considered.

The steam boiler of the oil deodorization section acts as a control object, for which the automatic oil temperature control subsystem is being developed. The input parameters of the control object are the control signals for the gas burner that forms the temperature of the steam, the steam supply valve. The output parameters of the control object are the steam temperature at the boiler outlet and the oil temperature in the deodorizer. The control subsystem includes oil temperature sensors in the deodorizer, a steam temperature sensor, a gas burner, a steam supply valve, a control device and connection to the general industrial network.

The main functions of the system are the formation or registration of the control influence that is applied to the control object, the registration of the valid value at the output of the object, the visualization of the received data and their provision in a form convenient for further processing. The research system forms a controlling influence, which is the power of the burner, due to which the steam is heated, which, in turn, heats the oil in the deodorizer.

Key words: microprocessor, sunflower, oil.

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ.....	8
ВСТУП	9
1. СТАН ПИТАННЯ ТА ПОСТАНОВКА ЗАВДАННЯ.....	12
1.1 Галузь промисловості	12
1.2 Технологічний процес	19
1.2.1 Короткий опис основного устаткування.....	20
1.2.1.1 Дезодоратор.....	20
1.2.1.2 Спеціальний котел (парогенератор).....	21
1.2.1.3 Капле-вловлювач з капле-збірником	21
1.2.1.4 Пароежекторний вакуумний насос	22
1.2.1.5 Вузол регенерації тепла і охолодження дезодорованої олії	24
1.2.1.6 Випарна установка	25
1.3 Об'єкт управління.....	27
1.3.1 Загальна характеристика об'єкта управління	30
1.3.2 Структура об'єкту управління	32
1.3.3 Принцип функціонування об'єкту управління.....	32
1.4 Формулювання задачі дослідження	33
1.5 Висновки по розділу	33
2 РОЗРОБКА АПАРАТНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ.....	33
2.1 Розробка структурної схеми підсистеми управління.....	33
2.2 Розробка структурної схеми інформаційних потоків	35
2.3 Вибір апаратного забезпечення підсистеми управління.....	36
2.3.1 Вибір датчиків.....	36
2.3.2 Вибір виконавчих пристроїв	38
2.3.3 Вибір пристроїв управління	40
2.3.4 Вибір джерел живлення.....	45
2.4 Розробка функціональної схеми автоматизації	47
2.5 Розробка схеми електричної принципової.....	49

3. ВИЗНАЧЕННЯ МОДЕЛІ ОБ'ЄКТА УПРАВЛІННЯ.....	48
3.1 Розробка структурної схеми інформаційних потоків дослідницької системи.....	51
3.2 Розробка методики дослідження об'єкта управління	53
3.3 Виконання експерименту	55
3.4 Обробка результатів експерименту.....	59
3.4.1 Підготовка даних	59
3.4.2 Структурна ідентифікація	61
3.4.3 Параметрична ідентифікація	65
3.4.4 Розробка моделі об'єкта управління в Simulink.....	68
3.4.5 Перевірка моделі на адекватність	69
4 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА.....	71
4.1. Розрахунок повної собівартості системи автоматичного керування виробництвом соняшникової олії.....	64
4.2. Розрахунок ціни системи автоматичного керування виробництвом соняшникової олії.....	68
5 ОХОРОНА ПРАЦІ.....	77
5.1 Аналіз шкідливих факторів	77
5.2 Шкідливі фактори	77
5.2.1 Обґрунтування ергономіки робочого місця ПК.....	77
5.2.2 Заходи з електробезпеки.....	79
5.2.3 Заходи з контролю шуму та температури.....	81
5.3 Протипожежна профілактика.....	83
5.4 Висновок.....	84
ВИСНОВОК.....	85
ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	86

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

АСУ	автоматизована система управління;
АСУ В	АСУ виробництвом;
ОУО	облаштуванням узгодження з об'єктом;
КТЗ	комплекс технічних засобів;
ПЗ	програмне забезпечення;
ЕОМ	електронно-обчислювальна машина.

ВСТУП

Рослинні масла - дуже важливі харчові продукти. Їх поживна цінність визначається високим вмістом тригліцеридів вищих жирних кислот, фосфатидів, стеринів, токоферолів.

Виробництво рослинного масла в Україні є потужною галуззю агропромислового комплексу, яка об'єднує виробників насіння і масложирової продукції. В основному ця галузь орієнтована на виробництво соняшникової олії і продуктів, пов'язаних з ним. У загальному обсязі виробництва олійних культур в Україні соняшник займає більше 90%, а в структурі посівних площ - не менше 10%.

Насіння соняшнику як один з ліквідних видів продукції довгий час використовувалися як спосіб платежів сільськогосподарськими підприємствами. Тож не дивно, що посівні площі під соняшником збільшуються. Соняшник - культура вигідна, він здатний дати прибуток до 89%. Він менше залежить від погодних умов, хоча дощове літо знижує вміст олії в насінні. Якщо в кінці 80-х років врожайність соняшнику в нашій країні була на рівні європейських країн, то зараз спостерігається щорічний спад врожайності, в середньому на 7% на рік. Це відбувається з двох причин: порушення агротехнології та виснаження земель (через порушення агротехнології).

Незалежні в умовах ринкової економіки фермери сіють соняшник з порушенням всіх агротехнічних норм. Садити соняшник на одному і тому ж місці можна тільки раз в шість-сім років. В останні роки врожайність соняшнику істотно знизилася. Це пов'язано в основному з матеріальними можливостями сільськогосподарських виробників. Внесення добрив скоротилося в кілька разів, і сьогодні урожай соняшнику отримують виключно за рахунок природних ресурсів.

У споживанні рослинних масел в Україні переважає соняшникова олія, яке використовується населенням як один з основних продуктів харчування, а також виступає в якості сировини для отримання різної продукції (майонезу, консервів і

ін.). Слід зазначити, що 90% населення України віддає перевагу саме соняшниковій олії. Ще за радянських часів більшість українців звикли до нерафінованій олії жовтого, майже оранжевого відтінку із запахом смаженого насіння. Цю традицію підтримує і український ГОСТ, серйозно відрізняється від світового стандарту: два найважливіших показника - кислотне і перекисне число в Україні вище в кілька разів.

В даний час жителі великих міст вважають за краще купувати рафіновану олію, яка не має ні смаку, ні запаху. У регіонах з низькою купівельною спроможністю населення більшою популярністю користується нерафінована, тобто неочищена олія з насіння соняшнику, яке виробляється на місцевих підприємствах. Перевага, яку в провінції віддають нерафінованій олії, легко пояснюється його дешевизною.

Основним сектором продажів рослинних масел є промисловість, на другому місці - роздрібна торгівля, на третьому - HoReCa. Промисловість споживає у великих обсягах соєва, пальмова, кокосова, рапсова олії. Роздрібна торгівля в основному збуває оливкова і соняшникову олії.

Основним видом масел на українському ринку залишається соняшніково-ва, що становить близько 70% всього обороту ринку, на другому місці - пальмова олія з часткою близько 20% від загального обсягу продажів. Всі інші види рослинних масел сумарно займають 10% ринку.

Унікальні природно-кліматичні умови України дозволяють вирощувати соняшник практично на всій території країни (крім Волинської, Львівської та Рівненської областей). Але найбільш сприятливі землі степової зони, куди входить Кримська АР, Херсонська, Одеська, Запорізька, Миколаївська, Луганська, Донецька, Дніпропетровська та Кіровоградська області. Соняшник вимагає певної кількості сонячних днів в році для того, щоб відбувся ферментативний процес утворення олії в насінні.

Українська масложирова галузь представлена підприємствами, які входять

в асоціацію "Укроліяпром", а також великими компаніями "Каргілл", "Топфер", "Сантрейд", "КМТ", "Бунге". Всі компанії працюють на базі крупних українських заводів.

1 . СТАН ПИТАННЯ ТА ПОСТАНОВКА ЗАВДАННЯ

1.1 Галузь промисловості

Виробництво соняшникової олії - процедура безвідходна, тому як залишки, які утворюються на всьому протязі віджиму, можна використовувати повторно для інших цілей. Після екстрагування залишаються практично повністю знежирений макуха (шрот) і залишки масла в розчинники (міцелла). Наприклад, шрот укомплектовують і відправляють на ферми з розведення великої та дрібної худоби: там вичавки додають в якості поживного добавки в корм для тварин. А міцелла стає основою для лакофарбових матеріалів (оліфи) для ремонту. Крім того, макуха знову можна віджати і отримати фуз - біопаливо для котлових установок.

Розглянемо комплект основного устаткування, який реалізує схему періодичного рафінування (без стадій гідратації і виморожування). Шляхом спеціальних режимів і параметрів ведення процесу нейтралізації піддаються як гідратована, так і негідратована олія.

Вузол виморожування потрібно не усім споживачам і може поставлятися окремо.

Етапи процесу рафінування олій і жирів представлено на рис. 1.1.

Гідратація - видалення з рослинних олій фосфоліпідів, оскільки вони здатні випадати в осад при транспортуванні і зберіганні.

Нейтралізація - забезпечує зв'язування і видалення вільних жирних кислот.

Вибілювання - або адсорбційне рафінування - забезпечує знебарвлення олій, тобто видалення пігментів. Окрім цього віддаляються фосфоліпіди, білки, залишкова кількість мила. Це необхідно для отримання світлішої олії і підготовці до подальшої переробки.

Дезодорація - видалення з олій речовин, що надають запах і смак оліям.

Фільтрація - фільтрація рослинної олії.

Виморожування – вінтерізація, зв'язування і видалення воску і воскоподібних речовин. В результаті олія набуває товарного вигляду, оскільки віск при зберіганні утворює помітну муть.

Опишемо призначення основне устаткування.

Дезодоратор - служить для видалення одорируючих речовин, пестицидів, гербіцидів і жирних кислот.

Нейтралізатор - служить для здійснення хемосорбційного очищення олії(поєднаний процес видалення жирних кислот, фосфоровмісних речовин, фарбувальних до 55 % і воску до 90 %), і при необхідності лужної нейтралізації олії.

Вакуум вибільний апарат - призначений для проведення процесу холодного вибілювання олії, а також може бути використаний для гарячого вибілювання, промивання водою і сушки рослинної олії.

Скрубер - призначений для конденсації пари летких речовин. Апарат виготовлений з кислотостійкої нержавіючої сталі. Забезпечений змієвиком, що обігрівается глухою водяною парою.

Кристалізатор - призначений для проведення процесу вінтерізації (виморожування) рослинної олії.

Деаератор - призначений для деаерації рослинних олій. Апарат виготовлений з нержавіючої сталі.

Компанії, що спеціалізуються на олійному виробництві, можуть використовувати тільки один із способів (пресування або екстрагування) або ж застосовувати по черзі обидва (рис. 1.2).



Р и с у н о к 1.1 – Е т а п и п р о ц е с у



Рисунок 1.2 - Коротка схема технології виробництва рослинного масла

Чи обов'язково рафінувати готовий продукт? В цілому, після первинної фільтрації (VI етап) масло вже готове для розливу в пакувальні тари. Однак такий продукт називають «сирим», так як в ньому все ще залишаються непотрібні білкові сполуки, жирні кислоти, фарбувальні речовини, фосфоліпіди і віск, тому для підвищення якості кінцевого результату можна і навіть потрібно проводити вторинну фільтрацію, або рафінування. Розрізняють такі способи рафінування:

- фізичний (центрифугування, відстоювання);
- хімічний (лужна рафінація, гидрації); фізико-хімічний (дезодорація, відбілювання).

На рис. 1.3 і 1.4 представлені технологічні схеми установок рафінування і дезодорації рослинної олії.

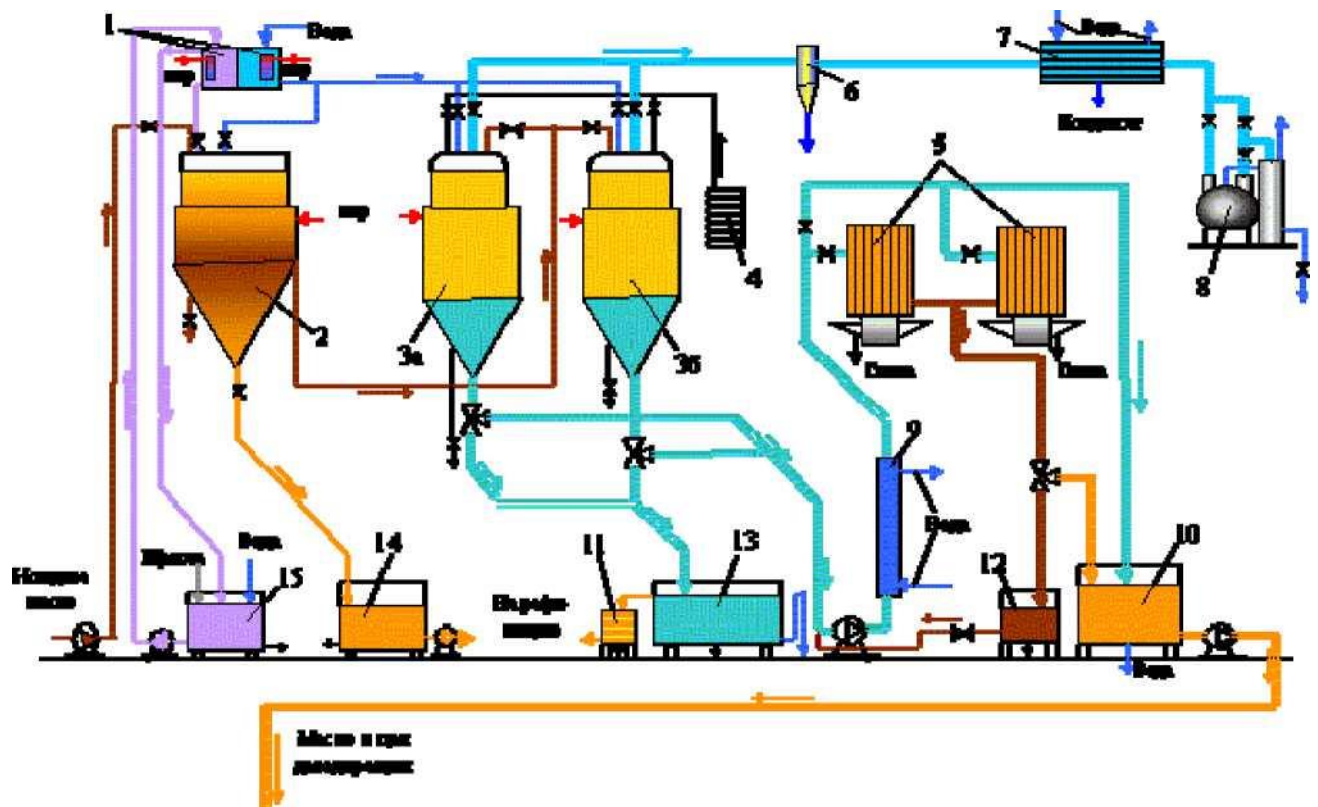


Рисунок 1.3 – Технологічна схема цеху рафінування

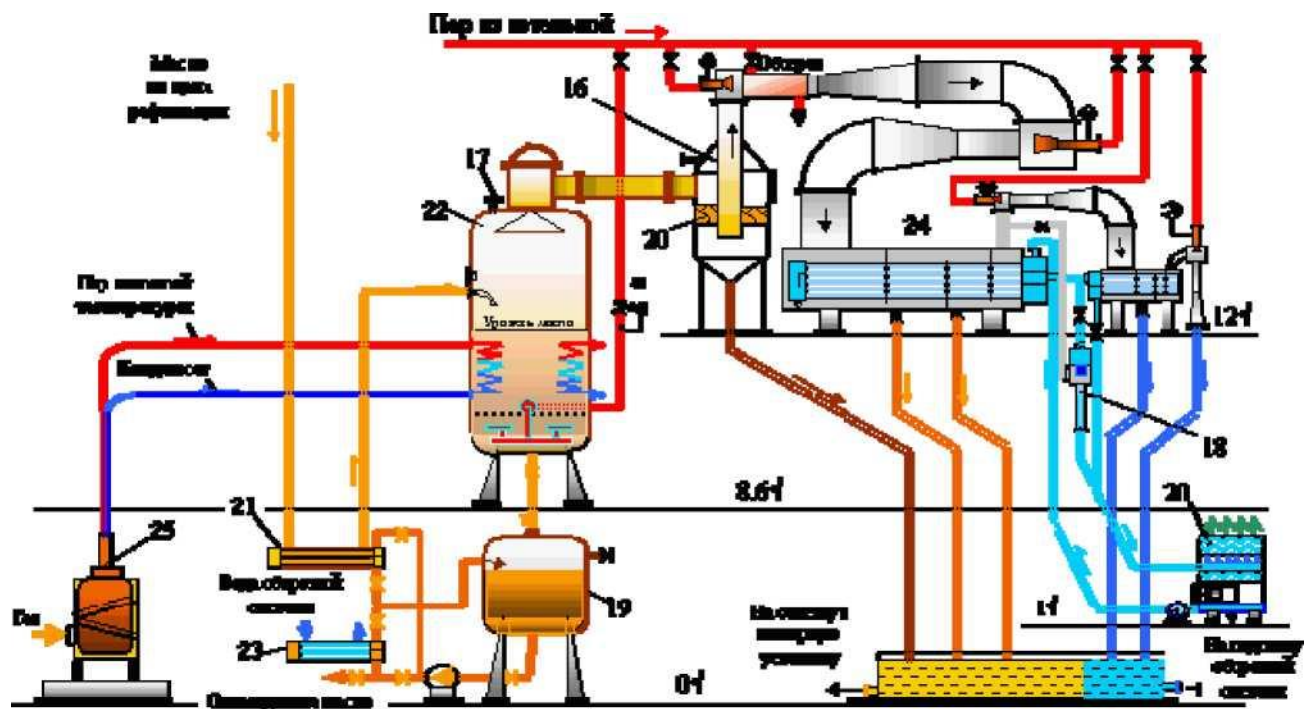


Рисунок 1.4 - Технологічна

- | | |
|---|--|
| 1 - мірники для хімічних реагентів; | 2 - нейтралізатор періодичної дії; |
| 3а - вакуум-сушарний апарат; | 3б - вакуум-промивний - вибільний апарат |
| 4 - ємність з вибільною землею; | 5 - фільтр-прес; |
| 6 - капле-вловлювач №. 1; | 7 - охолоджувач випару; |
| 8 - пусковий водоструминний відстоювач; | 9 - охолоджувач; |
| 13 - жироловка; | 11 - місткість для жиру, що |
| 15 - бак для розчину NaOH; | |
| 17 - датчик тиску; | |
| 20 - градирня; | |
| 21 - регенеративний масло-масляний теплообмінник; | |
| 22 - дезодоратор; | 23 - масло-водяний теплообмінник; |
| 24 - пароежекторний блок; | 25 - парогенератор. |

Пропонована технологія передбачає проведення процесу нейтралізації в періодичному нейтралізаторі 2, промивання і сушку нейтралізованої олії у вакуум-сушильному апараті 3а, модуль сорбційного очищення (вибілювання) у вакуум-промивному - вибільному апараті 3б і фільтр-пресі 5.

Найбільш відповідальний модуль - модуль дезодорації оснащений типовим дезодоратором 22. Особливість схеми полягає в комплектації модуля

дезодорації спеціальним парогенератором, працюючим з природною циркуляцією теплоносія - води. В якості палива в парогенераторі 25 використовується природний газ. Параметри роботи парогенератора: тиск пари – 5,0 МПа (50 ат.), температура 264° С. Робота парогенератора контролюється автоматично з високою мірою надійності. Тиск в системі дезодорації стійко підтримується на рівні не більше 0,67 кПа (5,0 мм рт. ст.) пароежекторним вакуумним насосом (ПЕВН) з чотирма або п'ятьма східцями підвищення тиску 24, комплектованим двома поверхневими конденсаторами спеціальної конструкції, що забезпечує мінімальну кількість зажирених стоків. ПЕВН може комплектуватися пусковим водоструминним ежектором (ВЕ) або водокільцевим насосом (ВКН).

Для зниження витрати споживаної води передбачається комплектація установки системою оборотного водопостачання з високоефективними градирнями 20.

Завдяки організації системи охолодження дезодоратора олією, що поступає на дезодорацію, - теплообмінник 21, регенерація тепла досягає 25...30 %.

Для зниження витрати зажирених стоків в комплекті устаткування пропонується спеціальна випарна установка для їх випарювання. В результаті випарки виходить концентрат з вмістом жиру до 6 000 мг/л і конденсат, який може бути використаний для підживлення системи оборотного водопостачання або злитий в каналізацію.

Для запропонованої установки потрібно приміщення наступних розмірів:

- а) цех рафінування: площа 240 м², висота 8 м;
- б) цех дезодорації : площа 140 м², висота 8 або 12 м.

Потреби в енергоносіях і встановлена потужність електродвигунів:

- а) цех рафінування: максимальна витрата водяної пари тиском до 0,3 МПа, 2,0 т/ч, витрата води в системі оборотного водопостачання 30 м³/ч, встановлена потужність електродвигунів 45 кВт;

- б) цех дезодорації : витрата водяної пари тиском 1,02 МПа, 1,8...2,0 т/ч, витрата пари тиском до 0,3 МПа, 0,1 т/ч, витрата води в системі оборотного водопостачання 250 м³/ч, потужність електрод- вигунів 45 кВт (без насосів оборотної системи), витрата природного газу для парогенератора 60 нм³/ч.

Потужність електродвигунів насосів оборотної системи 60 кВт.

Зажирені стоки і споживання водопровідної води:

- а) без використання випарної установки : зажирені стоки 72 м³ в добу (3 т/ч), витрату водопровідної води, включаючи потреби підживлення системи оборотного водопостачання 144 м³/добу (6 т/ч);
- б) з використанням випарної установки: зажирені стоки 7,2 м³, витрата водопровідної води, включаючи потреби підживлення системи оборотного водопостачання 80 м³/добу (3,3 т/ч).

1.2 Технологічний процес

У кваліфікаційній роботі детально розглядається технологічний процес дезодорації рослинної олії продуктивністю до 30 тон в добу.

Комплексне рішення технологічної проблеми отримання дезодорованої рослинної олії, що відповідає сучасним вимогам економічності і охорони довкілля повинно мати наступні переваги:

1. істотне збільшення продуктивності установки при збереженні без змін показників габаритів і маси її основних елементів;
2. значне скорочення споживання водопровідної води;
3. відсутність зажирених стоків.

Це досягається завдяки наступним заходам (рис. 1.4):

наявність проміжної місткості, яка одночасно служить елементом вузла охолодження дезодорованої олії і дозволяє звільнити дезодоратор від обробленої порції олії для заливки наступної, не чекаючи охолодження

обробленої;

установка парового ежекторного вакуумного насоса з кожуховими трубчатими конденсаторами спеціальної конструкції, які дозволяють зберігати умовно чистою охолоджувальну воду системи оборотного водопостачання підприємства і, відповідно, дозволяють відмовитися від дорогих очисних споруд;

використання випарної установки, в якій відбувається упарювання зажиреного конденсату з паро-ежекторного вакуумного насоса(не більше 1,5 т/ч) і невеликої витрати води, що забруднюється в процесі миття устаткування і так далі;

конденсат випару поступає в систему оборотного водопостачання в якості підживлення, що економить водопровідну воду, а невелика витрата висококонцентрованої зажиреної води може бути з вигодою реалізована миловарним заводам.

1. 2. 1 Короткий опис основного устаткування

1. 2. 1. 1 Дезодоратор

У пропонованому комплекті устаткування використаний надійний, перевірений тривалими термінами експлуатації дезодоратор типу Д-5.

Дезодоратор Д-5 є вертикальним циліндричним апаратом з еліптичними кришкою і дном, оснащений змійовиками, що гріють олію, розташованими в його середній частині. У нижній частині дезодоратора розташовані колектор підведення водяної пари, парові ежектори і дірчастий лист.

Теплоносій в змійовиках дезодоратора - водяна пара високої температури, яка генерується в спеціальному котлу.

Дезодоратор, включаючи усі його елементи, виконаний з нержавіючої сталі або титану.

1.2.1.2 Спеціальний котел (парогенератор)

Котел типу Е-1.5-5.0 НГ, використовуваний для отримання високотемпературної пари, розташований нижче дезодоратора з такою різницею висот, при якій відбувається природна циркуляція теплоносія. Віддаючи тепло олії через стінки змійовиків, водяна пара конденсується в них і стікає в парогенератор. У контурі "змійовики - колектори - опускні і підйомні труби - парогенератор" теплоносія знаходиться під високим тиском. Основні технічні характеристики парогенератора:

номінальна продуктивність, МВт – 0,66;

парова потужність, т/ч – 1,5;

параметри пари: тиск, МПа - 2.0...4.5, температура, °С – 211...256;

час виходу парогенератора на режим, мін - 45;

маса котла з обмуруванням, т - 3;

ККД брутто при номінальній продуктивності: 0,853...0,871.

1.2.1.3 Капле-вловлювач з капле-збірником

Леткі речовини, що відганяються, і краплі жиру видаляються з дезодоратора паро-ежекторним вакуумним насосом, проходячи через сепаратор (капле-вловлювач) циклонного типу з насадкою, що промивається, наприклад з кілець Рашига. У разі, якщо висота установки капле-вловлювача достатня для барометричного зливу від-сепарованого жиру, він може не оснащуватися спеціальним капле-збірником. При недостатній висоті його установки потрібно спеціальний капле-збірник, розташований безпосередньо під капле-вловлювач, який періодично, перед зливом від-сепарованого жиру, повинен вакуумуватися шляхом з'єднання його порожнини з вакуумним трактом. Капле-вловлювач з капле-збірником виконані з вуглецевої сталі марки Ст.3.

1.2.1.4 Паро-ежекторний вакуумний насос

ПЕВН оснащений, на відміну від ПЕВН з конденсаторами змішуючого типу, кожуха-трубчастими конденсаторами спеціальної конструкції. ПЕВН з такими конденсаторами має ціну, декілька вищу ціну насоса з конденсаторами змішуючого типу, але має істотну перевагу. Воно полягає в тому, що охолоджувальна вода, що поступає в конденсатори такого ПЕВН, залишається умовно чистою завдяки відсутності безпосереднього її контакту з парогазовою сумішшю, що ежектуються з дезодоратора, несе деяку витрату за жирених крапель рідини.

Процес конденсації пари з парогазової суміші і супроводжуючий його процес нагріву охолоджувальної води в кожуха-трубчастих конденсаторах відбуваються в різних порожнинах апарату: конденсація - в міжтрубному просторі, а нагрів води - в трубках. При цьому забрудненим виявляється тільки конденсат робочої пари, що ежектуються, витрата яких в сумі складає не більше 1,5% від витрати охолоджувальної води. Відповідно замість очищення сумарної витрати охолоджувальної води і конденсату (більше 150 т/ч), що приєднався до неї, що має місце в ПЕВН з конденсаторами змішення, очищенню необхідно піддавати всього 1,5...2,0 т/ч конденсату. Використання ПЕВН з кожуха-трубчастими конденсаторами спеціальної конструкції дозволяє відмовитися від будівництва дорогого цеху флотації або понизити навантаження на нього, якщо на підприємстві такий цех є..

Корпуси ежекторів виготовлені із сталі марки Ст.20, сопла - з температуро і зносостійкого металопластика, обичайки конденсаторів - із сталі марки Ст.3, трубні пучки з нержавіючої сталі або сталі марки Ст.20. ПЕВН поставляється у зборі на спеціальній рамі з паровим колектором.

У табл. 1.1 представлені витрати робочої пари і охолоджувальної води, необхідні ПЕВН при різних тисках робочої пари. Початковими даними при розрахунках були наступні:

число східців підвищення тиску - 4;
середовище, що ежектується: тиск - 3.0 мм рт. ст. (4,08 кПа),
температура - 220° С, витрата пари – 110 кг/ч, витрата газів, що не
конденсуються, - 15 кг/ч;
робоче середовище - водяна пара з температурою приблизно на 10° С
вище за температуру насичення, що відповідає вибраному тиску;
перший по ходу руху середовища, що ежектується, конденсатор
встановлений за ежектором другого ступеня;
міра конденсації пари в конденсаторах - 95%;
максимальна температура води на вході в насос – 30,0° С;
температурний натиск на вході в головний конденсатор рівний не
менше, чим 8,0° С, що при вибраному тиску середовища, що
ежектується, на вході в насос 3,0 мм рт. ст. (4,08 кПа) практично
визначає сумарну міру підвищення її тиску в двох перших східцях
насоса $[(P_c) 2 / (P_n) 1] = 70 / 4,08 = 14,3$;
тиск парогазового середовища на вихлопі насоса – 0,107 МПа.

Таким чином, тиск робочої пари на ежектор впливає на його витрату в
невеликому ступені: при зниженні тиску пари в два рази, його витрата
збільшується всього на 23%, що спричиняє за собою і певне зростання необхідної
витрати оборотної води. Вказані витрати пари і води приведені для різних,
оптимальних при кожному тиску пари, розмірів апарату.

Для оцінки впливу температури робочої пари були виконані розрахунки
ПЕВН при двох значеннях цієї температури і однаковому тиску робочої
пари(виділено курсивом в таблиці). Як видно з таблиці, при підвищенні
температури пари на 60° С і незмінному його тиску (1,02 МПа) сумарна витрата
пари на ПЕВН скоротилася на 7 %.

Таблиця 1.1 - Витрати робочої пари і охолоджувальної води, необхідні ПЕВН при різних тисках робочої пари

Тиск робочої пари, МПа	Температура ро- бочої пари, ° С	Витрата пари, кг/ч			Витрата обо- ротної води, т/ч
		на перші два ступені	на останні два ступені	сумарний на блок	
1.02	190	1520	400	1920	175
0.92	185	1550	420	1970	178
0.82	180	1580	457	2037	182
0.71	175	1620	484	2104	186
0.61	170	1668	547	2215	192
0.51	165	1730	635	2365	199
1.02	250	1421	367	1788	164

Слід зазначити, що економнішими є ПЕВН з п'ятьма східцями підвищення тиску, витрата робочої пари на які приблизно на 10...15 % нижче, ніж на ПЕВН з чотирма східцями.

1. 2. 1. 5Вузол регенерації тепла і охолодження дезодорованої олії

Дезодорована олія після його обробки зливається самопливно в проміжну емність, розташовану нижче дезодоратора, і що знаходиться під вакуумом, як і об'єм дезодоратора. Наявність проміжної місткості дозволяє істотно збільшити продуктивність технологічної лінії, оскільки обробка в дезодораторі нової порції олії може відбуватися одночасно з охолодженням попередньою.

Проміжна місткість виготовляється з нержавіючої сталі.

Процес охолодження дезодорованої олії відбувається в два етапи:

на першому етапі гаряча олія віддає теплоту холодній рафінованій олії, що направляється на дезодорацію, тобто в установці відбувається процес регенерації тепла;

на другому етапі охолодження олії його тепло відводиться в доквілля шляхом використання води оборотного водопостачання.

Охолодження дезодорованого і одночасний нагрів початкового олій від- бувається в рекуперативному кожуха-трубчастому теплообміннику періодичної

дії, в якій гаряча (дезодороване) олія охолоджується з 220 до 150° С, а початкова олія нагрівається з 80 до 150° С. Цей теплообмінник знаходиться у дії в період одночасного спорожнення проміжної місткості від дезодорованої олії і закачування нової порції початкової олії в дезодоратор. Передбачається, що початковою олією для процесу дезодорації служить рафінована олія, що поступає з фільтрпреса і має температуру 80° С.

Регенеративний теплообмінник виконаний з нержавіючої сталі.

Подальше охолодження дезодорованої олії з 150° С до 50° С, необхідне для збереження його смакових якостей, також відбувається в рекуперативному кожуха-трубчастому теплообміннику періодичної дії оригінальної конструкції, трубний пучок якої може бути виготовлений з титану, а обичайка - з вуглецевої сталі марки Ст.3. Використання трубок з титану запобігає утворенню карбонатних відкладень (накипи) на зовнішній поверхні трубок, яка омивається водою оборотної системи.

Охолоджена дезодорована олія насосом спрямовується в ємність сховища, де воно знаходиться в атмосфері інертного газу.

1. 2. 1. 6 Випарна установка

Для упарювання жирозмістовних стоків розроблена випарна установка, що має два ступені випару.

Випар води з водожирової суміші відбувається в установці за рахунок нагріву цієї суміші водяною парою, що конденсується усередині трубок. У першому ступені випару (корпусі) гріючою парою є пара з котельної або ТЕС, а в другій - випар з першого ступеня.

Завдяки такій схемі витрата гріючої пари з котельної або ТЕС складає не більше 55 % від загальної витрати випару з обох корпусів.

У першому корпусі тиск випаровуваного середовища дорівнює значенню декілька, що перевищує атмосферне, а в другому її тиск підтримується нижче

атмосферного за рахунок роботи вакуумного насоса(водоструминного ежектора або водокільцевого насоса). Висококонцентрована водожирова суміш з обох корпусів зливається самопливно під дією сили тяжіння у барометричний бак, причому з другого корпусу її слив відбувається з використанням ваги гідростатичного стовпа рідини, тобто використовується так званий барометричний злив.

Конструкція корпусів розбірна і дозволяє легко виймати трубні пучки для їх періодичного чищення від відкладень і для ремонтів.

Обидва ступені (корпуси) випарної установки оснащені високоефективними пристроями сепарації: дірчастими листами, розташованими усередині корпусів над рівнем киплячої рідини і виносними сепараторами жалюзійного або струнного типів, змонтованими на трубопроводах, по яких випар видаляється з корпусів установки. Завдяки ефективній сепарації крапель рідини з потоку випару його конденсат не забруднюється жиром, що виноситься з корпусів в краплях.

Режим роботи випарної установки може бути як: безперервним, так і періодичним.

Підтримка безперервного режиму упарювання вимагає оснащення установки системою автоматичного управління.

Міра упарювання води з водожирової суміші в установці може досягати 95%, тобто з кожних 100 кг води 95 кг перетворюються на пару. Відповідно концентрація жиру у водожировій суміші, що зливається з установки, зростає в порівнянні з концентрацією жирів в початковій суміші.

Установка дезодорації вимагає наступних витрат теплоносіїв:

водяна пара тиском не менше 1,02...1,43 МПа – 2,0 т/ч (ПЕВН – 1,9 т/ч і гостра пара для барботажу олії в дезодораторі 0,1 т/ч);

водопровідна вода – 8 м³/ч (компенсація випарованої вологи, продування краплинного віднесення в системі оборотного водопостачання з урахуванням конденсату, що додається, отриманого

у випарній установці).

Встановлена потужність електронасосів 55 кВт.

1.3 Об'єкт управління

В якості об'єкта управління виступає паровий котел ділянки дезодорації олії, для якої розробляється підсистема автоматичного управління температурою олії.

Паровим котлом називається пристрій для вироблення пари, що використовує для цих цілей теплоту згорання органічного палива.

Парові котли серії «Е» являються вертикально-водотрубним двобарабанним котлами з природною циркуляцією і призначені для виробництва насиченої водяної пари робочим тиском 0,8 МПа, споживаного підприємствами промисловості, транспорту і сільського господарства для технологічних, господарських, опалювальних і інших побутових потреб. Позначення Е, показує що це котел з природною циркуляцією води. Природна циркуляція утворюється в замкнутому контурі за рахунок різниці щільності суміші в опускних і підйомних трубах (рис. 1.5).

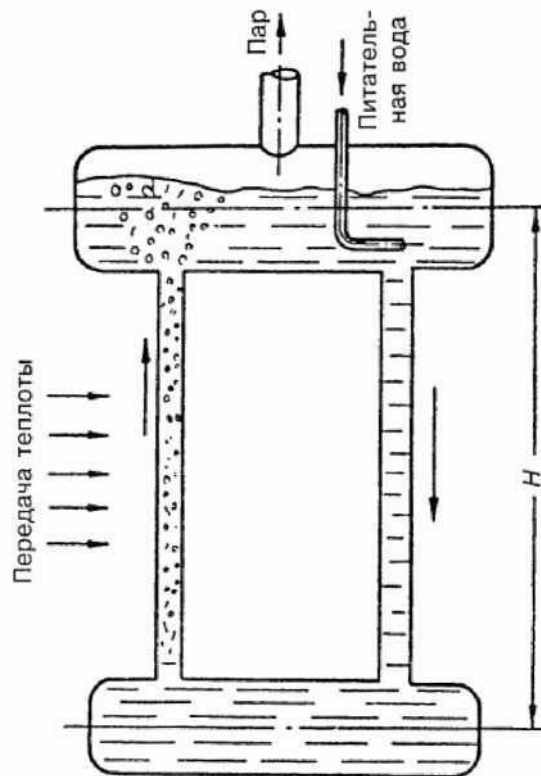


Рисунок 1.5 -Схема природної циркуляції води

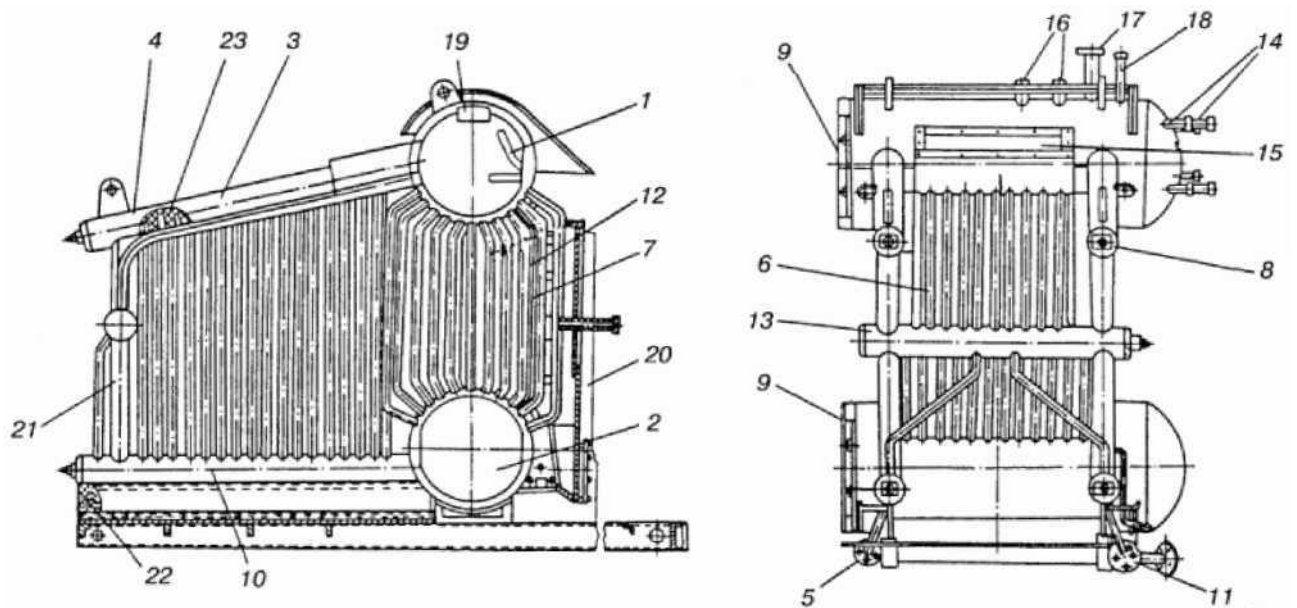


Рисунок 1.5 - Вертикально-водотрубний котел типу Е (трубна система)

Трубна система котла виконана в газощільному виконанні із застосуванням в якості радіаційної поверхні топки суцільнозварних екранів і складається з наступних вузлів (рис. 1.5): верхнього 1 і нижнього 2 барабанів, розташованих на одній вертикальній осі і сполучених між собою пучком труб 7

діаметром 51 мм, таких, що утворюють конвективну поверхню нагріву; двох бічних паливневих екранів 3, включених в циркуляційний контур котла через систему колекторів і труб стельового екрану 6, вварених у барабани, і поперечного фронтового колектору 13, що сполучається з колекторами 4 і 10.

Верхні і нижні колектори бічних екранів розташовані в одній вертикальній площині.

Для очищення і огляду колекторів на торцевій частині є люки 8. Доступ до внутрішніх поверхонь барабанів і до труб конвективного пучка можливий через люки барабанів 9.

В якості лазу для огляду внутрішньої поверхні топки використовується отвір в листі фронту під установку переходника пристрою пальника 21.

Труби конвективного пучка розділені перегородками 12 з жароміцної сталі, які міняють напрям потоку газів і покращують умови теплообміну.

Нижній барабан і нижні колектори бічних екранів забезпечені продувальними штуцерами 5 і 11.

На днищі верхнього барабана розміщені патрубки водовказівної арматури 14.

У верхній частині обичайки верхнього барабана встановлені штуцери кріплення пружинних запобіжних клапанів 16, головний паровідвідний штуцер 17, трубка кріплення манометра 18, труби підведення поживної води 20 і відбору пари на продування. У середині верхнього барабана змонтований пристрій сепарації 19 і труба введення поживної води. Трубна система зібрана на загальній рамі.

Термоізоляція виконана мінераловатними матами або іншими теплоізоляційними матеріалами, укладеними на штирі 23, приварені до мембран трубної системи. Фронт котла 22 до рівня поперечного колектору, залитий вогнетривким бетоном. Зовнішню декоративну обшивку виготовляють з тонколистової сталі.

Над паливневою камерою встановлений запобіжний вибуховий клапан.

Димові гази виходять з котла через патрубок 15, розташований із заднього боку котла.

1.3.1 Загальна характеристика об'єкта управління

Найбільшу популярність отримали парові котли типу Е 1,0-0,9(рис. 1.6).

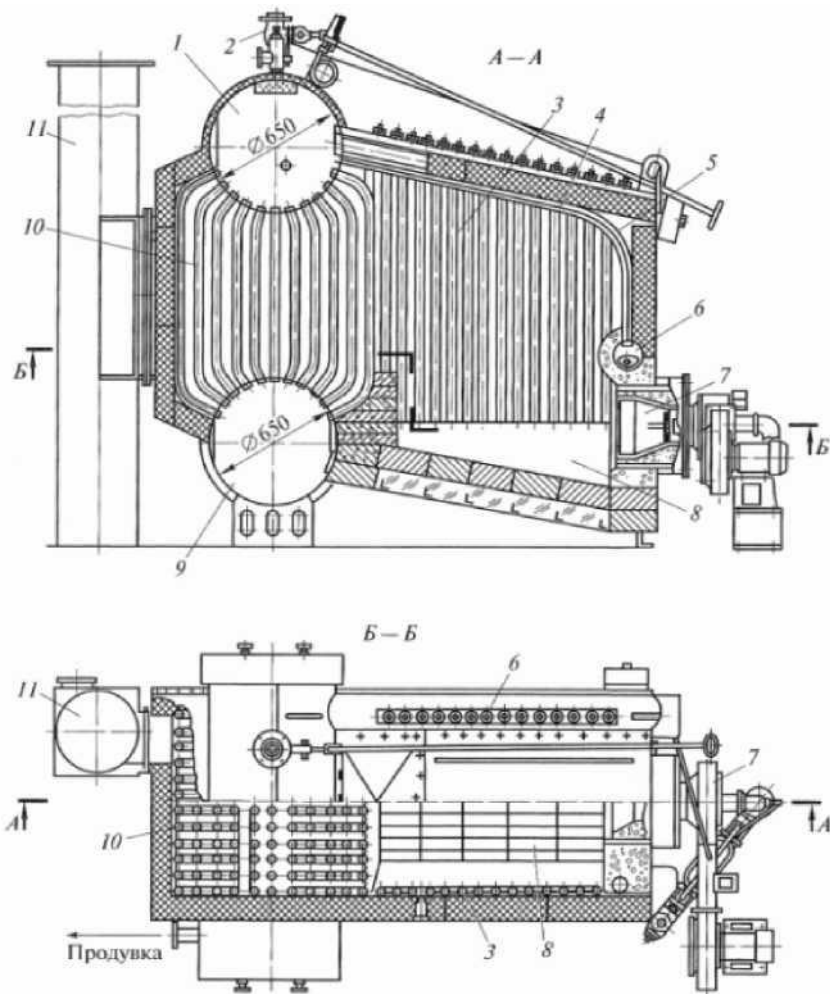


Рисунок 1.6 – Вертикально –

- | | |
|----------------------|-------------------------------|
| 1 - верхній барабан; | 2 - головний паровий вентиль; |
| 3 - бічний екран; | 4 - стельовий екран; |
| 5 - фронтальні | 6 - колектор; |
| | 8 - камерна топка; |
| | 10 - котельний пучок труб; |



Рисунок 1.7 - Котел Е 1,0-0,9 Г-3(Э) для роботи на природному газі

Таблиця 1.2 - Технічні характеристики парових котлів типу Е-1,0-0,9

Показник	Е-1,0-0,9 М-	Е-1,0-0,9 Г-3(Э)	Е-1,0-0,9 Р-3(Э)
Номінальна паро-продуктивність т/ч не менше	1,0	1,0	1,0
Робочий тиск пари на виході, МПа (кгс/см ²), не більше	0,8 (8,0)	0,8 (8,0)	0,8 (8,0)
Розрахункове паливо	Мазут, нафта	Природний газ	Вугілля
Розрахункова витрата палива, не більше	74,0 кг/ч	83,5 м ³ /ч	147 кг/ч
ККД, % не менше			
- позиційне регулювання		89	
- плавне регулювання	87,5 -	91	75 -
Температура поживної води (роз-рахункова), °З	50	50	50
Встановлена електрична потужність, КВт	6,0	6,0	6,0
Вологість насиченої пари, %	3,0	3,0	3,0
Об'єм води в котлу, м ³	1,1	1,1	1,1
Повна поверхня нагріву, м ²	31,6	31,6	31,6
Аеродинамічний опір, Па	69	72	119
Розрідження(-) в топці, Па	-30,0	-30,0	-30,0
Температура газів, що йдуть, °	235	230	290
Маса котла, кг не більша	4300	4300	3800
Габарити котла, м не більш	4,2x2, 35x2,9	4,2x2, 35x2,9	4,35x2, 35x2,9

Котли типу Е 1,0-0,9, які відрізняються високою надійністю, економічністю, мірою автоматизації, вони так само можуть експлуатуватися у будь-яких кліматичних умовах, що у поєднанні з мінімальними витратами на пуска- налагоджувальні роботи, простотою і зручністю в експлуатації, забезпечують покупцеві значний економічний ефект від його використання.

Високий технічний рівень котлів забезпечується як сучасними конструкторськими рішеннями, так і прогресивною технологією їх виготовлення.

1.3.2 Структура об'єкту управління

Система автоматичного управління повинна забезпечувати виконання наступних функцій:

- підтримка в заданих межах рівня води в котлу;
- захист котла при підвищенні тиску пари вище за допустимий, спуску води нижче нижчого аварійного рівня, короткому замиканні або перевантаженні електродвигунів;
- поданню звукової сигналізації при спуску води нижче нижчого аварійного рівня, перевищенні рівня води в котлу вище за верхній аварійний рівень, перевищенні тиску пари;
- світлову сигналізацію положення рівня води і наявності напруги в мережі.

1.3.3 Принцип функціонування об'єкту управління

Виходячи з вимог підсистема що розробляється повинна забезпечувати управління температурою масла і тому відповідає підсистемі автоматизованого управління технологічним обладнанням. До неї входять пристрої збору інформації (датчики температури пара та температури масла), еталони стану обладнання (максимальна температура пару та уставка температури масла), система автоматичного контролю стану обладнання, програма управління яка повинна

реалізувати формування керуючих впливів для підтримки температури масла на заданому рівні, протиаварійний захист, блок переводу до ручного режиму управління та виконавчі пристрої (газовий пальник та клапан подачі пару).

1. 4 Формулювання задачі дослідження

Система дослідження призначена для збору інформації про об'єкт управління. Основними функціями системи є формування або реєстрування керуючого впливу який подається на об'єкт управління, реєстрування дійсного значення на виході об'єкта, візуалізація отриманих даних та їх надання у зручному для подальшої обробки виді.

Згідно з завданням та розробленим апаратним забезпеченням підсистеми до контуру управління температурою олії входять об'єкт управління в якості котрого виступає паровий котел ділянки дезодорації олії, датчик температури, пристрій управління в якості котрого виступає програмований логічний контролер та газовий пальник.

Візуалізація процесу управління відбувається за допомогою персонального комп'ютера з SCADA системою.

1. 5 Висновки по розділу

За результатами аналізу об'єкта управління як об'єкта автоматизації та об'єкта дослідження зробимо наступні висновки:

об'єктом дослідження у кваліфікаційній роботі є паровий котел ділянки дезодорації олії, для якої виконується розробка підсистеми автоматичного управління температурою олії;

вхідними параметрами об'єкту управління є сигнали управління для газового пальника який формує температур пару, клапан подачі пару; вихідними параметрами об'єкту управління є температура пару на виході котла та температура масла в дезодораторі;

предметом дослідження у кваліфікаційній роботі є підсистема управління температурою масла;

об'єкт управління у кваліфікаційній роботі відноситься до класу неперервних об'єктів управління;

для визначення статичних характеристик та динамічних моделей елементів об'єкта управління та оцінки їх адекватності будуть застосовані методи статистичної обробки даних та методи теорії автоматичного управління;

для визначення імітаційної моделі об'єкта управління будуть враховані відповідні закономірності;

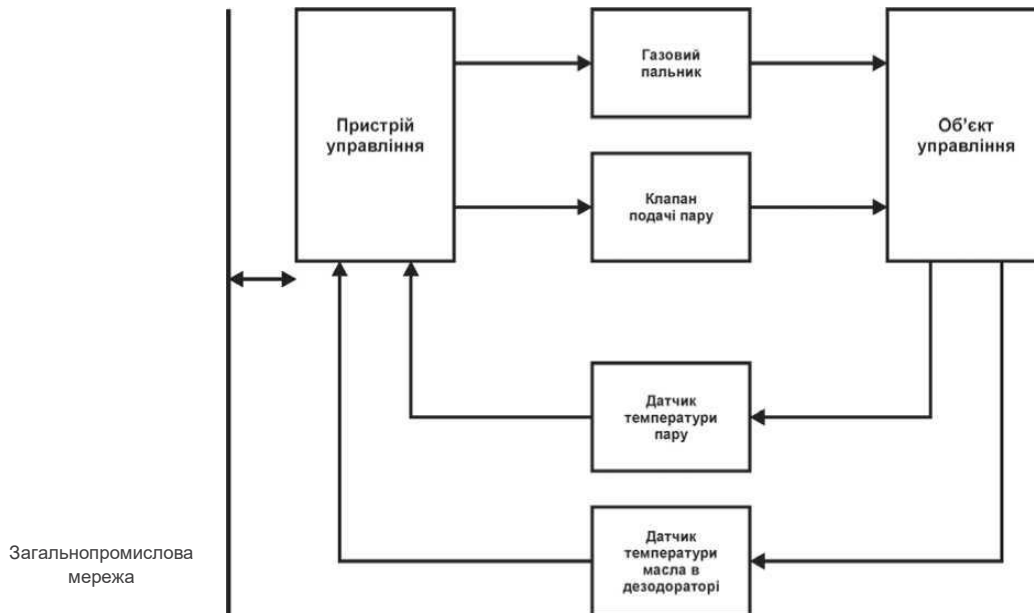
розробка апаратного забезпечення підсистеми автоматичного управління буде відбуватися на базі програмованого логічного контролера.

2. РОЗРОБКА АПАРАТНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ

2.1 Розробка структурної схеми підсистеми управління

В якості об'єкта управління виступає паровий котел ділянки дезодорації олії, для якої виконується розробка підсистеми автоматичного управління температурою олії. Вхідними параметрами об'єкту управління є сигнали управління для газового пальника який формує температур пару, клапан подачі пару. Вихідними параметрами об'єкту управління є температура пару на виході котла та температура масла в дезодораторі.

Виходячи з цього, підсистема управління повинна включати датчики температури масла в дезодораторі, датчик температури пару, газовий пальник, клапан подачі пару, пристрій управління та під'єднання до загальнопромислової мережі (рис. 2.1).



2.2 Розробка структурної схеми інформаційних потоків

Р и с у н о к 2.1 - С т р у к т у р н а

Виходячи з вимог підсистема що розробляється повинна забезпечувати управління температурою масла і тому відповідає підсистемі автоматизованого управління технологічним обладнанням. До неї входять пристрої збору інформації

(датчики температури пара та температури масла), еталони стану обладнання (максимальна температура пару та уставка температури масла), система автоматичного контролю стану обладнання, програма управління яка повинна реалізувати формування керуючих впливів для підтримки температури масла на заданому рівні, протиаварійний захист, блок переводу до ручного режиму управління та виконавчі пристрої (газовий пальник та клапан подачі пару).

Розроблена структурна схема інформаційних потоків наведена на рис. 2.2. Дана структура забезпечує підтримку температури масла на заданому рівні, і є складовою системи управління ділянки дезодорації олії.



Рисунок 2.2 – Структурна схема інформаційних потоків

Таким чином, згідно з вимогами, підсистема що розробляється представляє собою апаратно програмний комплекс, до якого входять датчики температури, об'єкт управління, пристрій управління в якості котрого згідно з вимогами повинен виступати програмований логічний контролер, газовий пальник та клапан подачі пару.

2. 3 Вибір апаратного забезпечення підсистеми управління

2. 3. 1 Вибір датчиків

Головною задачею підсистеми що розробляється є управління температурою масла. Температура масла в дезодораторі повинна бути на рівні 220÷230 °С. Крім датчик виміру температури масла повинен мати стандартний

струмовий інтерфейс для підключення до програмованого логічного контролера. Виходячи з цього для вимірювання температури масла обрано датчик ТЄРА ТЖК-У-1-5-Ј-1-И (рис. 2.3) який є термоелектричним перетворювачем з діапазоном вимірювання $-40\div 375$ °С та який має вбудований перетворювач напруги на виході термопару до стандартного струмового сигналу $4\div 20$ мА. Технічні характеристики датчика наведені в табл. 2.1.



Рисунок 2.3 – Датчик ТЄРА ТЖК-У-1-5-Ј-1-И

Таблиця 2.1 – Технічні характеристики датчика ТЄРА ТЖК-У-1-5-Ј-1-И

№	Найменування параметра	Значення
1	Тип	Залізо-Констан
2	Діапазон вимірюваних температур, °С	$-40\div 375$
3	Клас допуску	1
4	Точність, °С	$\pm 1.5 / \pm 0.004t$
5	Діапазон вихідного сигналу, мА	$4\div 20$
6	Напруга живлення, В	$12\div 36$
7	Потужність споживання, Вт	1

Температура пару на виході котла може знаходитися в діапазоні від 150 до 300 °С, інші вимоги аналогічні датчику температури масла. На підставі цього для вимірювання температури пару обрано датчик ТЄРА ТЖК-У-1-5-Ј-1-И.

На підставі обраних датчиків та їх технічних характеристик складена табл. 2.2.

Таблиця 2.2 – Датчики

№	Назва	Принцип	Тип	Діапа	Точні	Значе	Період	Напруг	Потужн
1	Темпера	Термоелект	Аналого	-	$\pm 1.5^{\circ}\text{C}$	4÷20	0.1 с	12÷36	1 Вт
2	Темпера	Термоелект	Аналого	-	$\pm 1.5^{\circ}\text{C}$	4÷20	0.1 с	12÷36	1 Вт

2. 3. 2 Вибір виконавчих пристроїв

В рамках автоматизації парового котла було прийняте рішення виконати заміну пальника потужністю 0,93 МВт без оперативного управління на газовий пальник блочного типу з потужністю 1,0÷1,3 МВт з плавним управлінням від програмованого логічного контролеру. Даним вимогам відповідає газовий пальник ГБЛ-1.2-МГ потужністю 1,2 МВт, управління яким реалізується за допомогою інтерфейсу RS-485 згідно з протоколом Modbus RTU (рис. 2.4).

Технічні характеристики пальника наведені в табл. 2.3.



Рисунок 2.4 – Газовий пальник ГБЛ-1.2-МГ

Для реалізації автоматичного управління подачею пара необхідно замінити ручний клапан - на електричний, з робочим тиском не менш 0.8 МПа, витратою 1 600 л/г, температурою носія до $+300^{\circ}\text{C}$ та напругою управління $+24\text{ В}$. Даним вимогам відповідає електромагнітний клапан Sovna SLPM-20, який має максимальний тиск 1,62 МПа, робочий прохід 10 мм, витрату 5400 л/г,

температуру носія +300 °С та напругу управління +24 В (рис. 2.5). Технічні характеристики клапану наведені в табл. 2.4.

Таблиця 2.3 – Технічні характеристики газового пальника ГБЛ-1.2-МГ

№	Найменування параметра	Значення
1	Тип	Пропорційний
2	Номінальна теплова потужність, МВт	1.2
3	Тиск газу до пальника, кПа	3.5
4	Тиск повітря до пальника, кПа	1.2
5	Пускова потужність, МВт	0.38
6	Номінальні витрати газу, м ³ /г	130.8
7	Час захисного відключення при запалюванні, с	3
8	Час захисного відключення при згасанні, с	2
9	Інтерфейс	RS-485
10	Протокол	Modbus RTU/ASCII
11	Напруга живлення, В	~380
12	Потужність споживання, кВт	1.6



Рисунок 2.5 – Клапан Covna SLPM-20

Таблиця 2.4 – Технічні характеристики клапану Covna SLPM-20

№	Найменування параметра	Значення
1	Тип	Електромагнітний
2	Підключення	G3/4
3	Робочий тиск, МПа	1.62
4	Умовний прохід, мм	20
5	Максимальна витрата, л/г	5400
6	Температура носія, °С	-40÷300
7	Робоча температура, °С	-50÷120
9	Керуюча напруга, В	12÷24
10	Потужність споживання, Вт	20

На підставі обраних виконавчих пристроїв та їх технічних характеристик складена табл. 2.5.

Таблиця 2.5 – Виконавчих пристроїв

№	Назва	Принцип	Тип	Діапазо	Лінійні	Значе	Період	Напру	Потужн
1	Потужн	Пропорцій	Аналого	0.2÷1.2	Лінійні	RS-485	0,1 с	~380 В	1.6 кВт
2	Подача	Електромаг	Дискрет	вимк./вк	Неліній	0÷24 В	0,1 с	24 В	20 Вт

2. 3. 3 Вибір пристроїв управління

Відповідно вимогам до підсистеми управління температурою масла, в якості пристрою управління, треба використовуватися програмований логічний контролер компанії VIPA. Цикл роботи контролера повинен бути не більше 100 мс, для забезпечення реакції на змінення температури. Крім того контролер повинен мати не менш 1 Кбайт вільної робочої пам'яті для реалізації програми управління.

Виходячи з того, що до контролеру повинні бути підключені два датчи- ки температури з струмовим інтерфейсом 4÷20 мА та електромагнітний клапан пару з напругою управління +24 В контролер повинен мати модульну структуру, що забезпечить підключення тільки обраного обладнання та легке розширення подальшого функціоналу.

Так як підсистема управління температурою масла повинна інтегруватися у систему управління ділянкою дезодорації олії контролер повинен мати інтерфейс RS-485, окрім того даний інтерфейс використовується для управління газовим пальником.

Наведеним вимогам відповідає програмований логічний контролер VIPA 214-2BS33. Контролер має час арифметичної операції над речовим числом 40 мкс, об'єм пам'яті програм 144 Кбати, об'єм робочої пам'яті 96 Кбайт та інтерфейс RS-485 (рис. 2.6). Технічні характеристики контролеру наведені в табл. 2.6.



Рисунок 2.6 – Програмований логічний контролер VIPA 214-2BS33

Таблиця 2.6 – Технічні характеристики програмованого логічного контролера VIPA 214-2BS33

№	Найменування параметра	Значення
1	Тип	CPU 214SER
2	Пам'ять, Кбайт	144
3	Робоча пам'ять, Кбайт	96
4	Максимальна кількість модулів, штук	32
5	Час виконання команди над бітом, мкс	0,18
6	Час виконання команди над байтом, мкс	0,78
7	Час виконання команди над словом, мкс	1,8
8	Час виконання команди над двійним словом, мкс	40,0
9	RS- 485 інтерфейс	Присутній
10	Напруга живлення, В	24
11	Споживана потужність, Вт	5

Датчик температури масла та датчик температури пару мають стандартний струмовий сигнал 4÷20 мА. Для підключення датчиків температури обрано модуль аналогового вводу VIPA 231-1BD40 який має чотири аналогові входи (рис. 2.7). Технічні характеристики модуля наведені в табл. 2.7.



Рисунок 2.7 – Модуль аналогового вводу VIPA 231-1BD40

Таблиця 2.7 – Технічні характеристики модуля аналогового вводу VIPA 231-1BD40

№	Найменування параметра	Значення
1	Тип	SM 231, ECO
2	Кількість каналів	4
3	Тип каналу	Аналоговий
4	Діапазон вхідного сигналу, мА	4÷20
5	Довжина екранованого провідника, м	200
6	Споживана потужність, Вт	0.6

Схема підключення датчика температури до модуля аналогового вводу наведена на рис. 2.8.

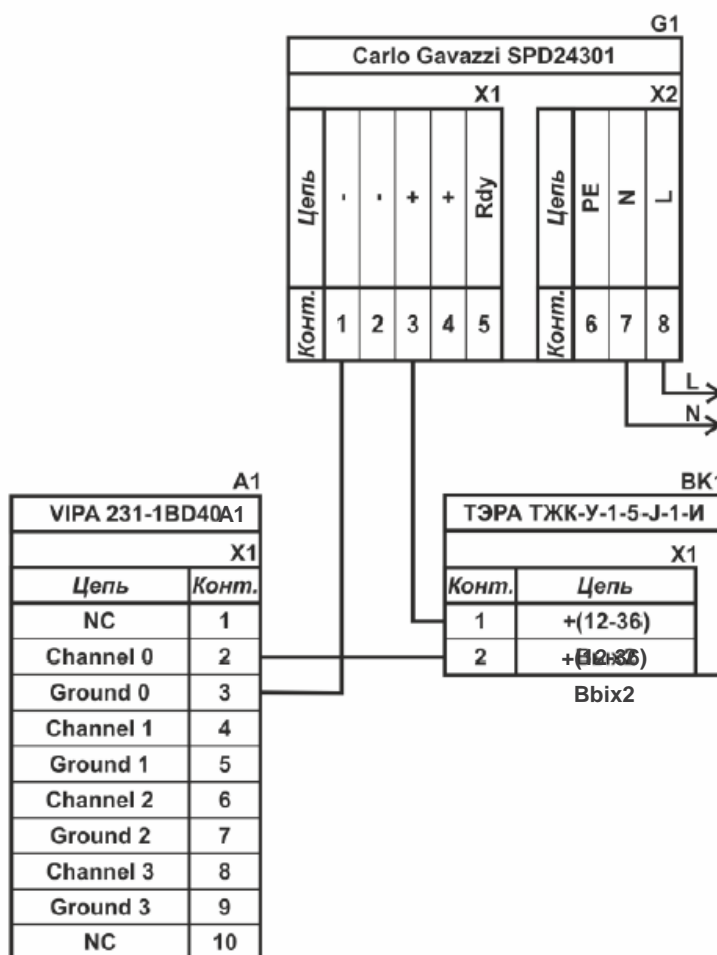


Рисунок 2.8 – Схема підключення датчика температури

Відповідно до схеми підключення модуль має чотири незалежні канали, к кожному з яких може бути підключено джерело струму. До позитивного входу

датчика підключається позитивний вихід джерела напруги. Вихід датчика який виступає в якості джерела струму підключається до відповідного каналу модуля аналогового вводу 2, 4, 6, 8. Земляний вихід модуля аналогового вводу 3, 5, 7, 9 підключається до земляного контакту джерела напруги.

Електромагнітний клапан пару є дискретним та відкривається напругою +24 В. Для підключення клапану обрано модуль дискретного вводу VIPA 222-1BF00 (рис. 2.9). Технічні характеристики модуля наведені в табл. 2.8.



Рисунок 2.9 – Модуль дискретного виводу VIPA 222-1BF00

Таблиця 2.8 – Технічні характеристики модуля дискретного виводу VIPA 222-1BF40

№	Найменування параметра	Значення
1	Тип	SM 222
2	Кількість каналів	8
3	Тип каналу	Дискретний
4	Діапазон вихідного сигналу, В	0÷24
5	Максимальний струм вихідного сигналу, А	1
6	Довжина екранованого провідника, м	600
7	Споживана потужність, Вт	2

Схема підключення клапану до модуля дискретного виводу наведена на рис. 2.10. Відповідно до схеми підключення модуль має вісім незалежних каналів, кожний з яких може бути використаний для управління дискретним виконавчим пристроєм з напругою +24 В. Блок живлення підключено до 1 та 10 входів модуля. Відповідний вихід модуля 2-9 підключено до входу електро- магнітного клапану. Земляний вихід клапану підключено до земляного входу блока живлення.

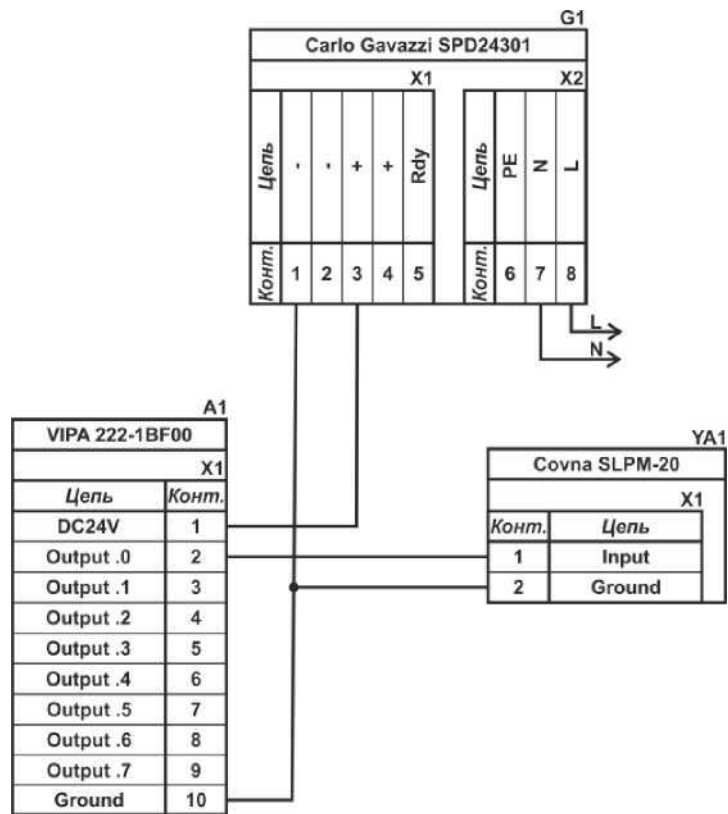


Рисунок 2.10 - Схема

Для зв'язку програмованого логічного контролеру з газовим палієм використовується RS-485 інтерфейс, схема підключення якого наведена на рис. 2.11.

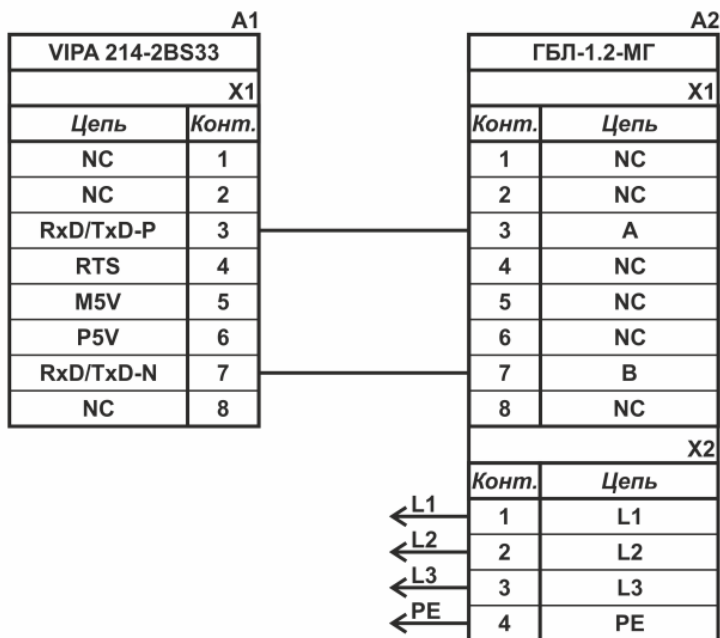
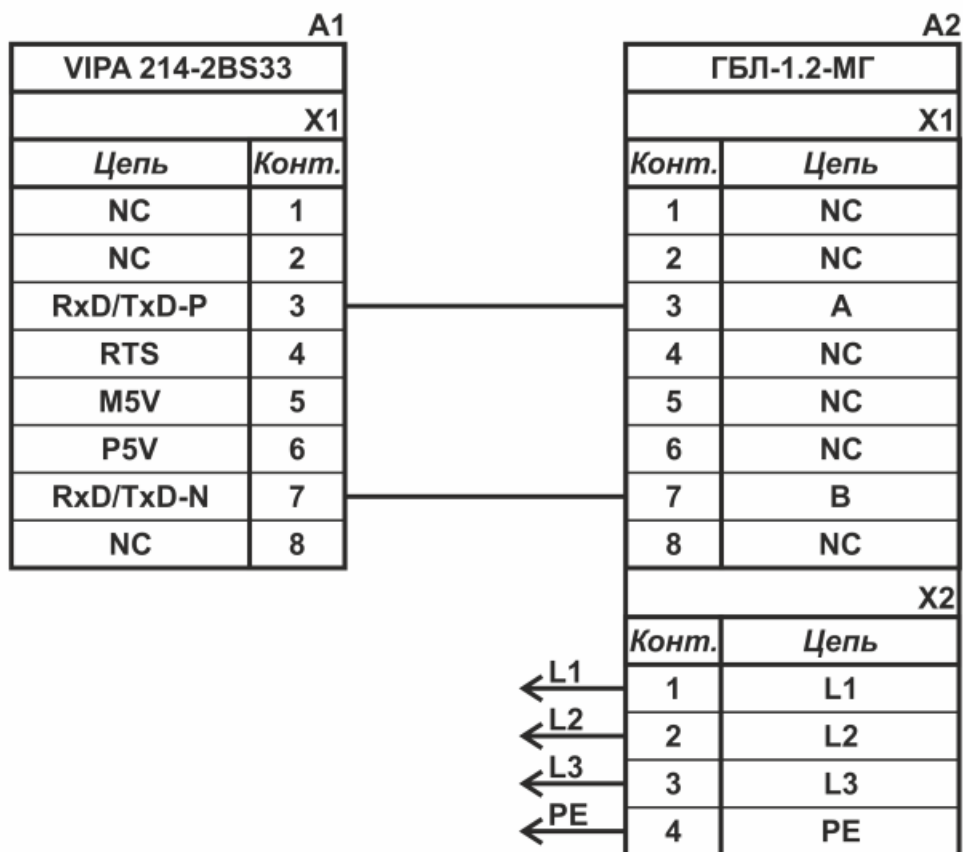


Рисунок 2.11 - Схема підключення газового палія



На підставі обраного програмованого логічного контролера та його модулів складена табл. 2.9.

Таблиця 2.9 – Пристрій управління та його модулі

№	Назва	Пристрій	Напруга жив-	Потужність
1	VIPA 214-2BS33	Центральний процесорний	24 В	5.00 Вт
		Газовий палій ГБЛ-1.2-МГ	~380 В	1.60 кВт
2	VIPA 231-1BD40	Модуль аналогового вводу	24 В	0.60 Вт
		Датчик температури олії ТЕСРА	24 В	1.00 Вт
		Датчик температури пари	24 В	1.00 Вт
3	VIPA 222-1BF00	Модуль дискретного виводу	24 В	2.00 Вт
		Клапан пара Совна SLPМ-20	24 В	20.00 Вт

2. 3. 4 Вибір джерел живлення

Програмований логічний контролер та його модулі мають напругу живлення +24 В. Загальна потужність споживання програмованого логічного контролера та його модулів:

$$P = 5.00 + 0.60 + 2.00 = 7.60 \text{ Вт}, \quad (2.1)$$

Виходячи з потужності споживання контролера та його модулів у якості джерела живлення обрано блок живлення SPD24301 з вихідною напругою +24 В та потужністю 30 Вт (рис. 2.12). Технічні характеристики блока живлення наведені в табл. 2.9.



Рисунок 2.12 – Блок живлення Carlo Gavazzi SPD24301

Таблиця 2.10 – Технічні характеристики блока живлення Carlo Gavazzi SPD24301

№	Найменування параметра	Значення
1	Напруга живлення, В	~85÷~264
2	Вихідна напруга, В	24
3	Потужність, Вт	30
4	Максимальний вихідний струм, А	1,25

Схему підключення програмованого логічного контролера до блока живлення наведена на рис. 2.13.

Виконавши аналіз обраного обладнання можливо зробити вивід, що зовнішній блок живлення потрібен для датчиків температури та електромагнітного клапана які мають напругу живлення +24 В та потужність споживання:

$$P = 1.0a + 1.00 + 20.00 = 22.00 \text{ Ет}, \quad (2.2)$$

Виходячи з потужності споживання датчиків та виконавчого пристрою у якості джерела живлення обрано блок живлення такий самий як і для програмованого логічного контролера SPD24301 з вихідною напругою +24 В та потужністю 30 Вт.

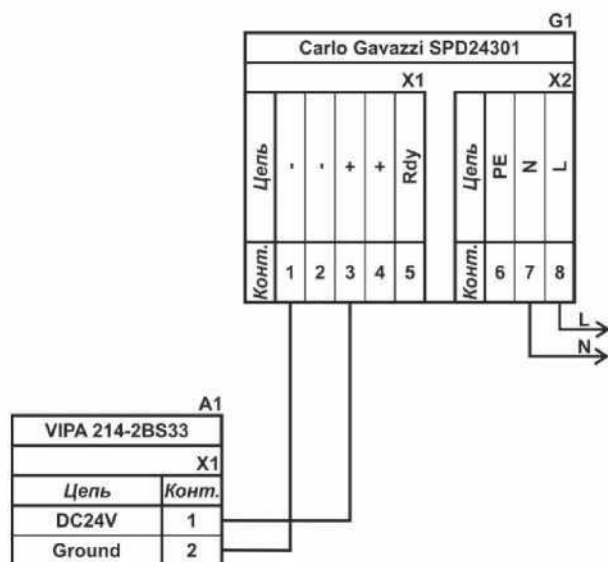


Рисунок 2.13 – Схема підключення програмованого логічного до блока живлення

Газовий палій не потребує окремого блока живлення так як він живиться від трьохфазної мережі напругою ~380 В.

2.4 Розробка функціональної схеми автоматизації

На основі вимог до підсистеми управління температурою олії та обраного апаратного забезпечення розроблена функціональна схема автоматизації, яка наведена на рис. 2.14.

У якості пристрою управління використовується програмований логічний контролер (UY 5 – VIPA 214-2BS33). Програмований логічний контролер підключено до системи управління ділянкою дезодорації олії якій відповідає контролер більш високого рівня (UY 6), зв'язок між ними реалізовано за допомогою інтерфейсу RS-485.

Температура пару вимірюється на виході котла за допомогою датчика температури (ТЕ 2-1 – ТЄРА ТЖК-У-1-5-Ј-1-И) виміряне значення за допомогою вбудованого до датчика перетворювача (ТТ 2-2 – ТЄРА ТЖК-У-1-5-Ј-1-И) трансформується в стандартний струмовий сигнал 4÷20 мА.

Якщо температура пару перевищує 150 °С клапан (NS 3-2 – Sovna SLPM-20) відкривається та пар подається до дезодоратора. За допомогою пара олія в дезодораторі нагрівається до 220-230 °С. Температура олії вимірюється за допомогою датчика температури (ТЕ 4-1 – ТЄРА ТЖК-У-1-5-Ј-1-И) виміряне значення за допомогою вбудованого до датчика перетворювача (ТТ 4-2 – ТЄРА ТЖК-У-1-5-Ј-1-И) трансформується в стандартний струмовий сигнал 4÷20 мА.

На підставі значення температури програмований логічний контролер (UY 5 – VIPA 214-2BS33) формує керуючий вплив який за допомогою інтерфейсу RS-485 передається газовому палію (ТС 1-2 – ГБЛ-1.2-МГ) який виконує нагрів води до стана пару.

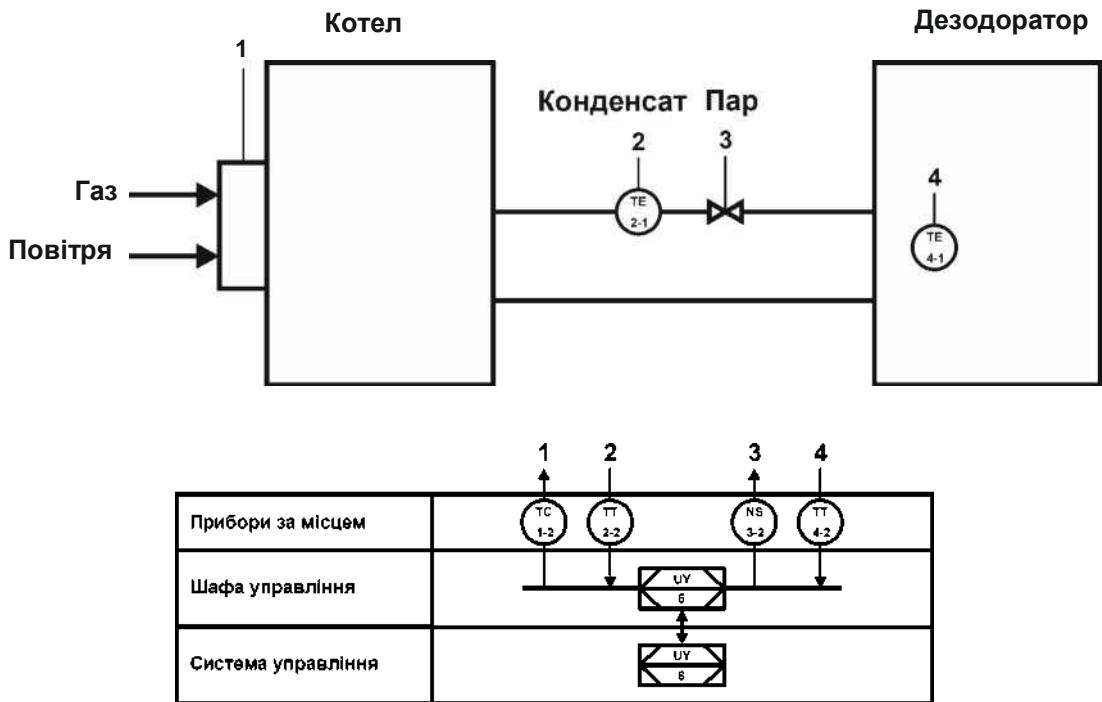


Рисунок 2.14 – Функціональна схема автоматизації підсистеми управління

2.5 Розробка схеми електричної принципової

На основі функціональної схеми автоматизації та обраного апаратного забезпечення розроблена схема електрична принципова підсистеми управління температурою олії (рис. 2.15).

В підсистемі використовуються два блока живлення. Блок живлення Carlo Gavazzi SPD24301 (G1) підключено до програмованого логічного контролеру VIPA 214-2BS33 (A1). Блок живлення Carlo Gavazzi SPD24301 (G2) підключено до модулю дискретного виводу VIPA 222-1BF00 (A1 – X5), датчику температури пару ТЄРА ТЖК-У-1-5-І-І (ВК1) та датчику температури олії ТЄРА ТЖК-У-1-5-І-І (ВК2).

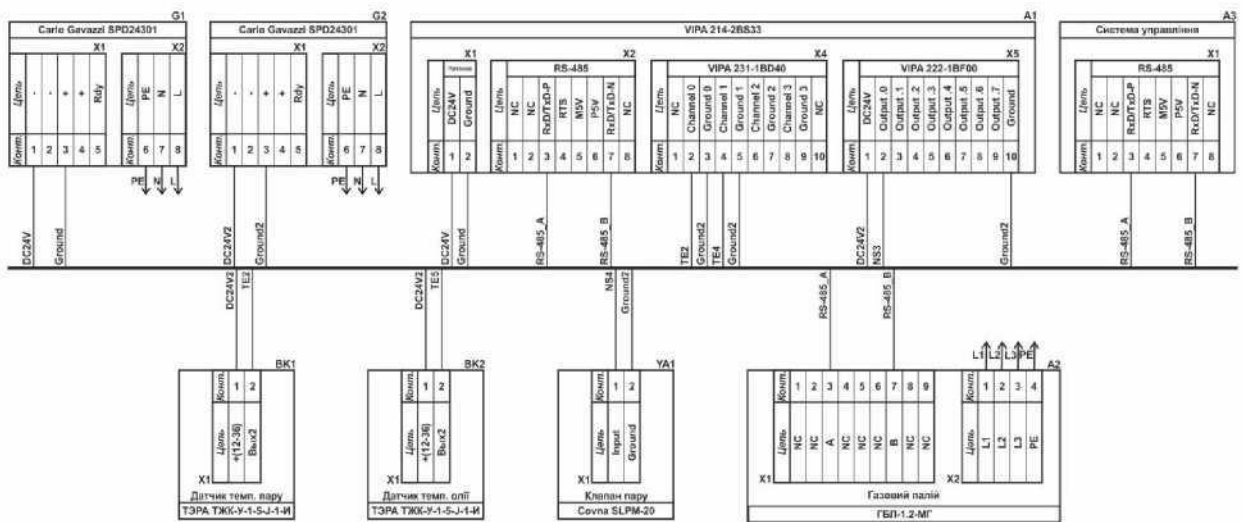


Рисунок 2.15 – Схема електрична принципова підсистеми управління

Зв'язок між програмованим логічним контролером VIPA 214-2BS33 (A1) та системою управління лінією дезодорації (A3) реалізовано за допомогою інтерфейсу RS-485 (A1 – X2). Зв'язок між контролером та газовим пальником ГБЛ-1.2-МГ (A2) також реалізовано за допомогою інтерфейсу RS-485. Газовий пальник живиться від трьохфазної мережі.

Вимірювання температури пару виконує датчик ТЄРА ТЖК-У-1-5-Ј-1-И (BK1) який підключено до модулю аналогового вводу VIPA 231-1BD40 (A1 – X4) до каналу 0 за допомогою стандартного струмового сигналу 4÷20 мА.

Вимірювання температури олії виконує датчик ТЄРА ТЖК-У-1-5-Ј-1-И (BK2) який підключено до модулю аналогового вводу VIPA 231-1BD40 (A1 – X4) до каналу 1 за допомогою стандартного струмового сигналу 4÷20 мА.

Управління клапаном пару Sovna SLPM-20 реалізовано за допомогою модулю дискретного виводу VIPA 222-1BF00 (A1 – X5). При наявності на вході клапану напруги +24 В він відкривається, а при вимиканні напруги він само-стійно повертається до зачиненого стану.

3 ВИЗНАЧЕННЯ МОДЕЛІ ОБ'ЄКТА УПРАВЛІННЯ

3.1 Розробка структурної схеми інформаційних потоків дослідницької системи

Система дослідження призначена для збору інформації про об'єкт управління. Основними функціями системи є формування або реєстрування керуючого впливу який подається на об'єкт управління, реєстрування дійсного значення на виході об'єкта, візуалізація отриманих даних та їх надання у зручному для подальшої обробки виді.

Згідно з завданням та розробленим апаратним забезпеченням підсистеми, до контуру управління температурою олії входять об'єкт управління, в якості котрого виступає паровий котел ділянки дезодорації олії, датчик температури в якості якого виступає термоелектричний перетворювач, який має діапазон вимірювання $-40 \div 375$ °C з сигналом струму $4 \div 20$ mA, пристрій управління в якості котрого виступає програмований логічний контролер VIPA 214-2BS33 та газовий пальник ГБЛ-1.2-МГ, який підключено до контролеру за допомогою інтерфейсу RS-485, та який має діапазон потужності від $40 \div 100$ %. Візуалізація процесу управління відбувається за допомогою персонального комп'ютера з SCADA системою zenon. Така підсистема дозволяє крім функцій управління виконувати функції дослідження об'єкта для чого достатньо використати дослідницьке програмне забезпечення. Виходячи з цього розроблена структурна схема інформаційних потоків дослідницької системи яка наведена на рис. 3.1.

Згідно з структурною схемою, система дослідження може формувати керуючий вплив в якості якого виступає потужність пальника в діапазоні

вимкнений, 40÷100 %, за рахунок якої виконується нагрів пару, який свою чергу виконується для підігріву олії в дезодораторі. Температура олії вимірюється за допомогою відповідного датчика з діапазоном $-40\div 350$ °С. Програмований логічний контролер виконує передачу сформованого впливу по RS-485 інтерфейсу до пальника та отримання значення температури олії з датчика температури.

Зв'язок між програмованим логічним контролером та персональним комп'ютером з SCADA системою zenon також реалізується за допомогою інтерфейсу RS-485.

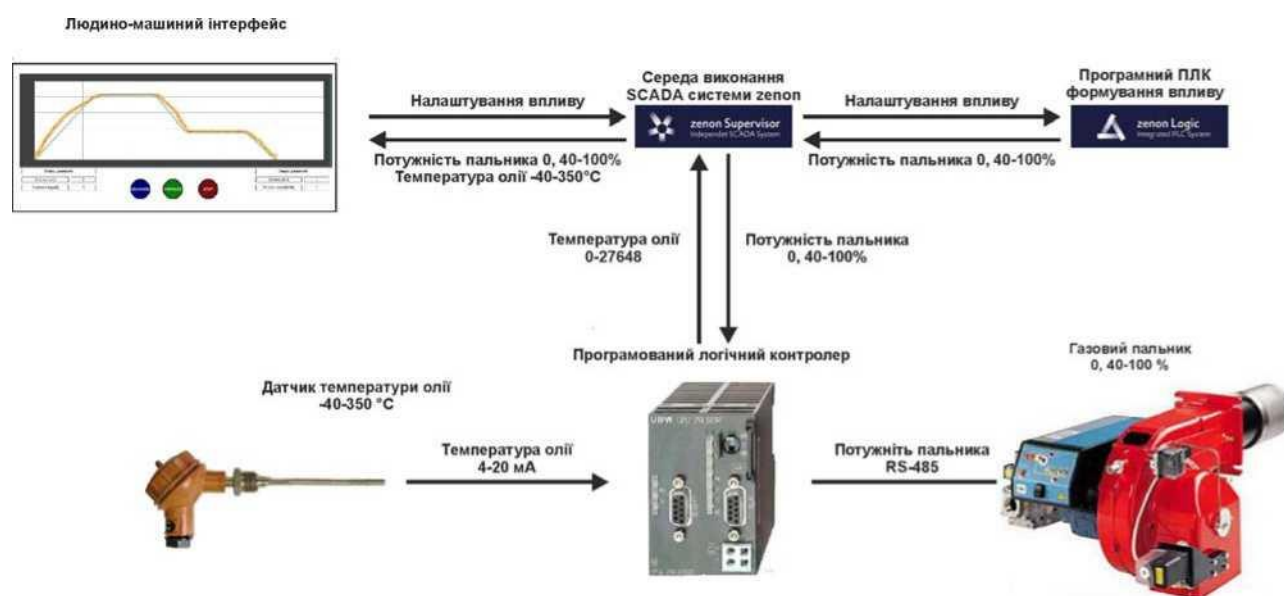


Рисунок 3.1 – Структурна схема інформаційних потоків дослідницької системи

Важливою особливістю управління нагрівом масла є те, що мінімальна потужність газового пальника становить 40 %. Тому процес вимірювання повинен починатися з моменту досягнення температури олії усталеного значення при 40 % потужності газового пальника.

3.2 Розробка методики дослідження об'єкта управління

Система дослідження дозволяє формування різноманітних керуючих впливів та поданнях їх на газовий пальник. При цьому об'єкт управління не накладає ні яких обмежень на керуючий вплив. Виходячи з цього об'єкт управління можливо дослідити за допомогою метода активного експерименту.

З метою виконання ідентифікації об'єкта управління використовуючи метод активного експерименту необхідно отримати його динамічну характеристику, данні для побудови статичної характеристики, характеристику при П- образному керуючому впливі та перевірочні данні. Виходячи з цього складено план експерименту:

1. Налаштувати систему дослідження.
2. Отримати динамічну характеристику.
 - 2.1. Привести об'єкт управління до початкових умов, потужність пальника 40%, дочекатися досягнення усталеного режиму.
 - 2.2. Запустити процес реєстрування.
 - 2.3. Задати потужність пальника 100 %, дочекатися досягнення усталеного режиму.
 - 2.5. Зупинити процес реєстрації.
3. Отримання даних за для побудови статичної характеристики.
 - 3.1. Привести об'єкт управління до початкових умов, потужність пальника 40%, дочекатися досягнення усталеного режиму.
 - 3.2. Запустити процес реєстрування.
 - 3.3. Задати потужність пальника 55 %, дочекатися досягнення усталеного режиму.

3. 4. Задати потужність пальника 70 %, дочекатися досягнення усталено- го режиму.

3. 5. Задати потужність пальника 85 %, дочекатися досягнення усталено- го режиму.

3. 6. Задати потужність пальника 100 %, дочекатися досягнення усталено- ного режиму.

3. 7. Зупинити процес реєстрації.

4. Отримання даних при П-образному впливі.

4. 1. Привести об'єкт управління до початкових умов, потужність пальника 40%, дочекатися досягнення усталеного режиму.

4. 2. Запустити процес реєстрування.

4. 3. Задати потужність пальника 100 %, дочекатися досягнення усталено- ного режиму.

4. 4. Задати потужність пальника 40 %, дочекатися досягнення усталено- го режиму.

4. 5. Зупинити процес реєстрації.

5. Отримання перевіірочних даних.

5. 1. Привести об'єкт управління до початкових умов, потужність пальника 40%, дочекатися досягнення усталеного режиму.

5. 2. Налаштувати псевдовипадковий вплив таким чином щоб період зміни впливу був у десять раз менший за час перехідного процесу, а амплітуда впливу змінювалася в діапазоні 40÷100 %.

5. 3. Запустити процес реєстрування.

5. 4. Запустити формування псевдовипадкового впливу.

- 5. 5. Виконувати реєстрацію на протязі часу п'яти перехідних процесів.
- 5. 6. Зупинити процес реєстрації.

3. 3 Виконання експерименту

На першому етапі проведення експерименту виконано налаштування системи дослідження (рис. 3.2) таким чином що керуючий вплив може знаходити- ся в діапазоні $40 \div 100$ %, а значення температури олії в діапазоні $-40 \div 350$ °С.

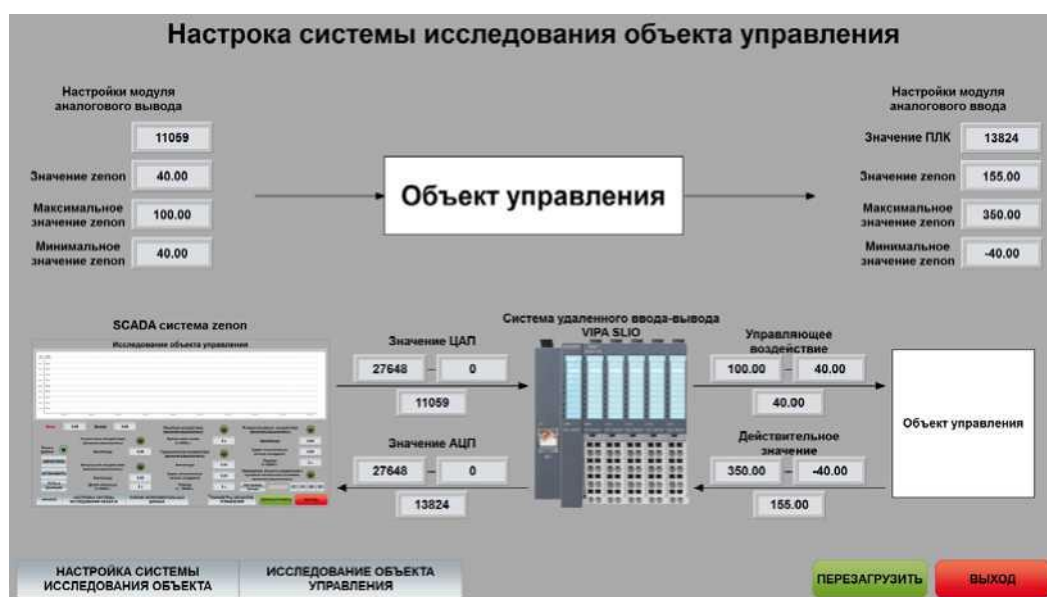


Рисунок 3.2 – Налаштування системи дослідження

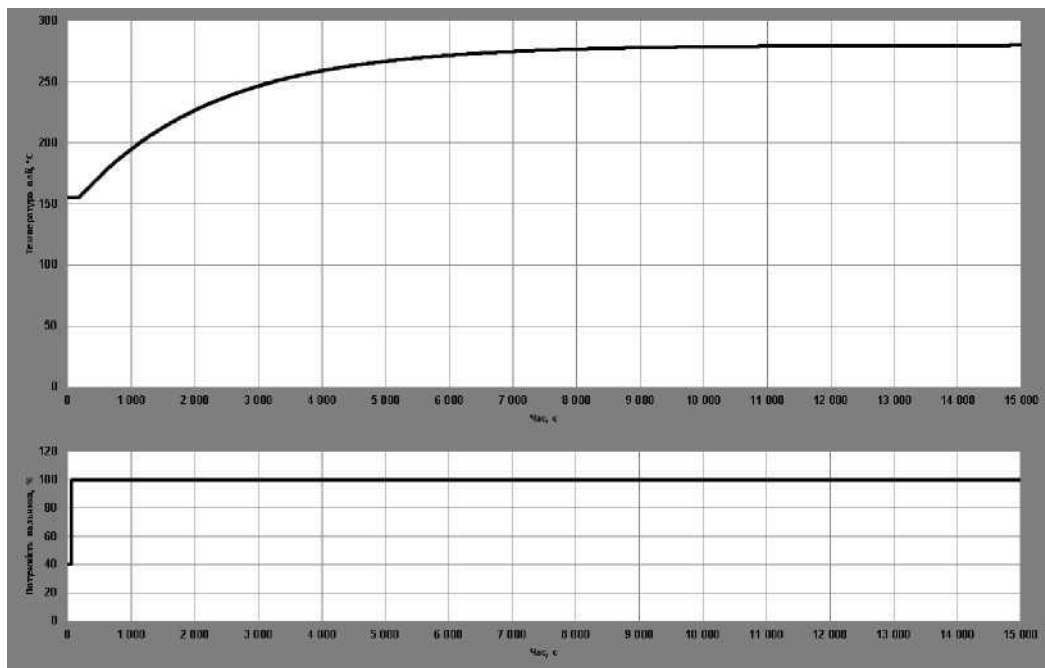


Рисунок 3.3 – Отримання динамічної характеристики

На другому етапі було виконано отримання динамічної характеристики об'єкта управління (рис. 3.3). Для цього газовий пальник було встановлено на потужність 40 %. Після досягнення усталеного режиму газовий пальник було встановлено на потужність 100 %. Після досягнення усталеного режиму експеримент було закінчено.

На третьому етапі було виконано отримання даних для побудови статичної характеристики (рис. 3.4). Для цього газовий пальник було встановлено на потужність 40 %. Після досягнення усталеного режиму газовий пальник було встановлено на потужність 55 %. Після досягнення усталеного режиму газовий пальник було встановлено на потужність 70 %. Після досягнення усталеного режиму газовий пальник було встановлено на потужність 85 %. Після досягнення усталеного режиму газовий пальник було встановлено на потужність 100 %. Після досягнення усталеного режиму експеримент було закінчено.

На четвертому етапі було виконано отримання даних П-образному керуючому впливі (рис. 3.5). Для цього газовий пальник було встановлено на потужність 40 %. Після досягнення усталеного режиму газовий пальник було встановлено на потужність 100 %. Після досягнення усталеного режиму газовий пальник було встановлено на потужність 100 %. Після досягнення усталеного режиму експеримент було закінчено.

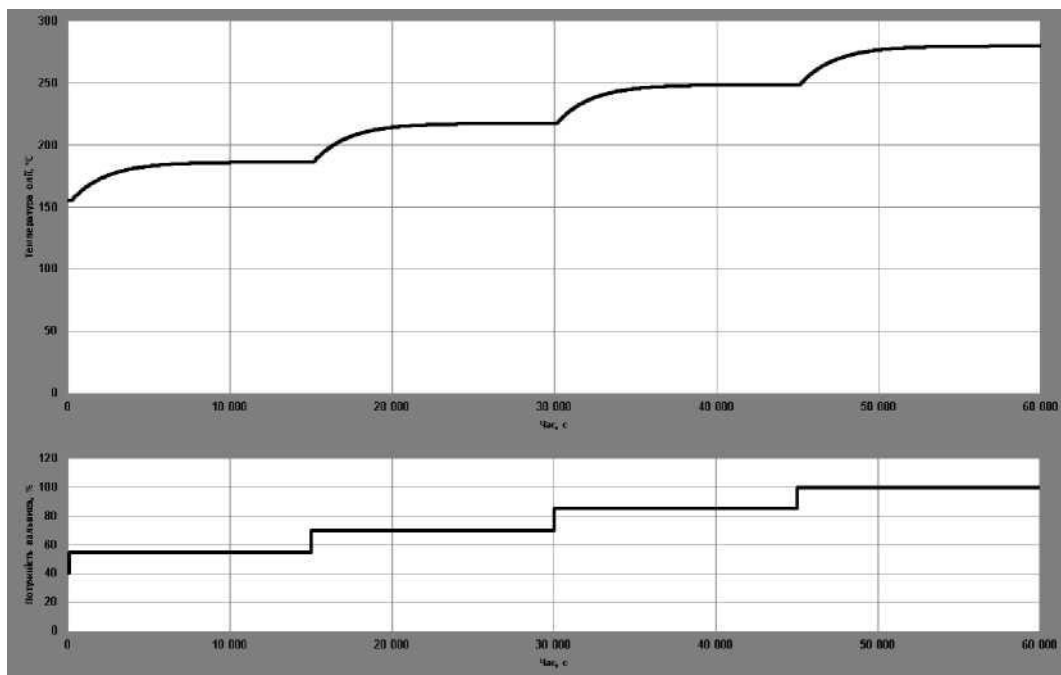


Рисунок 3.4 – Отримання даних для побудови статичної характеристики

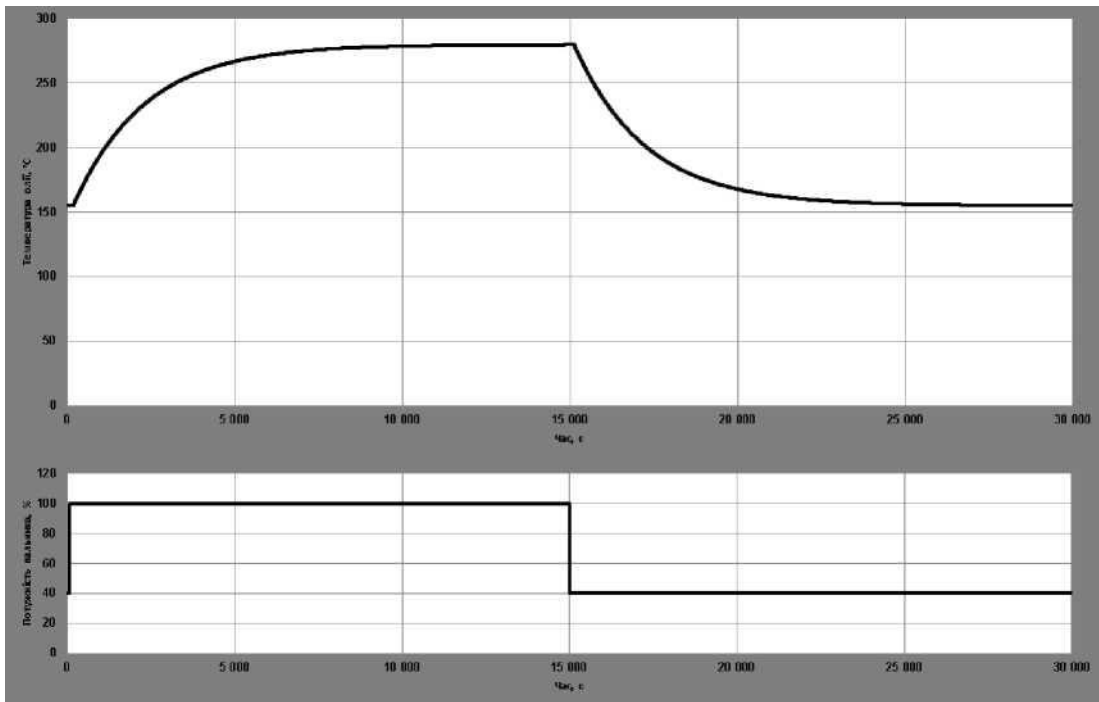


Рисунок 3.5 – Отримання даних при П-образному керуючому впливі

На п'ятому етапі було виконано отримання перевірочних даних (рис. 3.6). Для цього період псевдовипадкового впливу було налаштована на 1 500 секунд. Реєстрація відбувалася на протязі 75 000 секунд.

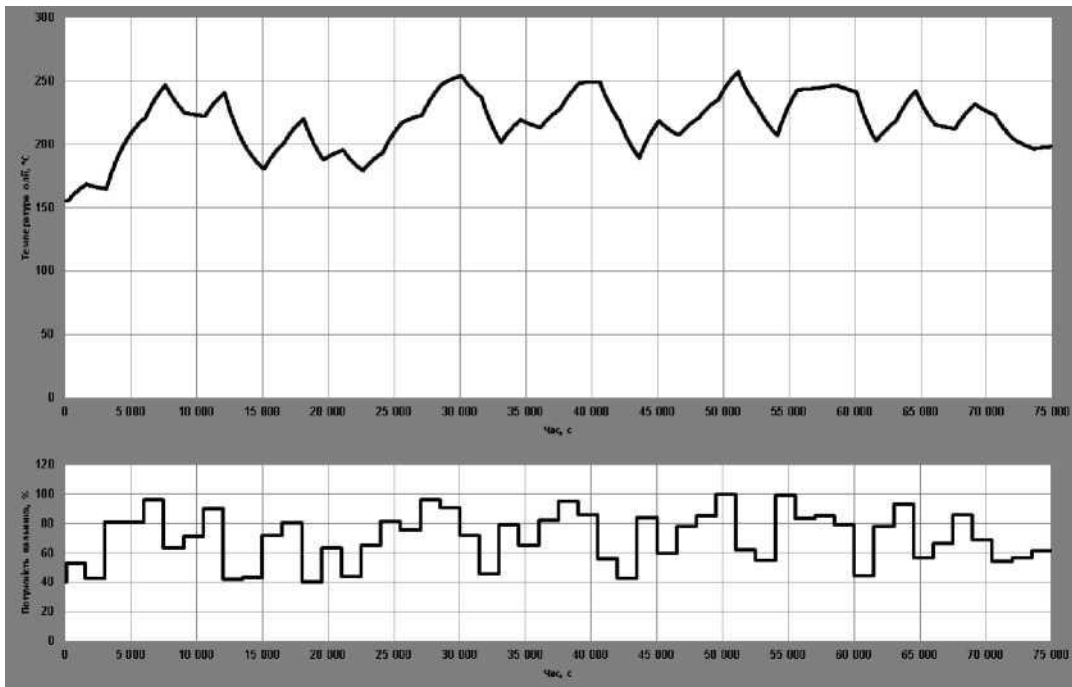


Рисунок 3.6 – Отримання перевіірочних даних

У результаті виконання плану експерименту проведено всеосяжне дослідження об’єкта управління та отримані динамічна характеристика, дані для побудови статичної характеристики, дані при П-образному керуючому впливі та перевіірочні дані.

3.4 Обробка результатів експерименту

3.4.1 Підготовка даних

Дані отримані в SCADA системі zenon було імпортовано до математичного пакета MATLAB з метою подальшої обробки (рис. 3.7). Змінні які відповідають даним динамічної характеристики “Dynamic_Power”, “Dynamic_Temperatur”, даним для побудови статичної характеристики “Static_Power”, “Static_Temperature”, даним отриманим при П-образному керуючому впливі

“P_Power”, “P_Temperature”, перевірочним даним “Check_Power”, “Check_Temperature”. Суфікс “_Power” позначає керуючий вплив, а суфікс “_Speed” дійсне значення.

Name	Value	Min	Max
Check_Power	75001x3 double	0	99.4622
Check_Temperature	75001x1 double	0	257.1064
Dynamic_Power	15001x1 double	0	100
Dynamic_Temperature	15001x1 double	155	279.6791
P_Power	30001x1 double	40	100
P_Temperature	30001x1 double	155	279.6855
Static_Power	60001x1 double	0	100
Static_Temperature	60001x1 double	0	279.7706

Рисунок 3.7 – Імпортовані данні

Для спрощення подальшого аналізу дані були конвертовані до об’єктів типу “iddata”:

- > > **Dynamic_Raw=iddata(Dynamic_Temperature, Dynamic_Power, 1);**
- > > **Static_Raw=iddata(Static_Temperature, Static_Power, 1);**
- > > **P_Raw=iddata(P_Temperature, P_Power, 1);**
- > > **Check_Raw=iddata(Check_Temperature, Check_Power, 1);**

З отриманих даних була видалена статична складова:

- > > **Dynamic_Raw_Trend = getTrend(Dynamic_Raw);**
- > > **Dynamic_Raw_Trend.OutputOffset = 155;**
- > > **Dynamic_Raw_Trend.InputOffset = 40;**
- > > **Dynamic = detrend(Dynamic_Raw, Dynamic_Raw_Trend);**
- > > **Static_Raw_Trend = getTrend(Static_Raw);**
- > > **Static_Raw_Trend.OutputOffset = 155;**
- > > **Static_Raw_Trend.InputOffset = 40;**
- > > **Static = detrend(Static_Raw, Static_Raw_Trend);**
- > > **P_Raw_Trend = getTrend(P_Raw);**

```
> > P_Raw_Trend.OutputOffset = 155;
> > P_Raw_Trend.InputOffset = 40;
> > P = detrend(P_Raw, P_Raw_Trend);
> > Check_Raw_Trend = getTrend(Check_Raw);
> > Check_Raw_Trend.OutputOffset = 155;
> > Check_Raw_Trend.InputOffset = 40;
> > Check = detrend(Check_Raw, Check_Raw_Trend);
```

Дані температури олії отримані при П-образному керуючому впливі було розділено на дві змінні. До першої змінної “P_First” увійшли данні етапу підйому дійсного значення, а до другої змінної “P_Second” увійшли данні етапу спаду дійсного значення.

3.4.2 Структурна ідентифікація

З метою оцінки структури моделі об’єкта управління проаналізуємо динамічну характеристику об’єкта управління (рис. 3.8). Після подачі керуючого впливу температура на протязі 117 секунд не змінюється, виходячи з цього можливо зробити висновок, що об’єкт володіє запізненням. Крім того на динамічній характеристиці відсутня інерція, характер перехідного процесу монотонний, а кількість перегинів дорівнює одному. На підставі цього можливо зробити висновок, що модель об’єкта управління може бути представлена у вигляді аперіодичної ланки першого порядку з запізненням.

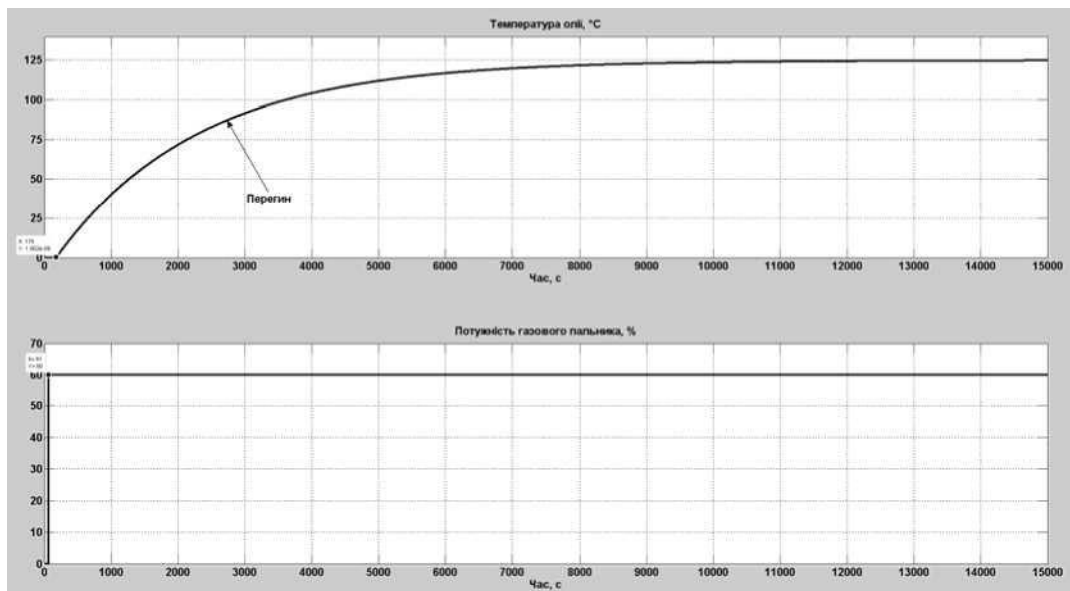


Рисунок 3.8 – Динамічна характеристика

Проаналізуємо об'єкт управління на лінійність для цього побудуємо його статичну характеристику (рис. 3.9):

- > > **Static_Input_Vector = [0, 15, 30, 45, 60];**
- > > **Static_Output_Vector = [0, 31.17, 62.37, 93.57, 124.8];**
- > > **plot(Static_Input_Vector, Static_Output_Vector);**

Статична характеристика об'єкта управління лінійна. На підставі цього можливо зробити висновок, що об'єкт управління також є лінійним у діапазоні потужності 40÷100 %.

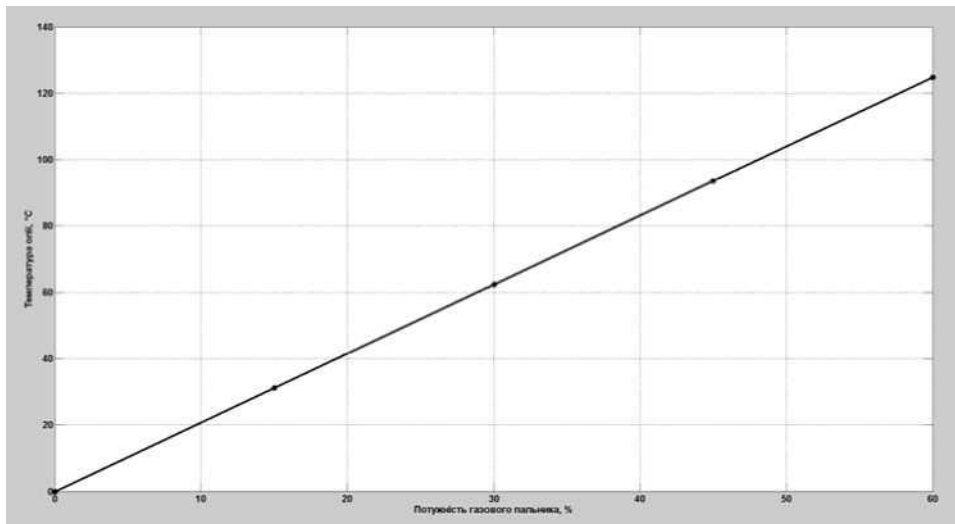


Рисунок 3.9 – Статична характеристика

Проаналізуємо характеристику отриману при П-образному керуючому впливі (рис. 3.10). Змінення потужності газового пальника від 0 % до 60 % приводить до відповідного збільшення температури олії, а зменшення потужності від 60 % до 0 % приводить до відповідного зменшення температури олії. На підставі цього можливо зробити висновок, що об'єкт не володіє інтегруючими властивостями є об'єктом з самовирівнюванням.

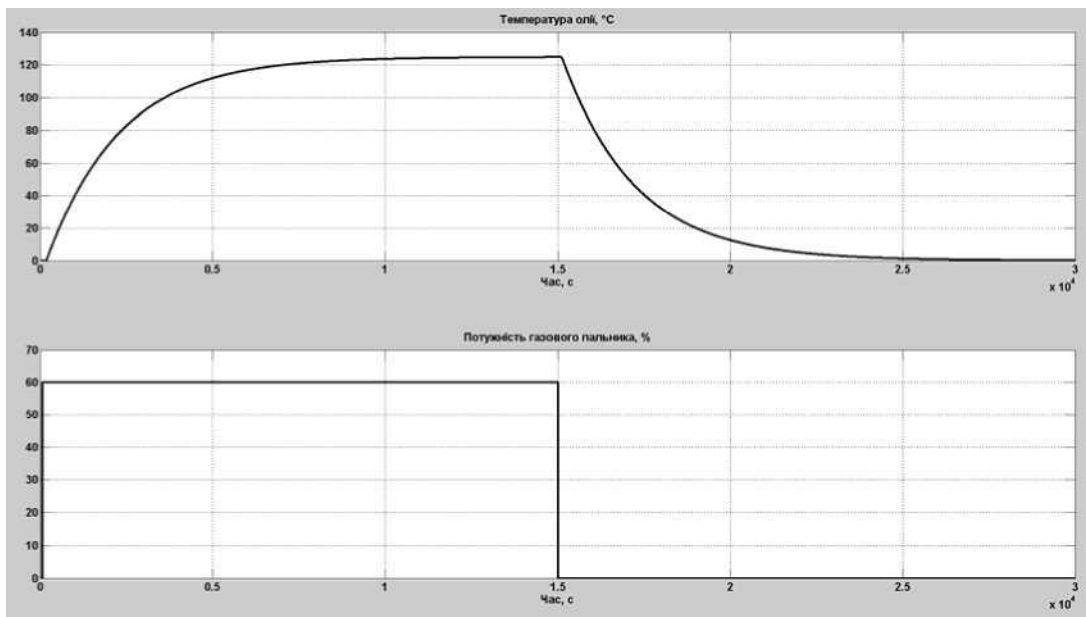


Рисунок 3.10 – Характеристика при П-образному керуючому впливі
 На підставі даних отриманих при П-образному керуючому впливі вико-
 наємо перевірку об’єкта управління на симетричність:

$$\gt \gt (\text{std}(P_First) - \text{std}(P_Second)) * 100.0 / 124.8 \text{ ans} = 0.052489311824845$$

Так як різниця стандартних відхилень етапу підйому до етапу спаду відносно діапазону зміни температури олії 124,8 °C становить 0,05 %, що є значно меншим ніж величина технічної похибки 10 %, об’єкт управління є симетрич- ним.

Виходячи з проведеного аналізу експериментальних даних можливо зробити висновок, що об’єкт управління може бути представлений в виді аперіодичної ланки першого порядку з запізненням:

$$W(s) = \frac{k}{(Ts + 1)} \cdot e^{-\tau s}, \quad (3.1)$$

де $W(s)$ – передавальна функція, K – коефіцієнт підсилення, T – постійна часу (с), τ – час запізнення (с).

3.4.3 Параметрична ідентифікація

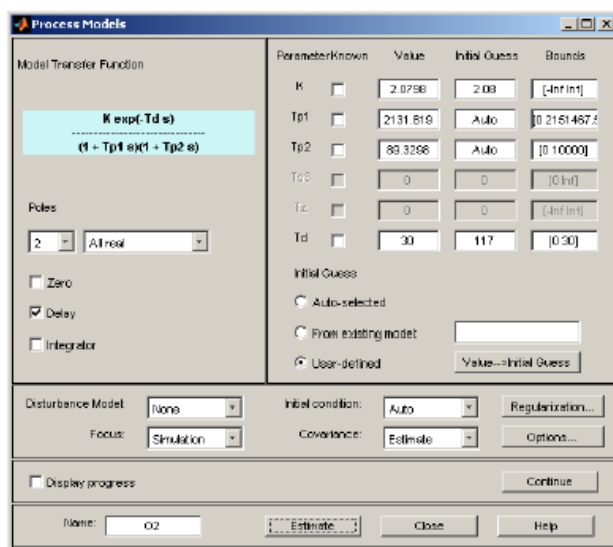
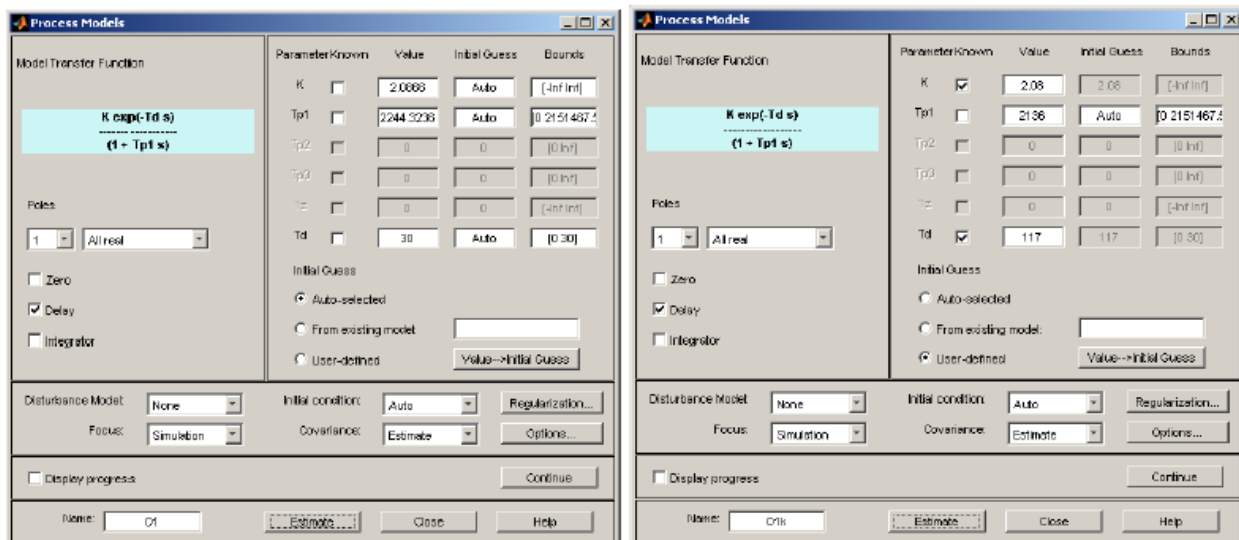
При аналізі динамічної характеристики було встановлено, що час запізнення 117 секунд. На підставі того, що об'єкт управління є лінійним, згідно з його статичній характеристиці розраховано коефіцієнт підсилення:

$$k = \frac{124.8}{60} = 2.08. \quad (3.2)$$

Подальше визначення параметрів об'єкта управління виконано за допомогою "System Identification Toolbox", для якого у якості робочих даних використані данні динамічної характеристики "Dynamic", а перевірочні данні "Check" для оцінки відповідності моделі об'єкта управління, так як ці данні раніше не використовувалися при ідентифікації (рис. 3.8).

Для визначення параметрів моделі об'єкта управління використано метод "Process Models". Налаштування параметрів ідентифікації наведено на рисунку 3.11.

Перевірка результатів розрахунків наведена на рис. 3.17 та в табл. 3.1. Отримані моделі "O1" та "O2" не відповідає об'єкта управління так як значення часу запізнення значно менше раніше отриманого. Отримана модель "O1k" відповідає об'єкта управління на 99.99 % за нормованим середнє квадратичним відхиленням, по перевірочним даним та на 100 % по динамічній характеристиці. Виходячи з цього для створення моделі об'єкта управління обрані параметри моделі "O1k".



Р и с у н о к 3.11 - Н а л а ш т у в а н н я Process Models

Таблиця 3.1 – Результати розрахунків параметрів об'єктів управління

Назва параметру	O1	O1k	O2
k	2.0866	2.08	2.0798
$T1, c$	2244.3	2136	2131.8
$T2, c$	–	–	89.33
T	30	117	30
Dynamic – Динамічна характеристика			
NRMSE, %	97.71	100	99.63
FPE	0.8091	0	0.01367
MSE	0.4838	0	0.01264
Check – Перевірочні данні			
NRMSE, %	95.08	99.99	99.36

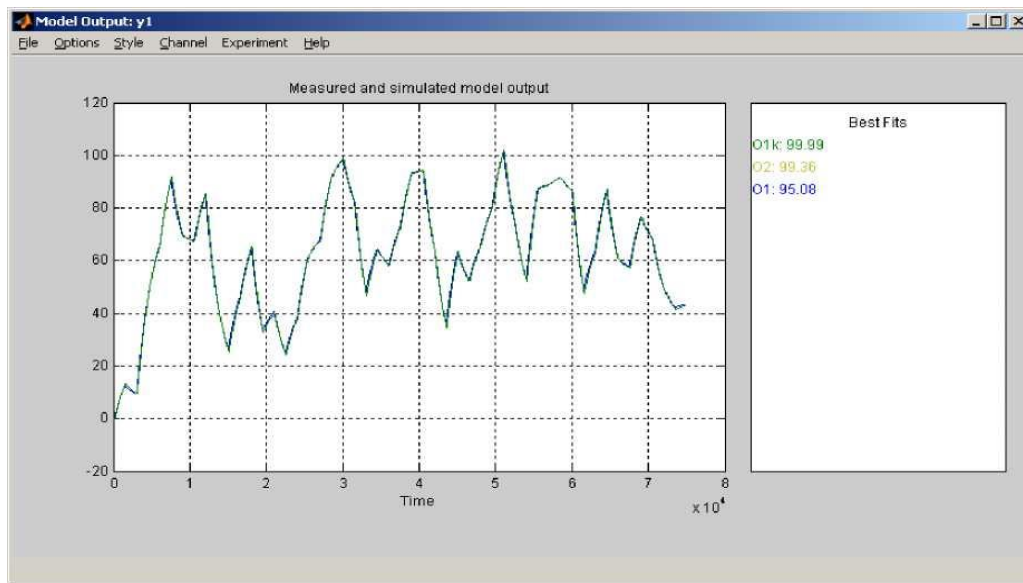


Рис унок 3.12 - П е р е в і р к а

На підставі виконаних досліджень отримана модель об'єкта управління у виді передавальної функції:

$$W(s) = \frac{2.08}{2136s + 1} \cdot e^{-117s}, \quad (3.2)$$

3.4.4 Розробка моделі об'єкта управління в Simulink

За результатами ідентифікації розроблена модель об'єкта управління в графічному середовищі імітаційного моделювання Simulink (рис. 3.13) у вигляді передавальної функції.

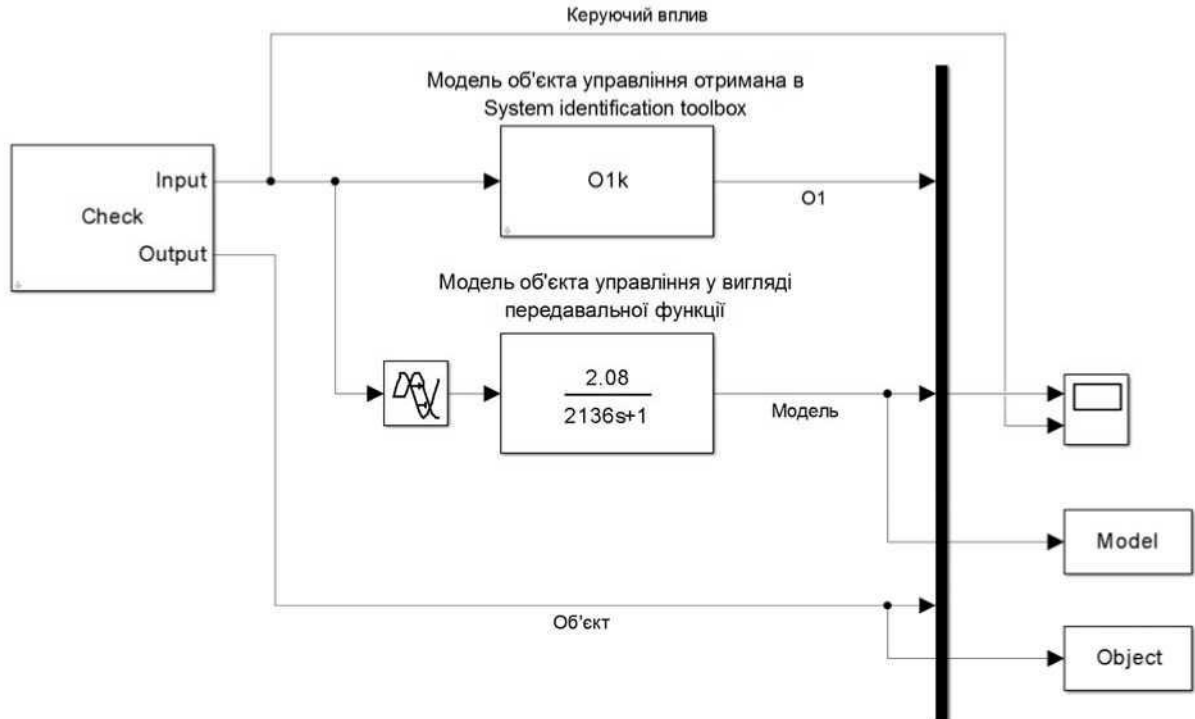


Рисунок 3.13 – Модель об'єкта управління в середовищі Simulink

Результати моделювання об'єкта управління з використання перевірочних даних наведені на рис. 3.14. Отримана модель об'єкта у вигляді передавальної функції не відрізняється від моделі об'єкта отриманої у програмному забезпеченні "System identification toolbox". Крім того результати моделювання практично не відрізняються від перевірочних даних. Таким чином отриману модель у вигляді передавальної функції може бути використано замість моделі отриманої на етапі параметричної ідентифікації.

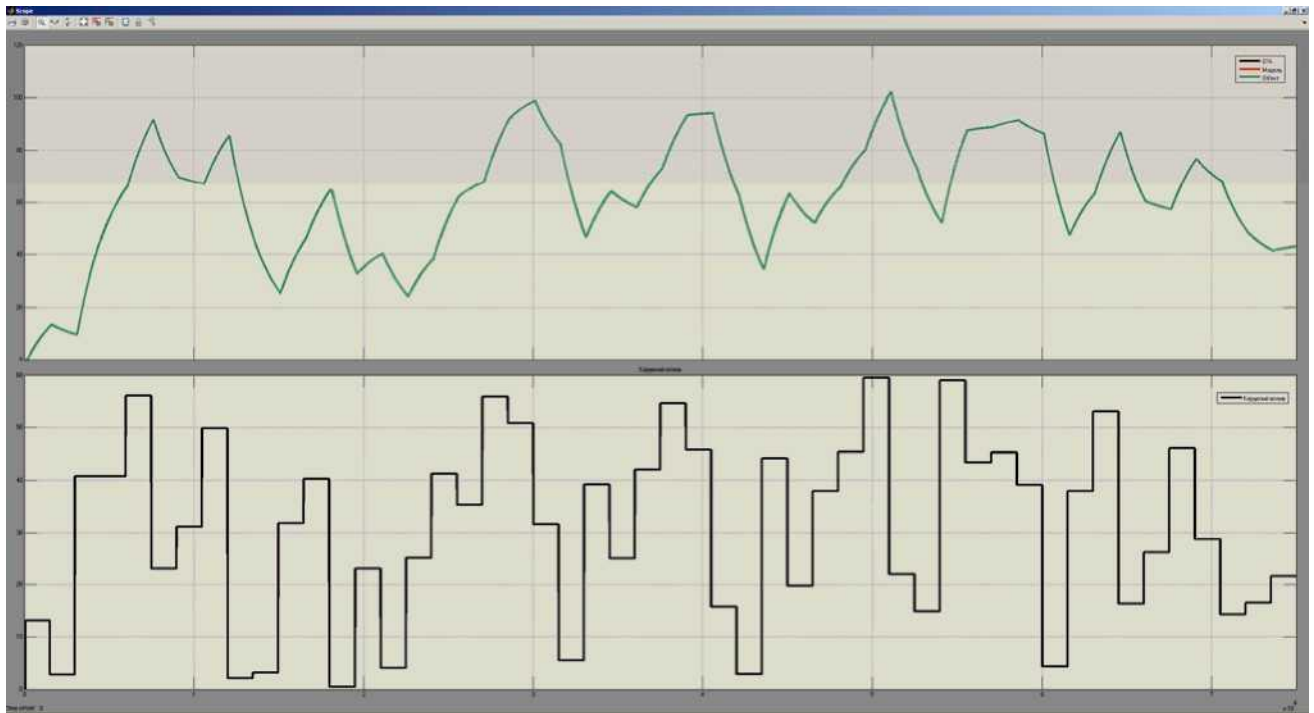


Рисунок 3.14 – Результати моделювання з використання перевірочних даних

3.4.5 Перевірка моделі на адекватність

На підставі результатів моделювання та перевірочних даних виконано аналіз адекватності моделі об'єкта управління за методом нормованого середнє квадратичного відхилення:

```
>> nrmse = goodnessOfFit(Model, Object, 'NRMSE') * 100.0 nrmse =
    99.992953033835803
```

Згідно з результатами модель відповідна до об'єкта управління на 99.99 %, а тому є адекватною та може бути використана для моделювання об'єкта управління в подальших дослідженнях.

Остаточна модель об'єкта управління наведена на рисунку 3.15, а результати моделювання на рисунку 3.16.



Рисунок 3.15 – Остаточна модель об'єкта управління

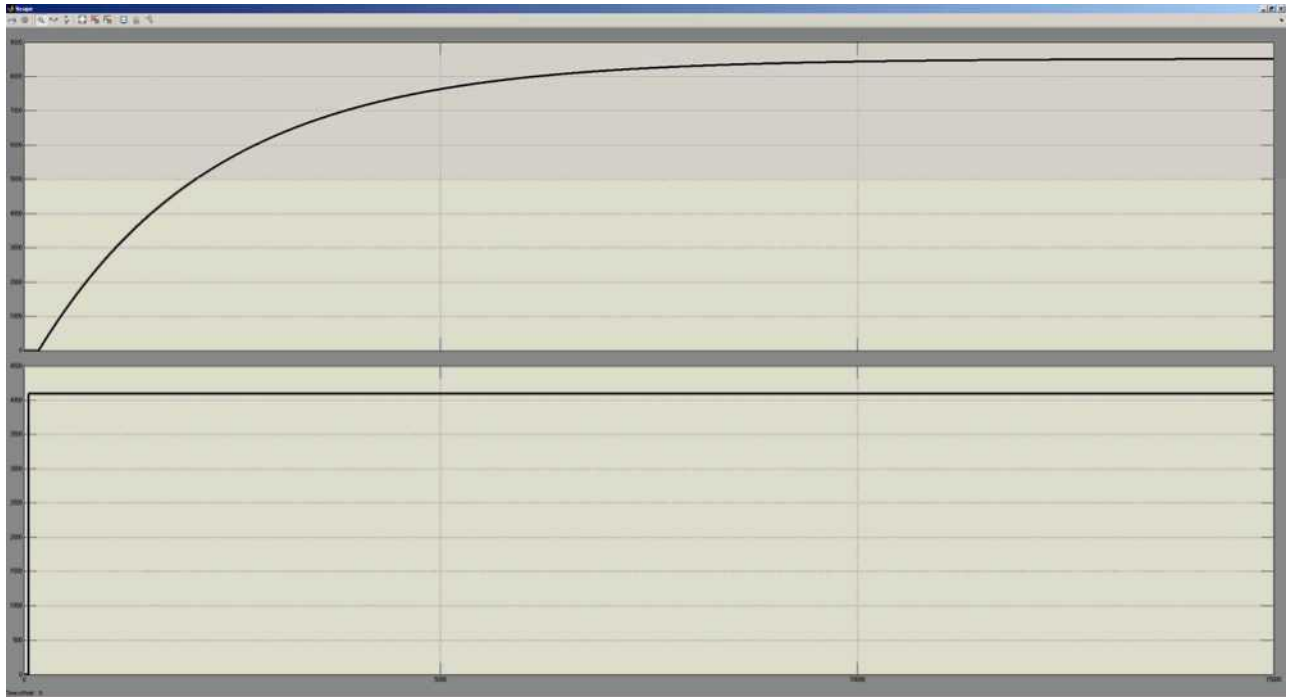


Рисунок 3.16 – Результати моделювання

4 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

4.1. Розрахунок повної собівартості системи автоматичного керування виробництвом соняшникової олії.

Собівартість продукту - це виражені в грошовій формі поточні витрати підприємства на його виробництво і збут. Витрати на виробництво формують виробничу собівартість, а витрати на виробництво і збут - повну собівартість. Розрахунок собівартості продукту за статтями витрат називається калькуляцією. Калькулювання собівартості програмного продукту здійснюється відповідно «Типовому положенню з планування, обліку і калькулювання собівартості продукції (робіт, послуг) у промисловості». /Посилання на літературу: Типове положення з планування, обліку і калькулювання собівартості продукції. Затверджено КМ України від 26 квітня 1996 № 473 // Бізнес. - № 32-35/.

Витрати, зв'язані з виробництвом і збутом (реалізацією) продукту (система автоматичного керування виробництвом соняшникової олії) групуються за наступними статтями:

1. Матеріали і комплектуючі вироби.
2. Основна заробітна плата.
3. Додаткова заробітна плата.
4. Відрахування на соціальні заходи.
5. Витрати на утримання й експлуатацію устаткування.
6. Загальновиробничі витрати.
7. Адміністративні витрати.
8. Витрати на збут.

4.1.1 Матеріали і комплектуючі вироби.

Розглядаються виходячи зі зведень на матеріали, сировину, що комплектують, операцію з розрахунку на 1 одиницю випуску.

Таблиця 4.1

Матеріали і комплектуючі вироби		
Найменування	Кількість	Вартість, грн.
програмований логічний контролер VІРА 214-2BS33	1	60000
Провідники	30 м	10000
Сумарна вартість покупних виробів (Сп)		70000

4.1.2 Витрати на основну заробітну плату (З_о):

$$Z_o = T \cdot Ч \cdot K \cdot A = 5 \cdot 200 \cdot 1 \cdot 2 = 2000 \text{ грн}, \quad (4.1)$$

де Т - сумарна трудомісткість розробки продукту (год). Визначається експертним шляхом виходячи з фактично витраченого часу на виробництво і налагодження продукту;

Ч - середня годинна тарифна ставка 1 робітника, що задіяний у виробництві продукту, грн./год;

К - коефіцієнт трудової участі (розрядності);

А - кількість працівників задіяних у виробництві.

4.1.3 Додаткова заробітна плата (10÷30% від З_о):

$$Z_{\text{д}} = Z_o \cdot \frac{K_{\text{д}}}{100} = 2000 \cdot \frac{20}{100} = 400 \text{ грн}, \quad (4.2)$$

де К_д - відсоток додаткової заробітної плати.

4.1.4 Відрахування на соціальні заходи містять відрахування від суми основної і додаткової зарплати по встановлених ставках

- на обов'язкове державне пенсійне страхування - 33,2%;
- на державне страхування від нещасливих випадків - 0,9%;
- на обов'язкове державне соціальне страхування на випадок безробіття - 1,3%;

- у зв'язку з тимчасовою втратою працездатності і витратами, обумовленими народженням дитини і похованням - 1,5%)

$$\dot{I}n\dot{i} = (\zeta\dot{i} + \zeta\dot{a}) \cdot \frac{36,9}{100} = (2000 + 400) \cdot \frac{36,9}{100} = 885,6\text{грн} \quad (4.3)$$

4.1.5 Витрати на утримання й експлуатацію устаткування:

Якщо устаткування перебуває на балансі підприємства.

Витрати на зміст і експлуатацію устаткування (ВУЕУ) = основна зарплата * %ВУЕУ, визначається з відомостей за аналізом повної собівартості продукту (у середньому 120-150%).

$$Z_{уэ} = Z_о \cdot 150\% = 2000 \cdot 140\% = 2800\text{грн} \quad (4.4)$$

4.1.6 Загальновиробничі витрати.

Являють собою витрати, зв'язані з керуванням підрозділом, витрати на службові відрядження співробітників підрозділу (цеху), амортизаційні відрахування від вартості основних фондів загальноцехового призначення і т.д.

Визначаються в розмірі 130÷250% від основної зарплати.

$$Z_{обц} = Z_о \cdot 200\% = 2000 \cdot 200\% = 4000\text{грн} \quad (4.5)$$

4.1.7 Виробнича собівартість продукту.

$$P_c = C_n + Z_о + Z_d + H_{см} + Z_{уэ} + Z_{обц} = 70000 + 2000 + 400 + 885,6 + 2800 + 4000 = 80085,6\text{ грн} \quad (4.6)$$

4.1.8 Адміністративні витрати.

Можуть містити в собі:

- витрати, зв'язані з керуванням підприємства;
- витрати на службові відрядження адміністрації підприємства;
- витрати на пожежну і сторожову охорону;

- витрати, зв'язані з підготовкою (навчанням) і перепідготовкою кадрів;
- витрати на перевезення працівників до місця роботи і назад;
- витрати на сплату відсотків за фінансові кредити, а також відсотків за товарні і комерційні кредити; витрати, зв'язані зі сплатою відсотків за користування матеріальними цінностями, узятими в оренду (лізинг);
- витрати, зв'язані з оплатою послуг комерційних банків і інших кредитно-фінансових установ;
- податки, відрахування.

Визначаються в розмірі 140-200% від основної зарплати.

$$Za = Zo \cdot 200\% = 2000 \cdot 180\% = 3600 \text{ грн} \quad (4.7)$$

4.1.9 Витрати на збут.

Включають витрати на рекламу і передпродажну підготовку продукту. Орієнтовно ці витрати визначаються в розмірі 5-10% від виробничої собівартості.

$$Zc = Pc \cdot 10\% = 80085,6 \cdot 10\% = 8008,6 \text{ грн} \quad (4.8)$$

4.1.10 Повна собівартість продукту.

$$Z = Pc + Za + Zc = 80085,6 + 3600 + 8008,6 = 91694,2 \text{ грн} \quad (4.9)$$

4.1.11 Калькуляція собівартості продукту зводиться в таблицю

Таблиця 4.2

Калькуляція собівартості системи автоматичного керування виробництвом
соняшникової олії

Найменування статей калькуляції	Величина, грн
Матеріали і комплектуючі вироби.	70000
Основна заробітна плата	2000
Додаткова заробітна плата	400
Відрахування на соціальні заходи	885,6
Витрати на утримання й експлуатацію устаткування	2800
Загальновиробничі витрати	4000
Адміністративні витрати	3600
Витрати на збут	8008,6
Повна собівартість продукту	91694,2

4.2. Розрахунок ціни системи автоматичного керування виробництвом соняшникової олії

У ринковій економіці існують різні методи ціноутворення: с/в плюс прибуток, забезпечення фіксованого обсягу прибутку, у залежності від рівня попиту [5].

Розрахунок оптової ціни продукту проведемо за схемою «собівартість плюс прибуток».

$$Ц_{opt} = C + П, \quad (4.10)$$

де C - собівартість програмного продукту,

$П$ - величина прибутку.

Прибуток визначається виходячи з нормативу (показника) рентабельності виробництва продукції встановлюваного підприємством:

$$R = \frac{П}{C} \cdot 100\% , \quad (4.11)$$

де R - рентабельність продукції (продукту), приймається в розмірі до 35%.

Тоді оптова ціна програмного продукту визначається:

$$\ddot{O}_{\text{нв}} = \tilde{N} + \frac{R \cdot C}{100} = 91694,2 + \frac{35\% \cdot 91694,2}{100} = 123787,2 \text{ грн}, \quad (4.12)$$

Позитивні сторони даної методики складаються в її простоті, комплексній очевидності такої функції ціни як відшкодування витрат на виробництво і забезпечення прибутковості від створення і реалізації продукту. Недолік даної методики полягає в тому, що вона майже не враховує ринкові фактори ціноутворення і насамперед попит. Однак в умовах ринкової економіки існують ситуації, якщо підприємствам доцільно її застосовувати: в умовах відсутності конкуренції (монополії), при обмеженні рентабельності продукції з боку держави, виконанні одноразових замовлень, виготовленні оригінальної продукції.

Необхідно відзначити, що для встановлення реальної ціни яка б відповідала умовам існуючого ринку програмних продуктів, необхідні відповідні маркетингові дослідження.

$$C_{\text{розд}} = C_{\text{онт}} \cdot 1,2 = 123787,2 \cdot 1,2 = 148544,6 \text{ грн}, \quad (4.13)$$

де 20% ПДВ

Висновок. При визначенні повної собівартості системи автоматичного керування виробництвом соняшникової олії ми визначили, що вона рівна **91694,2 грн.**

5 ОХОРОНА ПРАЦІ

5.1 Аналіз шкідливих факторів

У цій кваліфікаційній роботі розглядається процес виробництва рослинного масла. В процесі виробництва рослинного масла на працівника впливає ряд шкідливих факторів, які перераховані в табл. 5.1.

Таблиця 5.1 - Шкідливі фактори

Чинник	Обладнання	Нормативний документ
Інтенсивне тепло	обігрівачі, електродвигуни	ГОСТ 12.1.005-88
пил	персональний комп'ютер	ГОСТ 12.1.005-88 ДСанПіН 3.3.2-007-98 ДНАОП 0.03-33.1485
шум	насоси електродвигуни, конвеєри, гідроциклон-шнадепармент, персональний комп'ютер	ДСанПіН 3.3.2-007-98 ДСТУ Б.А.3.2-12:2009 ДНАОП 0.03-33.14-85
Ураження електричним струмом	електродвигуни, персональний комп'ютер, силовий пристрій	ДСТУ Б.А.3.2-12:2009
Зміна температури	обігрівачі, електронасоси	ДСН 3.3.6.042-99

5.2 Шкідливі фактори

5.2.1 Обґрунтування ергономіки робочого місця ПК

Геометричні параметри позаду магазину мають розміри:

- довжина 12 м;
- висота 2,5 м;
- ширина 6 м.

Для комфортної та безпечної роботи персонального комп'ютера розроб-

лені наступні заходи:

- площа на одне робоче місце має бути не менше 6,0 м², а обсяг – не менше 20,0 м³;
- приміщення для роботи повинні мати природне і штучне освітлення. Природне світло повинно здійснюватися через світлові проsvіти, орієнтовані в основному на північ і північний схід і забезпечувати природний світловий фактор (КЕО) не менше 1,5%. Віконні проsvіти приміщень для роботи з ВДТ (візуальний дисплейний термінал) повинні бути оснащені регульованими пристроями (жалюзі, штори, зовнішні козирки);

для внутрішньої обробки приміщень комп'ютерами використовують дифузна-відбивні матеріали з коефіцієнтом відбиття стелі 0,7-0,8, для стін 0,5-0,6;

покриття для підлоги повинно бути матовим зі співвідношенням відбиття 0,3-0,5;

поверхня підлоги повинна бути рівною, нековзною, з антистатичними властивостями;

щодня перед зміною працівники технічного персоналу повинні проводити вологе прибирання;

в приміщенні повинна бути аптечка.

Для забезпечення санітарних вимог розроблені наступні заходи [1116]: у приміщенні повинен бути кондиціонер, який забезпечить оптимальні значення параметрів мікроклімату (температура, відносна вологість і рухливість повітря);

штучне освітлення повинно здійснюватися системою загального рівномірного освітлення;

освітлення на поверхні робочих столів в області документа повинно бути 300-500 лк [28]. Якщо ці значення освітлення не можуть бути

передбачені загальною системою освітлення, необхідно використовувати місцеве освітлення. При цьому локальні освітлювальні лампи повинні встановлюватися таким чином, щоб не створювати відблиски на поверхні екрану, а освітлення екрану не перевищувало 300 лк; в приміщенні і майстерні класу встановлюємо лампи з люмінесцентними лампами, такими як LSO, які розташовані переривчастою лінією ламп збоку робочих місць (в основному зліва) паралельно лінії зору.

Основні вправи для очей при роботі з комп'ютерами [16]:

- потріть долоні і закрийте очі зігрітими руками на кілька хвилин;
- точкові пальці натискають на точки безпосередньо над бровами (по центру) і натискають на ці точки протягом 30 секунд;
- натисніть на отвори по обидва боки мосту (час удару по цих точках - 30 секунд);
- натисніть на отвори по обидва боки мосту (час удару по цих точках - 30 секунд);
- знайдіть точки під очима посередині вилиць, притиснути їх вказівні пальці обох рук;
- перегляд для прямого лівого- правого, правого, прямого вгору, вниз- прямого без затримок у кожній позиції, повторіть 5 разів і 5 разів у зворотному напрямку;
- спочатку подивіться на близький об'єкт, а потім - на предмет, який знаходиться далеко.

5. 2. 2 Заходи з електробезпеки

Виробництво поза рівнем електробезпеки є особливо небезпечним приміщенням.

Для забезпечення електробезпеки всі установки повинні бути заземлені.

Компанія використовує 3-фазну провідну мережу, тому необхідно використовувати режим глухозаземленої нейтралі. Найбільш використовуваною системою занулення установок до 1 кВ і вище є TN-C-S (рис. 5.1). Вона складається комбінованого провідника PEN, який підключається до дистанційно заземленого трансформатора нейтральної силової установки.

Для забезпечення захисного відключення використовується УЗВ типу А - захисний пристрій відключення, який реагує на змінний синусоїдальний диференціальний струм сіна і пульсує постійний дифузний струм, який виникає у фоновому режимі, або повільно збільшується.

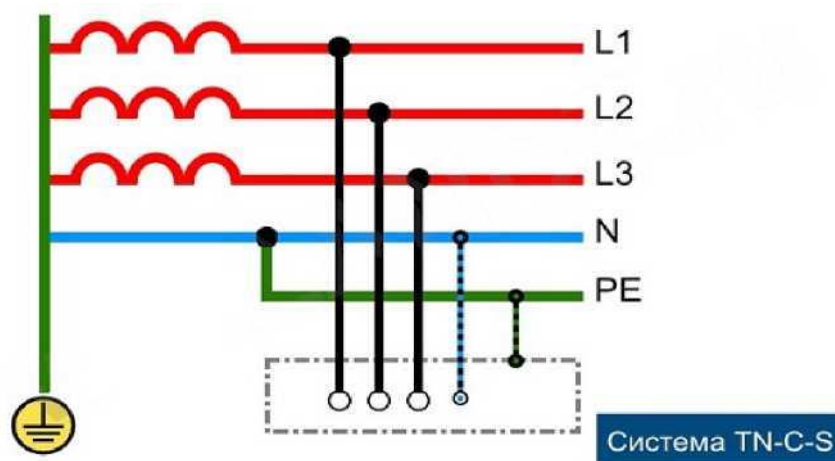


Рисунок 5.1 - Загальний вигляд TN-C-S

Необхідно встановити аварійний резервний перемикач в видатному і доступному місці, яке може бути повністю живиться, крім освітлення;

Дії персоналу необхідні для забезпечення електробезпеки:

- використовуйте запобіжники, щоб уникнути короткого замикання;
- чистити екран монітора від пилу та інших забруднювачів необхідно щодня перед початком роботи;
- використовувати засоби захисту при обслуговуванні електроустановок (рукавички прогумовані, інструменти з утепленими ручками);
- проводити планово-профілактичні ремонти та профілактичні випро-

- бування електрообладнання, приладів і мереж в експлуатації;
- не дозволяється знімати бічну кришку під час роботи комп'ютера.

5.2.3 Заходи з контролю шуму та температури.

У будь-якому виробничому процесі є такий шкідливий фактор, як шум. Розроблено ряд заходів для зменшення шуму:

між ніжками двигуна і опорою встановлюють вібратор SEG з термопластичного еластомеру (рис. 5.2);

зменшити інтенсивність коливань поверхонь, що створюють шум (корпуси, корпуси, кришки і т.д.), шляхом затягування кріпильних болтів, що забезпечить надійність кріплення;

щотижня проводити профілактичне обслуговування машин і устаткування, що забезпечує надійність кріплення і правильне регулювання швів;

стінки приміщення виготовлені зі звукоізоляційного матеріалу Procell товщиною 10 мм.

Procell - звукопоглинаючий незаймистий поліуретан. При виробництві матеріал просочується спеціальними мінеральними компонентами; для забезпечення високих показників: вогнестійкості, стійкості до бактерій, вологи. Діапазон робочих температур коливається від - 30 до 100 градусів Цельсія.



Рисунок 5.2 - Вібратор SEG

Заходи по боротьбі з інтенсивним нагрівом і температурою:

- природна і штучна вентиляція в цеху;
- завдяки інтенсивному теплопостачанням в цехах встановлюється аварійне опалення;

Для забезпечення кондиціонування приміщення, що стоїть за процесом сушки, необхідно встановити стельовий кондиціонер (рис.5 2) CS-A43BTP/CU-A43BVP8 (табл. 5.2).

Таблиця 5.2 - Технічні характеристики кондиціонеру

Спліт система	Інша справа, що це не буде працювати.		Розмарин ШхГГ, мм	Продуктивність, м ³ /Г	Ревучий шум, дБ	Об'єм приміщення, м ²
	Охолодження, кВт	це ігровий фургон, кВт				
CS-A43BTP/CU-A43BVP8	12.5	14.0	1600x250x700	1860	48 / 44	До 125 осіб



Рисунок 5.2 - Загальний вигляд стельовий кондиціонер

5.3 Протипожежна профілактика

Основними причинами виникнення пожеж на робочому місці є часто:

- порушення технологічного режиму - 33%;
- Електрична несправність - 16%;
- погана підготовка до ремонту обладнання - 13%;
- ганчірки та інші матеріали - 10%.

Для забезпечення пожежної безпеки в магазині необхідно:

- встановити порошкові вогнегасники (чотири ОП-6 на 6,3 л в цеху);
- Забезпечення електробезпеки за п. 4.2.2;
- монтаж автоматизованої системи пожежогасіння АСПТ для виробничих будівель цеху;

установка резервного ручного пуску системи пожежогасіння (необхідна в тому випадку, якщо димова сигналізація не спрацювала);
встановити план пожежної евакуації в приміщеннях (рис. 5.4)
проводити планові навчання та навчання персоналу пожежної безпеки кожні 3 місяці;

Встановлюють ящики з піском стендів з пожежною технікою.

у разі виникнення пожежі телефонуйте за номером 01 (не обов'язково називати адресу об'єкта, місце пожежі, а також назвати своє ім'я), повідомляти службу безпеки і залишати будівлю.

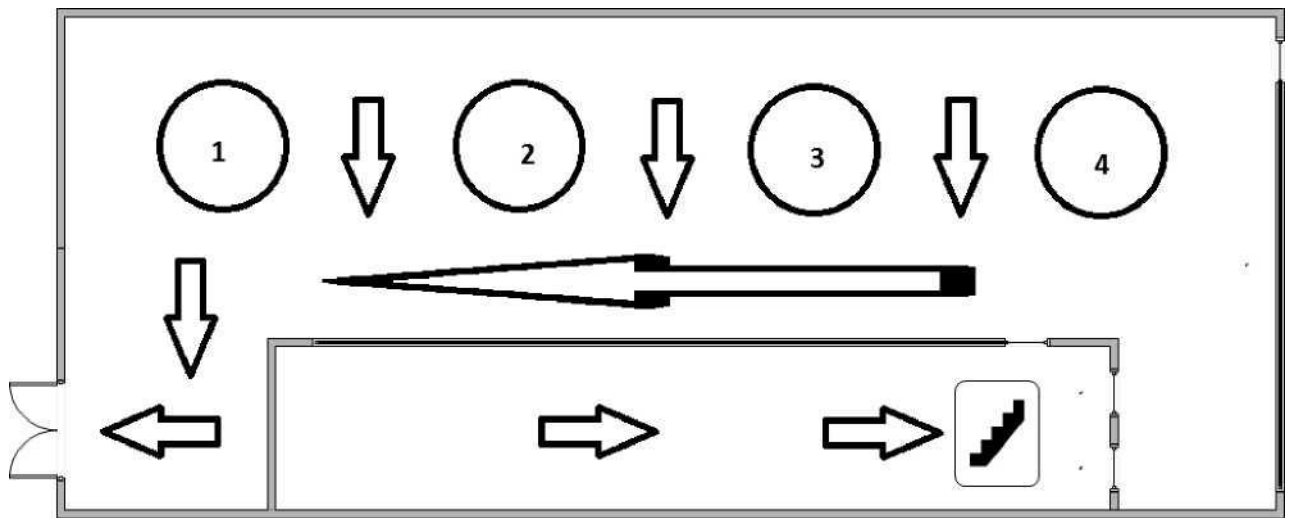


Рисунок 5.4 - План евакуації з цеху на випадок пожежі

5.4 Висновок

У цьому розділі були розглянуті питання, пов'язані з безпекою праці обслуговуючого персоналу при виробництві рослинного масла.

ВИСНОВОК

У кваліфікаційній роботі розглянуті питання створення автоматизованої системи управління ділянкою рафінації олії, метою є удосконалення існуючої системи управління технологічними процесами для харчової промисловості.

Викладена актуальність питання, визначені склад і функції автоматизованої системи управління ділянкою рафінації олії, запропоновані технічні рішення з використанням сучасних технічних засобів автоматизації, зроблений вибір елементної бази, визначена структура системи управління.

В якості об'єкта управління виступає паровий котел ділянки дезодорації олії, для якої виконується розробка підсистеми автоматичного управління температурою олії. Вхідними параметрами об'єкту управління є сигнали управління для газового пальника який формує температур пару, клапан подачі пару. Вихідними параметрами об'єкту управління є температура пару на виході котла та температура масла в дезодораторі. Підсистема управління включає датчики температури масла в дезодораторі, датчик температури пару, газовий пальник, клапан подачі пару, пристрій управління та під'єднання до загально промислової мережі.

Основними функціями системи є формування або реєстрування керуючого впливу який подається на об'єкт управління, реєстрування дійсного значення на виході об'єкта, візуалізація отриманих даних та їх надання у зручному для подальшої обробки виді. Система дослідження формує керуючий вплив у якості котрого виступає потужність пальника за рахунок якої виконується нагрів пару яким свою чергу виконується підігрів олії в дезодораторі.

Кваліфікаційна робота виконана у відповідності до теми і завдання, оформлена відповідно до нормативних документів і методичних вказівок.

Цілі поставлені перед кваліфікаційною роботою повністю виконано.

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Методичні рекомендації для студентів бакалаврів спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» Ткачов В.В., Бубліков А.В., Цвіркун Л.І., Проценко С.М., Бойко О.О., Славинський Д.В., .– Д.: «НГУ», 2019. – 27 с.
2. Бойко О.О. Методичні вказівки до лабораторних робіт з проектування систем автоматизації для студентів напрямку підготовки «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» / О.О. Бойко – Д.: Державний ВНЗ «НГУ», 2019. – 109 с. – Режим доступу: <https://goo.gl/Ev6J4Z>. – Назва з домашньої сторінки Інтернету.
3. Бойко О.О., Проценко С.М. Методичні вказівки до лабораторних робіт з програмування систем реального часу для студентів напрямків підготовки «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології», «Комп'ютерна інженерія» / О.О. Бойко, С.М. Проценко – Д.: Державний ВНЗ «НГУ», 2018. – 168 с. – Режим доступу: <https://goo.gl/rBf8Zm>. – Назва з домашньої сторінки Інтернету.
4. Бойко О.О. Методичні вказівки до лабораторних робіт з теорії автоматичного управління для студентів напрямку підготовки «Комп'ютерна інженерія» / Укл.: О.О. Бойко – Д.: Державний ВНЗ «НГУ», 2017. – 107 с. – Режим доступу: <https://goo.gl/nUMtFE>. – Назва з домашньої сторінки Інтернету.
5. ДСН 3.3.6.042-99 „Державні санітарні норми параметрів мікроклімату” - К.: МОЗ України, 2020.
6. «Гігієнічна класифікація праці за показниками шкідливості на небезпечності факторів виробничого середовища, важкості та напруженості трудового процесу». № 528 - 2020.
7. Голінько В.І., Фрундін В.Ю. Охорона праці в галузі електротехніки та

електромеханіки – Д.: Державний ВНЗ «НГУ», 2019. – 235с

8. Вимоги щодо безпеки та захисту здоров'я працівників під час роботи з
9. N. V. P. R. Durga Prasad, T. Lakshminarayana, et al., “Automatic Control and Management of lectrostatic Precipitator”, IEEE Transactions on Industry Applications, pp. 561-567, Vol. 35, No. 3, May/June, 1999.
10. Ralf Joost and Ralf Salomon. “Advantages of fpga-based multiprocessor systems in industrial applications”. In 31st Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society (IECON 2005). IEEE-I ECON, November 2016.
11. Hyman, Anthony. Charles Babbage, pioneer of the computer. — Oxford University Press, 2019.
12. Randell, Brian. The Origins of Digital Computers: Selected Papers.. — 2019.