

Вінницький національний технічний університет
(повне найменування вищого навчального закладу)

Факультет електроенергетики та електромеханіки
(повне найменування інституту, назва факультету (відділення))

Кафедра комп'ютеризованих електромеханічних систем і комплексів
(повна назва кафедри (предметної, циклової комісії))

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему:

«Автоматизована система керування апаратом повітряного охолодження
маслосистеми в складі газоперекачувального агрегату»

08-24.МКР.012.00.000

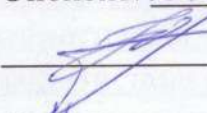
Виконав: студент 2 курсу, гр. ЕПА-23м
спеціальності 141 – Електроенергетика,
електротехніка та електромеханіка
(шифр і назва напрямку підготовки, спеціальності)


Денис ПРОХОРЧУК
(ім'я ПРІЗВИЩЕ, підпис)

Керівник: к.т.н., доцент кафедри КЕМСК

Дмитро ПРОЦЕНКО
(ім'я ПРІЗВИЩЕ, підпис)

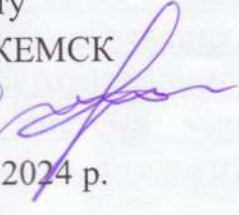
« 19 » листопада 2024 р.

Опонент: к.т.н., доц. кафедри ЕСБЕМ

Шульов Р.А.
(прізвище та ініціали)

« 16 » 12 2024 р.

Допущено до захисту

Завідувач кафедри КЕМСК


Микола МЫШКОРИЗ
(ім'я ПРІЗВИЩЕ, підпис)

« 19 » листопада 2024 р.

Вінниця ВНТУ – 2024 рік

Вінницький національний технічний університет
Факультет Електроенергетики та електромеханіки
Кафедра комп'ютеризованих електромеханічних систем і комплексів
Рівень вищої освіти II-й (магістерський)
Галузь знань 14 – Електрична інженерія
Спеціальність 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка
Освітньо-професійна програма «Електромеханічні системи автоматизації та електропривод»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри КЕМСК

К.Т.Н., доц.

Микола МОШНОРИЗ

“27” серпня 2024 року

З А В Д А Н Н Я
НА МАГІСТЕРСЬКУ КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Прохорчуку Денису Сергійовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Автоматизована система керування апаратом повітряного охолодження маслосистеми в складі газоперекачувального агрегату

Керівник роботи Проценко Дмитро Петрович, к.т.н., доц. каф.КЕМСК

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від “17” березня 2024 року № 310

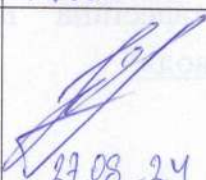
2. Термін подання студентом роботи 30 листопада 2024р

3. Вихідні дані до роботи: тип двигуна електропривода – асинхронний двигун, режими роботи електропривода - тривалий, кількість незалежних контурів охолодження – 2, тип вентиляторів – OMTSD400100A, технічна документація компресорної станції.

4. Зміст текстової частини: Вступ. 1 Загальна частина. 2 Розробка функціональної та структурної схем. 3 Вибір елементів системи автоматизації АПО масла. 4 Опис і робота САУ АПО масла. 5 Математичний опис ланок САУ АПО масла. 6 Економічна частина. 7 Охорона праці. Висновки.

5. Перелік ілюстративного матеріалу (з точним зазначенням об'єктів, язикових креслень): Актуальність теми. Мета, об'єкт та предмет дослідження. Задачі дослідження. Опис базового варіанту АПО масла. Характеристики АПО 210.8.6,5к-ПМ2. Функціональна система керування. Структурна схема контуру регулювання. Вибір регулятора. Вибір частотного перетворювача. Вибір сенсорів температури. Вигляд МКУ. Розімкнута система управління швидкістю обертання вентилятора. Результати моделювання. Тепловий розрахунок масло-охолоджувача. Висновки

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		Завдання видав	виконання прийняв
Спеціальна частина	Проценко Д.П. к.т.н., доц. каф. КЕМСК	 27.08.24	 19.11.24
Економічна частина	Шулле Ю. А. к.т.н., доц. каф. ЕСЕЕМ	 27.08.24	 19.11.24

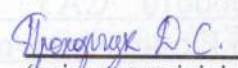
7. Дата видачі завдання 28.08.24

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітки
1	Формування та затвердження теми магістерської кваліфікаційної роботи (МКР)	27.08.24	
2	Виконання спеціальної частини МКР. Перший рубіжний контроль виконання МКР	26.10.24	
3	Виконання спеціальної частини МКР. Другий рубіжний контроль виконання МКР	02.11.24	
4	Виконання розділу «Економічна частина»	09.11.24	
5	Виконання розділу «Охорона праці»	16.11.24	
6	Попередній захист МКР	19.11.24	
7	Нормоконтроль МКР	19.11.24	
8	Рецензування МКР	19.11.24	
9	Захист МКР	18.12.24	

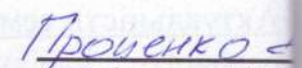
Студент


(підпис)


(прізвище та ініціали)

Керівник роботи


(підпис)


(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

УДК: 628.440.22

Прохорчук Д.С. Автоматизована система керування апаратом повітряного охолодження маслосистеми в складі газоперекачувального агрегату. Магістерська кваліфікаційна робота зі спеціальності 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка, освітня програма - електрична інженерія. Вінниця: ВНТУ, 2024. 103 с.

На укр. мові. Бібліогр.: 15 назв; рис.: 27; табл. 11.

У магістерській кваліфікаційній роботі розглянуто питання автоматизації роботи апарата повітряного охолодження масла (АПО) для підвищення енергоефективності та надійності системи. Проведено аналіз існуючих методів регулювання температури масла та конструктивних особливостей обладнання. Запропоновано модернізацію керуючої частини установки, яка включає впровадження частотно-регульованих електроприводів для вентиляторів і автоматизованої системи управління.

Розроблено математичну модель АПО масла, що описує процеси теплопередачі і дозволяє аналізувати роботу установки в різних режимах. Виконано синтез системи автоматичного управління, яка забезпечує плавне регулювання швидкості обертання вентиляторів залежно від температури масла та навколишнього середовища.

Результати дослідження підтверджують доцільність модернізації, що забезпечує стабільне підтримання температури масла в заданому діапазоні, скорочення енергоспоживання і покращення експлуатаційних характеристик.

Графічна частина складається з 15 плакатів із результатами роботи.

Ключові слова: апарат повітряного охолодження, автоматизація, енергоефективність, частотно-регульований електропривод, температурне регулювання.

ABSTRACT

Prokhorchuk D.S. Automated control system for the air cooling device of the oil system as part of the gas pumping unit. Master's thesis in specialty 141 - electricity, electrical engineering and electromechanics, ducational program – electricalengineering Vinnitsa: VNTU, 2024. – 103 p.

In Ukrainian language. Bibliographer: 15 titles; fig.: 27; tabl. 11.

In the master's qualification thesis, the issue of automating the operation of the air oil cooling device to increase the energy efficiency and reliability of the system is considered. An analysis of existing methods of oil temperature control and structural features of the equipment was carried out. It is proposed to modernize the control part of the installation, which includes the introduction of frequency-regulated electric drives for fans and an automated control system.

A mathematical model of the air oil cooling device has been developed, which describes heat transfer processes and allows analyzing the operation of the installation in different modes. The synthesis of an automatic control system was carried out, which provides smooth adjustment of the speed of rotation of fans depending on the temperature of the oil and the environment.

The results of the study confirm the feasibility of modernization, which ensures stable maintenance of the oil temperature in the specified range, reduction of energy consumption and improvement of operational characteristics.

The graphic part consists of 15 posters with work results.

Keywords: air cooling device, automation, energy efficiency, frequency-regulated electric drive, temperature regulation.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
1 ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА.....	8
1.1 Опис об'єкту автоматизації.....	8
1.2 Опис АПО масла.....	11
1.3 Огляд та аналіз шляхів автоматизації.....	17
2 РОЗРОБКА ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ ТА СТРУКТУРНОЇ СХЕМ.....	19
2.1 Розробка функціональної схеми.....	19
2.2 Розробка структурної схеми.....	20
3 ВИБІР ЕЛЕМЕНТІВ СИСТЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ АПО МАСЛА.....	22
3.1 Регулятор МІК-322К7.....	22
3.2 Вибір частотного перетворювача.....	28
3.3 Вибір сенсорів температури.....	33
4 ОПИС І РОБОТА САУ АПО МАСЛА.....	37
4.1 Загальний опис.....	37
4.2 Функції та умови експлуатування.....	41
4.2.1 Режим нагрівання.....	43
4.2.2 Режим охолодження.....	44
5 МАТЕМАТИЧНИЙ ОПИС ЛАНОК САУ АПО МАСЛА	46
5.1 Математична модель асинхронного двигуна.....	47
5.2 Математична модель вентилятора.....	48
5.3 Тепловий розрахунок масло-охолоджувача.....	52
6 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА.....	55
6.1 Визначення величини витрат запропонованого варіанту.....	55
6.2 Розрахунок експлуатаційних витрат	57
6.2.1 Розрахунок амортизаційних відрахувань.....	57
6.2.2 Розрахунок заробітної плати обслуговуючого персоналу.....	57
6.2.3 Розрахунок витрат на силову електроенергію.....	59
6.2.4 Розрахунок витрат на поточний ремонт обладнання.....	60
6.2.5 Інші витрати.....	62

6.3 Визначення терміну окупності нового рішення	63
7 ОХОРОНА ПРАЦІ.....	65
ВИСНОВКИ.....	81
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	82
ДОДАТКИ.....	
ДОДАТОК А Технічне завдання.....	
ДОДАТОК Б Ілюстративна частина.....	

ВСТУП

Актуальність теми дослідження. Газова промисловість – це частина паливної галузі, яка займається видобутком природного та попутного (нафтового) газу, виробництвом зрідженого газу, а також штучних горючих газів із твердого й рідкого палива. Вона охоплює зберігання та транспортування газу трубопроводами для забезпечення потреб населення й промисловості. Природний газ відіграє важливу роль у багатьох секторах економіки.

Ключовою складовою газової промисловості України є нафтогазотранспортна система (ГТС), яка є однією з найпотужніших у світі за обсягами транзиту. Вона бере початок із 1924 року, коли почали промислову експлуатацію Дашавського газового родовища та побудували газопровід Дашава-Трий. Першим магістральним газопроводом став Дашава-Київ, який з 1948 року постачав газ до Києва та Тернополя. Сьогодні ГТС забезпечує постачання від 45 до 80 млрд куб. м газу для внутрішніх потреб і здійснює транзит до Європи, що підтверджує роль України як ключового транзитера.

Основою ГТС є магістральні газопроводи, надійність і безперебійна робота яких гарантують постачання газу споживачам. Протяжність газопроводів становить близько 36 тис. км, із них 23 тис. км – магістральні, а 13 тис. км – відгалуження. Крім того, в Україні працює понад 1380 газорозподільних станцій.

Для підтримання необхідного тиску в газопроводах, через кожні 100-120 км встановлюються компресорні станції (КС). Ці комплекси включають газоперекачувальні агрегати (ГПА), системи очищення й охолодження газу.

Важливою частиною ГПА є маслосистема, яка відповідає за змащення, охолодження та стабільну роботу компресора і привідного агрегата в широкому діапазоні режимів. Проблеми масло-системи спричиняють понад 40% відмов у роботі ГПА, що пов'язано із застарілими конструктивними та режимними характеристиками. Більшість апаратів повітряного охолодження масла (АПО масла) розроблені 20-25 років тому, вони морально застаріли, а вентилятори оснащені нерегульованим приводом. Це негативно впливає на економічність, ресурс і технологічні можливості охолоджувальних систем.

Ефективним вирішенням цих проблем є використання частотно-регульованих електроприводів (ЧРЕП), які дозволяють плавно регулювати частоту обертання вентиляторів. Їх впровадження підвищує енергоефективність та покращує робочі характеристики охолоджувальних систем ГПА [1].

Об'єктом дослідження є маслосистема газоперекачувальних агрегатів, зокрема апарати повітряного охолодження масла (АПО масла), які використовуються в компресорних станціях нафтогазотранспортної системи України.

Предметом дослідження є методи та засоби підвищення ефективності охолодження масла в маслосистемах газоперекачувальних агрегатів шляхом модернізації апаратів повітряного охолодження масла із застосуванням частотно-регульованих електроприводів (ЧРЕП).

Метою магістерської кваліфікаційної роботи є підвищення енергоефективності та надійності роботи маслосистем газоперекачувальних агрегатів шляхом розробки та впровадження сучасних частотно-регульованих електроприводів для вентиляторів апаратів повітряного охолодження масла.

У процесі реалізації мети магістерської кваліфікаційної роботи необхідно виконати такі **завдання**:

- провести аналіз існуючих конструкцій і режимів роботи апаратів повітряного охолодження масла (АПО масла) у складі маслосистем газоперекачувальних агрегатів;
- дослідити недоліки застарілих конструкцій та визначити чинники, що обмежують їх енергоефективність, надійність і експлуатаційний ресурс;
- запропонувати модернізацію системи охолодження масла з використанням частотно-регульованих електроприводів (ЧРЕП) для вентиляторів, що забезпечує плавне регулювання режимів роботи;
- виконати проектування конструктивних змін у вузлах АПО, а також вибір елементів, моделювання.

Методи дослідження:

- аналіз технічної документації та огляд сучасних тенденцій у сфері модернізації маслосистем ГПА;
- експериментальні дослідження роботи апаратів повітряного охолодження масла з різними типами електроприводів;
- математичне моделювання.

Наукова новизна одержаних результатів:

- розроблено математичну модель для оцінки впливу частоти обертання вентиляторів на ефективність охолодження масла та витрати енергії для моделі АПО 210.8.6,5к-ПМ2.

Практичне значення одержаних у роботі результатів полягає в наступному:

- розроблено рекомендації щодо модернізації апаратів повітряного охолодження масла на компресорних станціях з метою підвищення їх енергоефективності;
- впровадження результатів роботи дозволяє знизити витрати енергії на експлуатацію маслосистем, зменшити кількість відмов ГПА та продовжити термін їхньої експлуатації.

Особистий внесок здобувача:

Усі результати, які складають основний зміст магістерської кваліфікаційної роботи, отримані автором самостійно.

Апробація результатів роботи. Основні положення і результати досліджень доповідались та обговорювались на науково-технічній конференції «Молодь в науці: дослідження, проблеми, перспективи» (МН-2024).

Публікації. За тематикою дослідження опубліковано 1 тези доповідей матеріалів конференцій:

- Автоматизована система керування апаратом повітряного охолодження маслосистеми в складі газоперекачувального агрегату / Д.П. Проценко, Д.С. Прохорчук – Матеріали конференції «Молодь в науці: дослідження, проблеми, перспективи (МН-2024)», Вінниця, 2024. – 2 с

1 ЗАГАЛЬНА ЧАСТИНА

1.1 Опис об'єкту автоматизації

На сьогодні в Україні експлуатується понад 38 тис. км магістральних газопроводів та близько 72 компресорних станцій. Сучасні компресорні станції є складними виробничими об'єктами, які включають основне та допоміжне обладнання, а також систему електрозабезпечення.



Рисунок 1.1 – Зображення сучасної компресорної станції

Компресорна станція (рис. 1.1) є невід'ємною частиною магістрального газопроводу, забезпечуючи транспортування природного газу за допомогою енергетичного обладнання, встановленого на її території. Вона виконує функцію основного елемента в комплексі споруд, що входять до інфраструктури магістрального газопроводу. Режим роботи газопроводу визначається параметрами функціонування компресорної станції.

Компресорна станція (КС) може працювати у різних режимах залежно від потреб газотранспортної системи (рис. 1.2). Наприклад, у разі підвищення

попиту на газ може знадобитися збільшення пропускної здатності КС шляхом запуску додаткових компресорних агрегатів. Процеси керування і регулювання роботи компресорної станції здійснюються за допомогою автоматизованих систем управління.

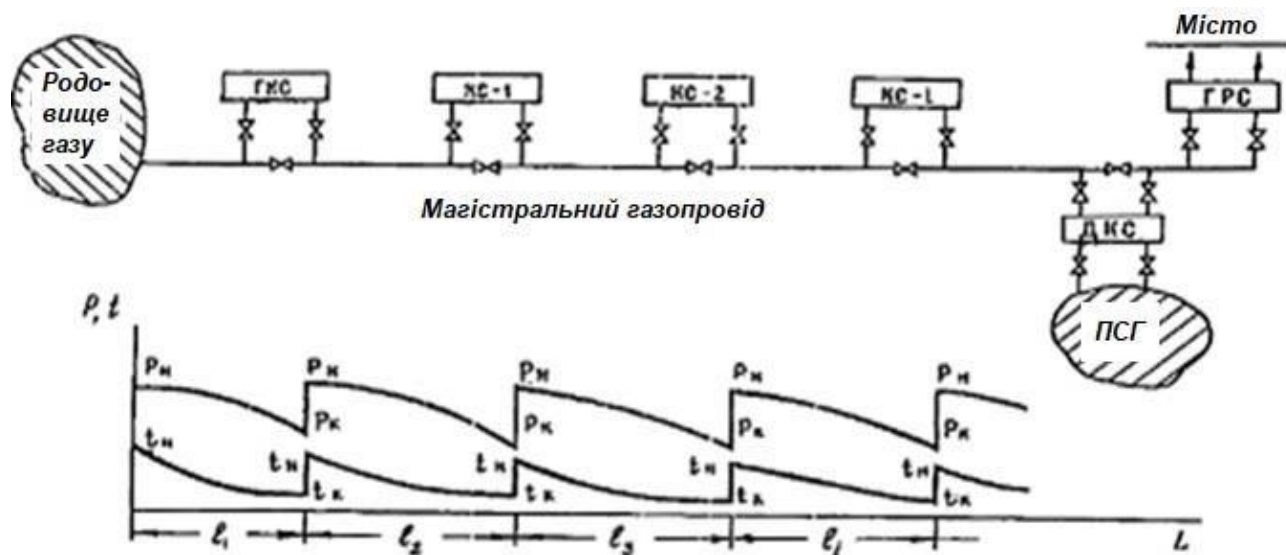


Рисунок 1.2 – Схема газопроводу та динаміка змін тиску й температури газу по всій довжині траси

На рисунку 1.3 представлено схему компонування основного обладнання компресорної станції, що включає три газоперекачувальні агрегати (ГПА). Згідно з цим рисунком, до складу основного обладнання входять наступні елементи: 1 – вузол з'єднання компресорної станції з магістральним газопроводом; 2 – камери запуску та приймання очисних пристроїв магістрального газопроводу; 3 – установка для очищення технологічного газу, що складається з пиловловлювачів і фільтр-сепараторів; 4 – установка для охолодження технологічного газу; 5 – газоперекачувальні агрегати; 6 – технологічні трубопроводи, які забезпечують обв'язку компресорної станції; 7 – запірні арматури для технологічних трубопроводів обв'язки агрегатів; 8 – установка для підготовки пускового та паливного газу; 9 – установка для підготовки імпульсного газу; 10 – різноманітне допоміжне обладнання; 11 – енергетичне обладнання; 12 – головний пульт управління і система

телемеханіки; 13 – обладнання для електрохімічного захисту трубопроводів обв'язки компресорної станції.

Магістральні газопроводи поділяються на три основні типи компресорних станцій: головні (ГКС), лінійні (ЛКС) та дотискні компресорні станції (ДКС). Головні компресорні станції встановлюються поблизу газових родовищ і відповідають за створення та підтримку необхідного рівня тиску для транспортування газу по магістральних трубопроводах. Їхньою характерною рисою є високий ступінь стиснення, що досягається завдяки узгодженій роботі декількох газоперекачувальних агрегатів (ГПА), які можуть бути обладнані відцентровими нагнітачами або поршневими газомотокомпресорами.

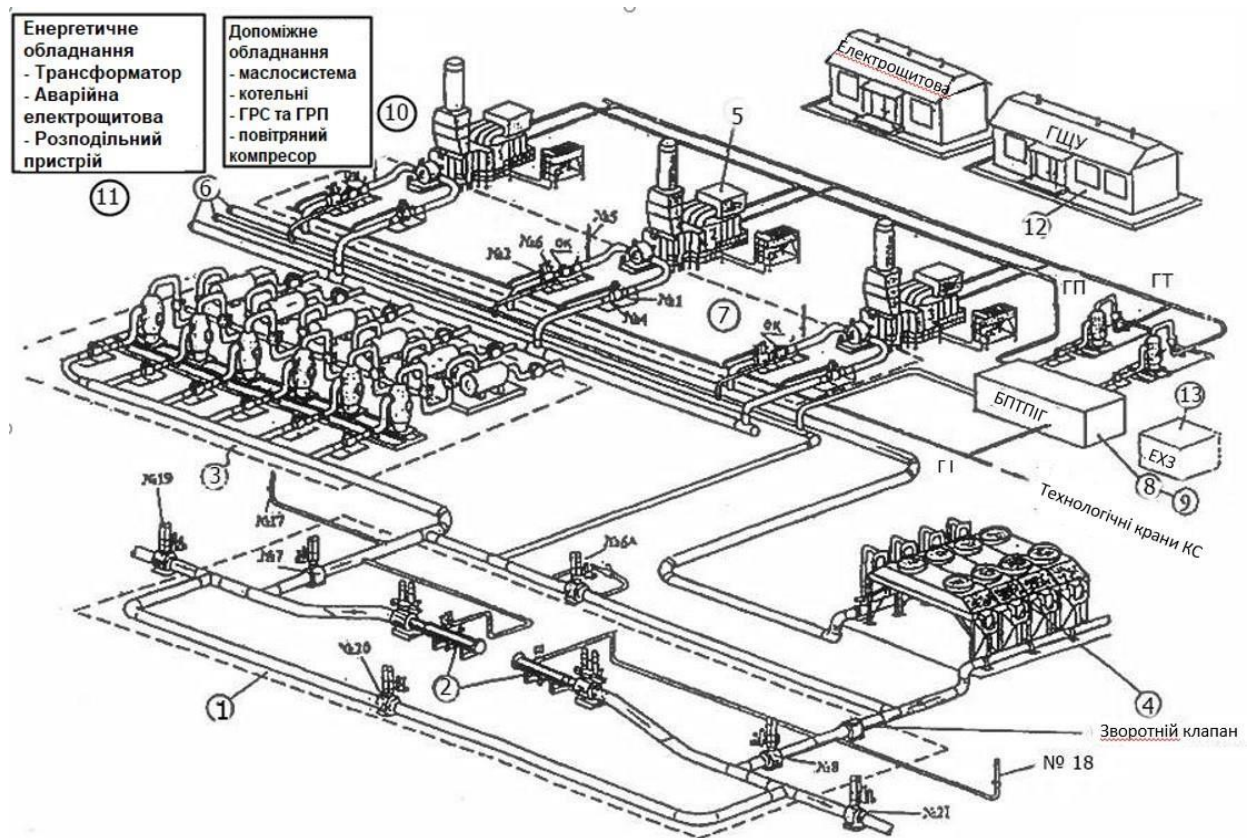


Рисунок 1.3 – Принципова схема розташування основного обладнання компресорної станції

Основне обладнання компресорних станцій включає газоперекачувальні агрегати, запірну арматуру, технологічні трубопроводи, системи очищення газу, а також апарати для повітряного охолодження газу та масла.

Допоміжне обладнання охоплює широкий спектр додаткових пристроїв, що забезпечують надійну та ефективну роботу компресорної станції.

1.2 Опис АПО масла

У процесах перекачування газу ключову роль відіграє функціонування масло-системи газоперекачувального агрегату. Під час роботи агрегату масло виконує функцію відведення тепла від навантажених вузлів, тому потребує ефективного охолодження. Охолодження здійснюється за допомогою апаратів повітряного охолодження масла (рис 1.4) (АПО масла).

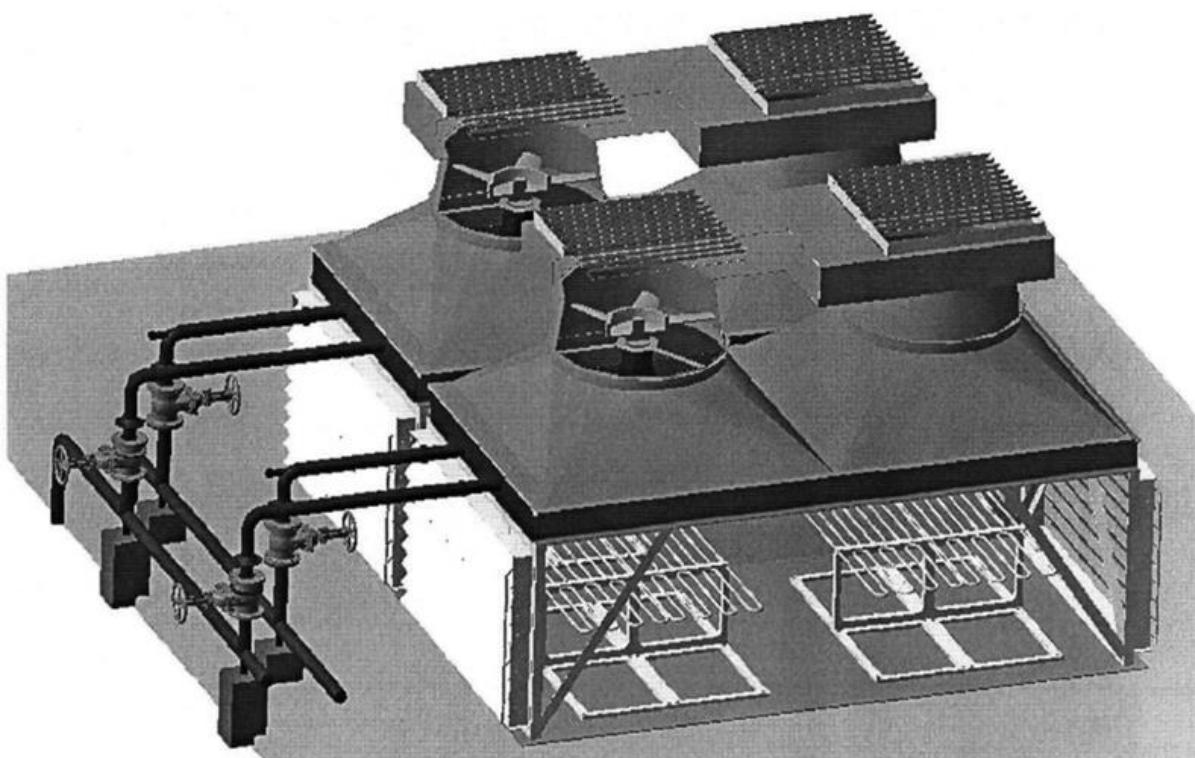


Рисунок 1.4 – Загальний вид двосекційного АПО масла

Сучасні АПО масла це теплообмінники різних типів, але всі вони виконують основну функцію відбору тепла у масла, що протікає по мастилопроводах. В АПО охолоджуваний технологічний продукт рухається всередині труби, передаючи через стінку теплоту більш холодному тілу агенту – повітрю. Основними конструктивним елементом АПО є теплообмінна секція, що

складається з трубного пучка, вентилятора охолодження розташованого в дифузори і опорна конструкція в металевому або залізобетонному виконанні [2].

Для збільшення жорсткості конструкції АПО об'єднують в секції. Повітря, переміщуване осьовим вентилятором одноразовим поперечним струмом обтікає зовні труби пучка.

Спочатку АПО масла поставлялися як двоконтурні з проміжним холодоагентом, коли вода, яка охолоджується в градирні, безпосередньо надходила на поверхню апарату. Однак, незважаючи на простоту конструкції, теплова ефективність цих апаратів в процесі експлуатації різко зменшувалася через утворення накипу на зовнішній поверхні.

Сучасні АПО масла це апарати, які не вимагають попередньої підготовки теплоносія, мають прості схеми і надійні в експлуатації. Ці апарати значно простіше двоконтурних схем і схем з охолодженням водою, так як не вимагають для роботи проміжного теплоносія.

АПО масла повинний забезпечувати підтримку температури масла в робочому діапазоні ($+30^{\circ}\text{C} \dots +45^{\circ}\text{C}$) з необхідною точністю ($\pm 2^{\circ}\text{C}$).

Стандартизовані АПО масла, розраховані для роботи на відкритому повітрі в районах з помірним кліматом і температурою до -40°C .

По розташуванню теплообмінних секцій АПО підрозділяються на:

- горизонтальні – типів АПМ-Г, АВГ;
- вертикальні – АПМ-В;
- звивисті – типів 1АПЗ і 1АПЗ-Д;
- апарати спеціального призначення АПГ-Т – трьоконтурні, для охолодження в'язких продуктів АПГ-В;
- для охолодження високов'язких продуктів АПГ-ВВ.

При необхідності, АПО може бути забезпечений підігрівачем повітря, вузлом зволоження повітря, жалюзійним пристроєм з ручним або автоматичним приводом. Питома металоємність поверхні теплообміну АПО становить до 40% металоємності апарату. Решта 60% питомої металоємності припадають на трубні

решітки, кришки з патрубками або камери, колектори, збірні конструкції, що включають в себе вентиляційне обладнання [3].

Трубний пучок теплообмінних секції має прямокутний фронтальний перетин різної глибини у напрямку руху охолоджуючого повітря (рис. 1.5).

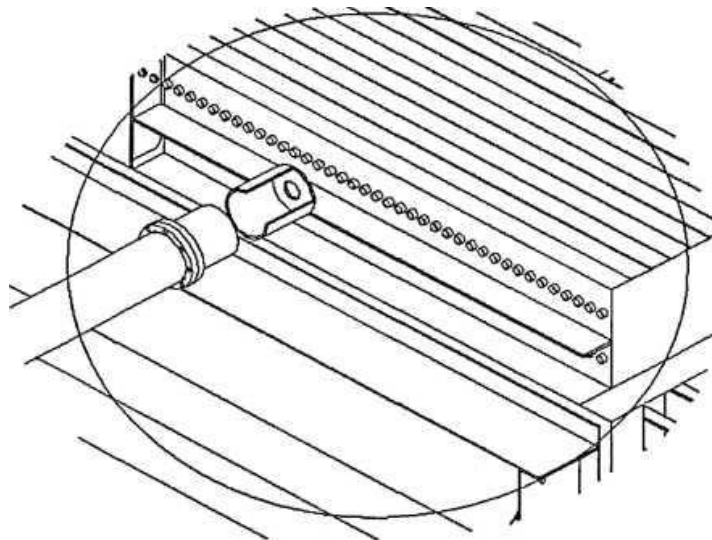


Рисунок 1.5 – Дворядний трубний пучок маслоохолоджувача типу 06-10

Енергетична ефективність трубного пучка АПО залежить не тільки від параметрів, що визначають процес тепловіддачі на повітряній стороні, а й від умов взаємодії аеродинамічної характеристики пучка і характеристики вентилятора: натиск – витрата повітря, ККД – витрата повітря, потужність – витрата повітря. Швидкість повітря у вузькому перерізі пучка основних типів АПО змінюється в інтервалі 5-13 м/с. Невисока щільність повітря зажадає для відводу теплоти від охолоджуваного масла значних його кількостей при невеликих статичних напору. Цим вимогам відповідають осьові вентилятори.

По розташуванню вентиляторів щодо теплообмінних секцій розрізняють схеми з нагнітальним і витяжним потоками повітря. У нагнітальній схемі вентилятор з приводом розташовуються в холодному потоці повітря, що підвищує надійність їх роботи, зменшує споживану потужність через менший об'єм витрати повітря, що проходить через вентилятор, спрощує кріплення вентилятора і приводу, полегшує технічне обслуговування. Однак, потік повітря, що набігає на трубний пучок має нерівномірне швидкісне поле, а низька

швидкість нагрітого повітря на виході з теплообмінної секції може стати причиною рециркуляції його на виході вентилятора, що знижує температурну різницю і зменшує тепловий потік, що відводиться.

При витяжній схемі швидкісне поле набігаючого потоку повітря більш рівномірне, а висока швидкість його на виході з колектора вентилятора виключає можливість появи рециркуляції гарячого потоку на вході пучка, теплообмінні секції захищені від атмосферних і механічних впливів. Верхнє розташування вентиляторів вимагає великих витрат потужності на прокачування повітря для однакового теплового потоку, погіршуються умови роботи вентилятора, його обслуговування, зростають вібрації.

Конструктивна схема таких апаратів показана на рисунку 1.6. Секції апаратів 3 включають горизонтально розташовані охолоджувальні елементи 4, які закріплені разом із жалюзійним механізмом 5 на металевій опорній конструкції 6. Охолоджувальні елементи 4 мають двоходову систему в трубному просторі для проходження масла. Подача та відведення масла до охолоджувальних елементів здійснюється за допомогою труб 8. Для прокачування повітря над охолоджувальними секціями 4 розташовані два вентилятори 2.

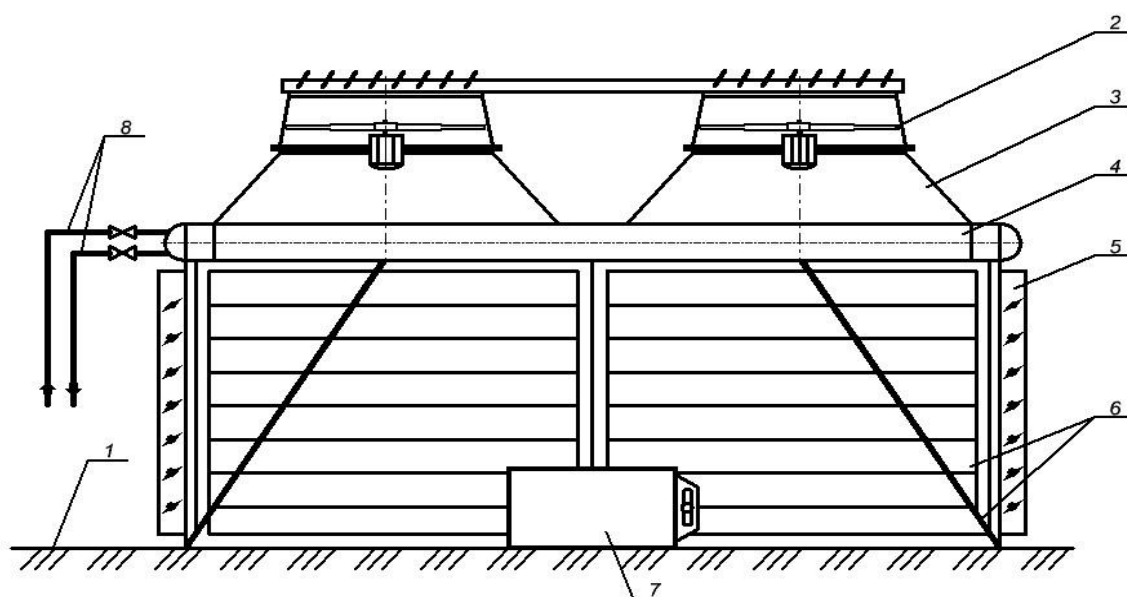


Рисунок 1.6 – Конструкція апарату повітряного охолодження масла

Зазвичай у всіх системах АПО масла передбачені електропідігрівачі 7, які застосовуються для попереднього підігріву масла перед запуском агрегату до робочої температури 25-30 °С. Нагрівання масла в охолоджувальній секції також необхідне для запобігання пошкодження трубної дошки, яка через підвищений опір може зазнати деформації, що призводить до витоку масла у місцях з'єднання з секцією. Технічні параметри АПО масла, що розглядається у цій роботі, наведені на рисунку 1.7.

Найменування характеристики	Одиниці виміру	Величина
Теплообмінник		
Тип охолоджувального елемента	—	ОН6/2
Умовний тиск	кгс/см ²	6
Фронтальна поверхня	м ²	11,5
Поверхня зі сторони охолоджувальної середи	м ²	1135
Число охолоджувальних трубок	шт	240
Число трубок в одному ході	шт	120
Внутрішній діаметр трубок	мм	17
Корисна довжина трубки	мм	4790
Витрата охолоджуємого масла	м ³ /час	25,2
Теплоз'єм при t = 36°		
Вентилятор		
Тип вентилятора	—	АСО125/720
Кількість вентиляторів	шт	2
Продуктивність вентиляторів	м ³ /час	49000
Статичний тиск	кг/м ²	11
Діаметр робочого колеса	мм	1240
Кількість лопатей	шт	6
Електродвигун вентилятора		
Тип електродвигуна	—	4А132М842
Напруга	В	380
Потужність	кВт	6,5
Частота обертання	об/хв	720

Рисунок 1.7 – Технічні характеристики АПО масла моделі АПО 210.8.6,5к-ПМ2

В АПО масла моделі АПО 210.8.6,5к-ПМ2, який розглядається в даній роботі, регулювання температури масла на виході теплообмінника здійснюється

по релейному закону управління в ручному режимі (відключення частини працюючих вентиляторів в складі АПО).

В залежності від температури масла на виході теплообмінника, проводиться відключення або навпаки підключення вентиляторів в складі установки. Контроль температури масла на виході АПО, здійснюється за рахунок термопари встановленої на вихідному трубопроводі. Термопара зв'язана з електронним показником температури встановленим в диспетчерський КС.

Функціональна схема системи керування зображена на рисунку 1.8. Принцип дії установки АПО масла полягає в наступному: інформація з датчика температури на виході теплообмінника поступає в диспетчерську, де оператор приймає рішення, щодо підключення чи відключення вентиляторів охолодження для стабілізації температури масла.

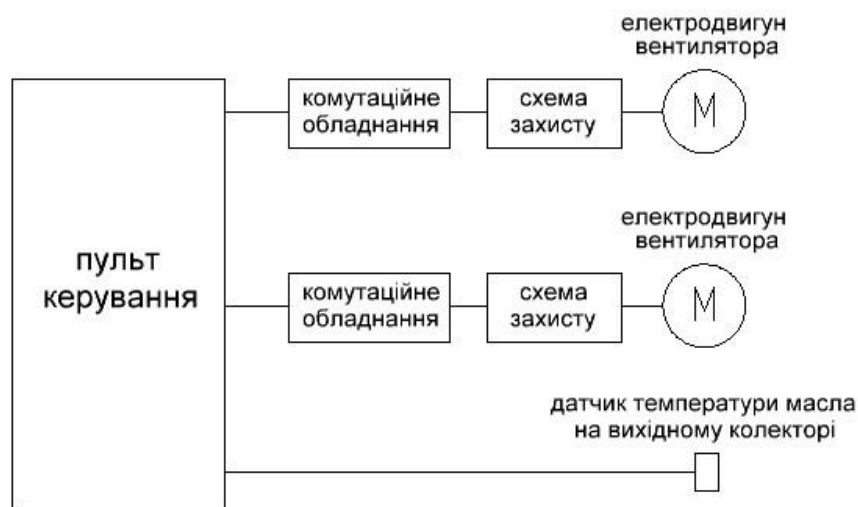


Рисунок 1.8 – Функціональна схема системи керування установкою АПО масла

Аналізуючи приведений вище процес охолодження масла відмічаємо, що виникає необхідність введення автоматичних пристроїв, які б якісно і економічно контролювали технологічні процеси, що відбуваються в установці повітряного охолодження масла.

1.3 Огляд та аналіз шляхів автоматизації

Більшість апаратів повітряного охолодження масла (АПО масла), що знаходяться в експлуатації, будучи розробленими 20-25 років тому, морально застарілі, використовуваний привід вентиляторів є нерегульованим, а це вкрай негативним чином позначається на економічності та ресурсі установок охолодження, а також впливає на їх технологічні можливості.

Огляд робіт в даній області показує, що зусилля дослідників і розробників спрямовані в основному на апаратну модернізацію установок, а, точніше, на відмову від імпортних масло-охолоджувачів і заміну їх вітчизняними аналогами, і недостатньо уваги приділяється створенню систем автоматичної підтримки температури на виході АПО (САУ АПО масла).

Аналіз поточного стану АПО масла в газовій промисловості свідчить про те, що більшість приводів вентиляторів охолодження працюють без можливості регулювання. Це суттєво впливає на енергоефективність функціонування установок. Наявні методи регулювання температури масла на виході з АПО здебільшого є релейними та здійснюються вручну, що спричиняє значні коливання температури масла та перевитрати електроенергії, необхідної для роботи вентиляторів.

У зв'язку з цим виникла потреба у створенні енергоефективної, надійної та зручної в експлуатації системи стабілізації температури масла на виході з АПО. Найбільш технічно доцільним рішенням для плавного регулювання швидкості обертання вентиляторів є застосування частотно-регульованих електроприводів (ЧРЕП).

Висновок: Проведений варіантний аналіз існуючих систем АПО масла свідчить про те, що розробка нової системи стабілізації температури масла на основі ЧРЕП, що об'єднує в собі елементи, які виконують вимірювальні і виконавчо-приводні функції, а також методики і апаратно-програмні засоби для детального опису об'єкта управління і діагностики, вписуються в загальну систему моніторингу та управління компресорної станції (КС), є важливою і

актуальною, становить інтерес в науково-технічному плані і забезпечує істотний техніко-економічний ефект при експлуатації систем.

2 РОЗРОБКА ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ ТА СТРУКТУРНОЇ СХЕМ

2.1 Розробка функціональної схеми

Функціональна схема є основним технічним документом, що визначає функціонально-блокову структуру окремих вузлів автоматичного контролю, управління і регулювання технологічного процесу та оснащення об'єкта управління приладами та засобами автоматизації. Тому для вдосконалення об'єкту автоматизації розробимо функціональну схему системи керування апаратом повітряного охолодження масла.

Система керування побудована за принципом підпорядкованого керування, тобто на основі заданого та поточних значень температури масла на виході теплообмінника та температури навколишнього середовища, формується керуюча дія для контуру управління вентиляторами охолодження.

Функціональна схема приведена на рисунку 2.1.

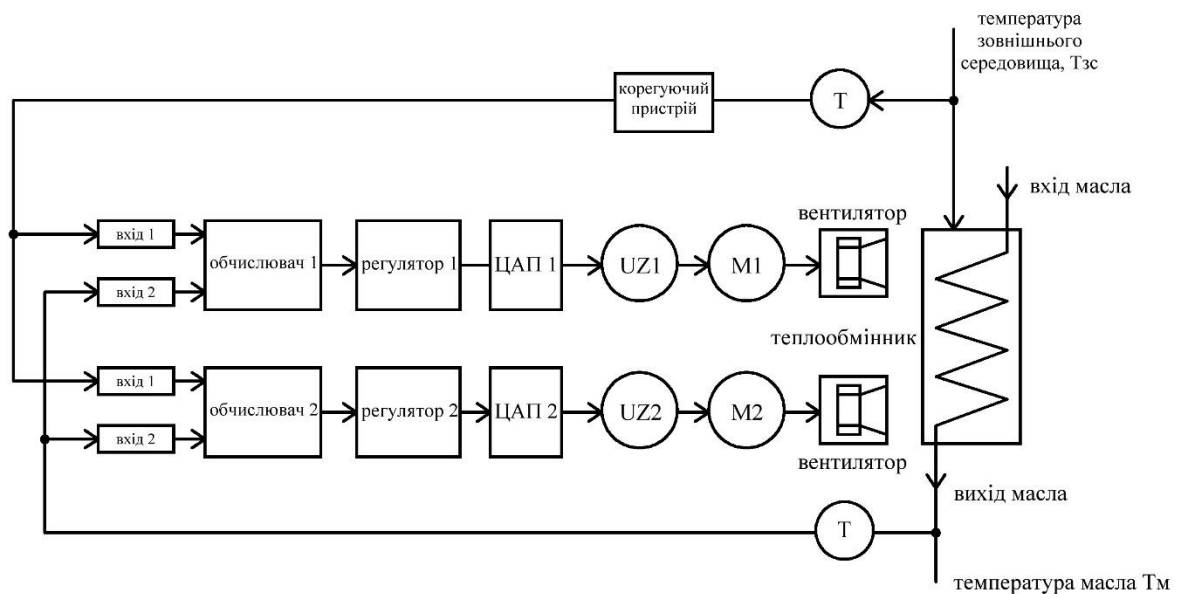


Рисунок 2.1 – Функціональна схема системи керування температурою масла в установці повітряного охолодження масла

Регулювання температури масла в теплообміннику виконується шляхом регулювання частоти обертання вентиляторів охолодження. Сигнал з датчиків температури масла з виходу теплообмінника та температури навколишнього середовища поступає на обчислювальний пристрій регулятора, який формує керуючу дію керування частотними перетворювачами, які керують швидкістю обертання вентиляторів охолодження. Тому від швидкості обертання вентиляторів охолодження залежить температура масла на виході теплообмінника в АПО масла.

2.2 Розробка структурної схеми

Розглянувши пропозиції щодо бажаної системи та розглянувши існуючі системи контролю та методи регулювання температури масла на виході теплообмінника, будемо структурну схему зображену на рисунку 2.2.

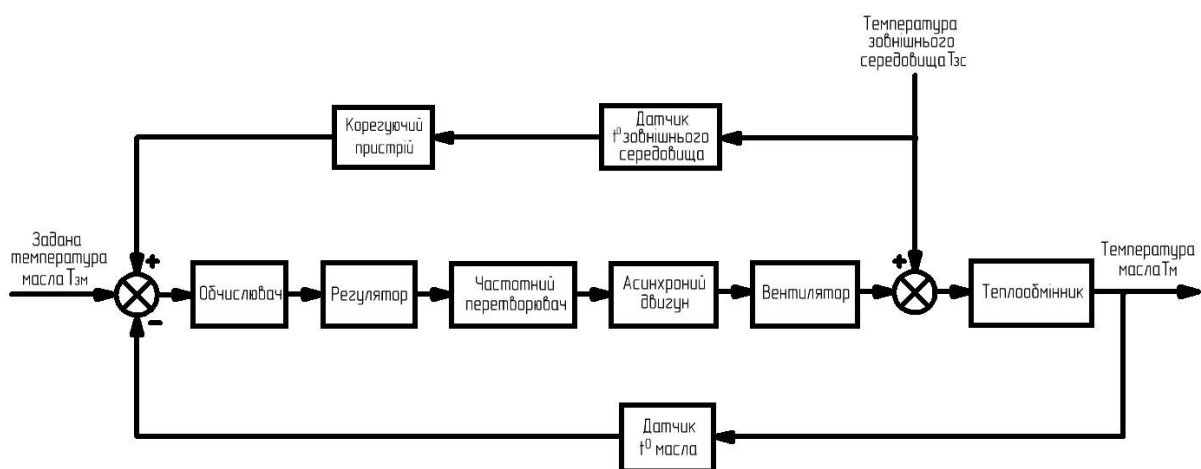


Рисунок 2.2 – Структурна схема контуру регулювання температури масла з урахуванням компенсації температур зовнішнього середовища

Структурна схема відображає процес регулювання температури масла відносно інформації з датчика температури масла на виході теплообмінника та датчика температури зовнішнього середовища.

Висновок. У результаті аналізу існуючих систем контролю та методів регулювання температури масла на виході теплообмінника була розроблена функціональна схема системи керування апаратом повітряного охолодження масла. Запропонована система побудована за принципом підпорядкованого керування, що дозволяє ефективно регулювати температуру масла шляхом зміни швидкості обертання вентиляторів охолодження. Застосування частотно-регульованих електроприводів забезпечує стабільність роботи системи, оптимальне енергоспоживання та точність підтримання температурного режиму. Структурна схема ілюструє взаємодію основних елементів системи, що дозволяє реалізувати регулювання температури масла на основі даних від сенсорів температури масла та навколишнього середовища.

3 ВИБІР ЕЛЕМЕНТІВ СИСТЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ АПО МАСЛА

Установка АПО масла підлягає модернізації керуючої частини та виконавчих механізмів. На це вказують мінуси даної конструкції:

- нерегульована частота обертання вентиляторів охолодження (як наслідок – підвищена енергоємність обладнання);
- ручна схема керування температурою масла на виході установки.

В даній магістерській кваліфікаційній роботі розглядається метод модернізації установки. Під модернізацію потрапляє частина обладнання яка відповідає за охолодження масла, та система керування установкою.

Керуючись функціональною схемою, вибираємо наступні пристрої.

3.1 Регулятор МІК-322К7

Для керування установкою АПО масла використаємо регулятор фірми «MICROL», моделі МІК-322К7. Цей регулятор призначений для створення систем управління різного рівня складності – від контурів локального регулювання до комплексних систем управління об'єктами з інтеграцією в АСУ в різних областях промисловості, сільського та комунального господарства тощо [4].

Прилад МІК-322К7 (основні характеристики приведені в таблиці 3.1) виконує такі основні функції:

- вимірювання однієї або двох фізичних величин, контрольованих вхідними первинними перетворювачами;
- цифрову фільтрацію для зменшення впливу промислових імпульсних перешкод на результат вимірювання;
- корекцію виміряних величин для усунення похибок первинних перетворювачів;
- відображення результатів вимірювань або обчислень на вбудованому світлодіодному чотирьох-розрядному цифровому індикаторі;
- регулювання однієї виміряної фізичної величини за ПІД закону;

- зміна уставки регульованої величини за заданою технологічної програмі а також як функції іншої величини;
- формування аварійного сигналу при виявленні несправності первинних перетворювачів з відображенням його причини на цифровому індикаторі;
- формування аварійного сигналу при виході регульованої величини за допустимі межі;
- відображення на вбудованому світлодіодному цифровому індикаторі поточних значень параметрів технологічної програми та потужності, що подається на виконавчий механізм;
- формування команди ручного управління виконавчим механізмом з клавіатури приладу;
- можлива передача в мережу RS-485 поточних значень виміряних або обчислених величин, а також вихідної потужності регулятора і параметрів програми технолога;
- зміна значень програмованих параметрів приладу за допомогою клавіатури управління на його лицьовій панелі;
- збереження заданих програмованих параметрів в енергонезалежній пам'яті при відключенні напруги живлення.

Таблиця 3.1 – Основні технічні характеристики приладу МІК-322К7

Напруга живлення	100...245В частотой 47...63 Гц
Кількість універсальних входів	8
Типи датчиків та сигналів що підключаються	Термоопір ТСМ 50М, 100Ом, Pt100 термопари ТХК(Л), ТЖК(Л), ТНН(Н), ТХА(К), ТПП(С), ТПП(Р), ТВР(А-1) струм 0...5 мА, 0(4)...20 мА напруга 0...50 мВ, 0...1 В
Вхідний опір при підключенні джерела сигналу - струму - напруги	100 Ом $\pm$ 0,1% (при підключенні зовнішнього резистора) Не менше 100 кОм
Межа допустимої похибки вимірювання вхідного параметра - при використанні термопари	$\pm$ 0,25 % $\pm$ 0,5 %
Час опитування одного входу	Не більше 1с
Напруга живлення активних датчиків	20...28 В постійної напруги
Максимально допустимий струм	100 мА
Тип інтерфейсу зв'язку	RS – 485
Швидкість передачі даних	2.4; 4.8; 9.6; 14.4; 19.6; 28.8; 38.4; 57.6; 115.2 кбіт/с
Тип та електричні характеристики вихідних пристроїв	Р – е/м реле 4 А 220 В К – Транзисторна оптопара п-р-п типу 400 мА 60 В С – симісторна оптопара 50 мА 300 В (до 0,5 А в імпульс. режимі 50 Гц 5 мс) Т – вихід для управління зовнішнім твердотілим реле 4...6 В 50 мА И – ЦАП 4...20 мА У – ЦАП 0...10 В
Тип та розміри корпусу	Щитовий Щ 4, 96х96х120мм

Прилад МІК-322К7 – восьмиканальний, здійснює покрокове регулювання трьохпозиційним ІМ (клапаном) з датчиком положення або без нього. Структурна схема приладу приведена на рисунку 3.1.

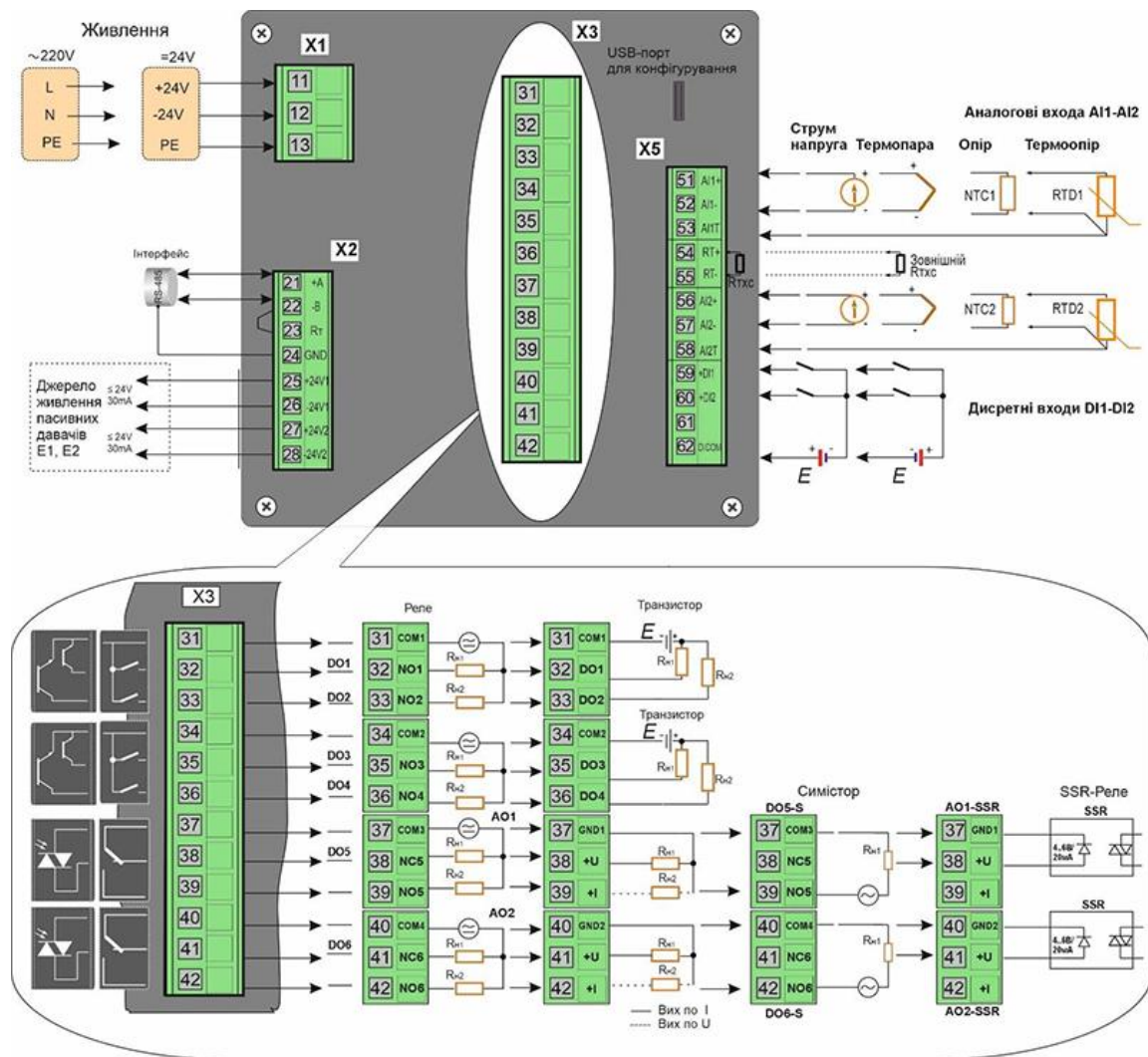


Рисунок 3.1 – Функціональна схема приладу МІК-322К7

Канал регулювання (далі – «Канал») призначений для регулювання однієї фізичної величини (температури, тиску тощо) за результатами вимірювання датчиком, підключеним до Входу.

Можливо також регулювання обчисленої величини (вологості, середнього значення тощо) із значень, виміряних на Вході. При цьому регулювання виробляється без використання датчика положення заслінки.

Для регулювання у Каналі використовується виконавчий механізм типу «нагрівач», який дозволяє збільшувати значення регульованої величини.

МІК-322К7 призначений для покрокового управління технологічним процесом, який може включати наступні стадії (на прикладі регулювання температури):

- підтримку заданого значення (уставки) температури;
- нагрівання до заданого значення температури або протягом заданого часу;
- охолодження до заданого значення температури або протягом заданого часу.

При нагріванні можна задати швидкість нагріву або потужність, що подається на виконавчий механізм. Охолодження здійснюється шляхом відключення нагрівача, при цьому можна обмежити швидкість охолодження.

Послідовність етапів технологічного процесу називається програмою технолога (або просто програмою), а кожен етап – кроком програми технолога. Приклад програми технолога, представленої у вигляді графіка зміни уставок в часі, наведений на рисунку 3.2.

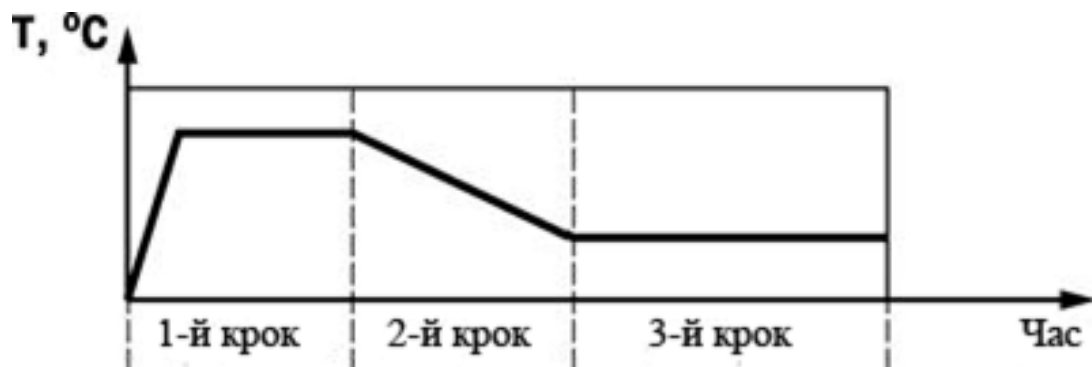


Рисунок 3.2 – Приклад програми технолога для МІК-322К7

Вимірювальні Входи МІК-322К7 є універсальними, тобто до них можна підключати будь-які первинні перетворювачі (датчики). До входу МІК-322К7 можна підключити одночасно два датчика різного типу в будь-яких поєднаннях.

В якості датчиків можуть бути використані:

- термоперетворювачі опору;
- термопари (перетворювачі термоелектричні);
- активні перетворювачі з вихідним аналоговим сигналом у вигляді постійної напруги або струму;
- датчики положення виконавчих механізмів.

Для вимірювання температури найчастіше використовуються термоперетворювачі опору або термопари. Активні перетворювачі з вихідним аналоговим сигналом у вигляді постійної напруги (– 50...50 мВ, 0...1 В) або струму (0...5 мА, 0...20 мА, 4...20 мА) можуть бути використані для вимірювання як температури, так та інших фізичних величин: тиску, витрат, рівня й т.п. Датчики положення призначені для визначення поточного положення (ступеня відкривання або закривання) запірно-регулюючих клапанів, засувки, шаберів і т.п. при регулюванні технологічних параметрів.

Найбільш часто в промисловості застосовуються датчики положення резистивного типу.

Обчислювач робить обчислення фізичної величини за одним або кількома вхідним значенням.

Дані з обчислювача передаються одночасно регулятору і інспектору.

Для обчислювача задаються наступні параметри:

- тип обчислювача (формула для обчислення);
- кількість використовуваних входів;
- кількість знаків після десяткової крапки;
- вагові коефіцієнти вимірювальних входів при розрахунку зваженої суми.

Регулятор – це програмний модуль, що відповідає за підтримання вимірюваної або обчисленої величини на заданому рівні, званому уставки (задане значення).

Регулятор порівнює значення, яке прийшло з обчислювача, з уставками і виробляє вихідний сигнал, спрямований на зменшення їх неузгодженості. Вихідний сигнал регулятора в МІК-322К7 надходить на блок управління ІМ.

ПІД регулятор (пропорційно-інтегрально-диференціальний регулятор) видає значення вихідної потужності, спрямоване на зменшення відхилення поточного значення регульованої величини від Уставки.

При управлінні ІМ типу «нагрівач» значення вихідної потужності знаходиться в діапазоні від «0» до «1» (або від 0 до 100%).

ПД регулювання є найбільш точним методом підтримки контрольованої величини. Однак для ефективної роботи ПД регулятора необхідно підібрати для конкретного об'єкта регулювання ряд коефіцієнтів.

Лицьова панель приладу зображена на рисунку 3.3.



Рисунок 3.3 – Лицьова панель приладу MIK-322K7

3.2 Вибір частотного перетворювача

За останні 10-15 років у світі активно впроваджуються частотно-регульовані електроприводи для вирішення різноманітних технологічних завдань у багатьох галузях. Це стало можливим завдяки розробці перетворювачів частоти на новій елементній базі, зокрема на біполярних транзисторах з ізолюваним затвором (IGBT). Ці транзистори мають переваги перед тиристорами, зокрема повну керованість, простоту і енергоефективність управління, а також високу робочу частоту. Перетворювачі частоти на базі IGBT дозволяють значно розширити діапазон регулювання швидкості обертання

двигуна, покращити швидкодію всього приводу. У порівнянні з тиристорними аналогами, перетворювачі на транзисторах IGBT мають менші розміри та масу, вищу надійність завдяки модульній конструкції електронних ключів, а також покращене тепловідведення і зменшену кількість конструктивних елементів. Вони також забезпечують більш ефективний захист від стрибків струму і перенапруг, що значно знижує ризик відмов і пошкоджень електроприводу.

В дипломному проекті, для регулювання частоти обертання вентиляторів (отже і керуванням температурою масла на виході теплообмінника) з приводом від асинхронних двигунів, найкращим вирішенням цього завдання є застосувати частотний перетворювач, з відповідними характеристиками. Я пропоную застосувати частотний перетворювач «Siemens SINAMICS V20» [5], зовнішній вигляд якого зображено на рисунку 3.4, а його характеристики в таблиці 3.2.

Частотний перетворювач Siemens SINAMICS V20 призначений для роботи в системах водопостачання і вентиляції, системах управління температурою в термошкафах і печах, системою керування тиску рідини та ін.

На дисплеях може відображатися до 50 параметрів (потужність, частота струму, напруга, швидкість, температура різних модулів). У разі зміни продуктивності живильного ланцюга перетворювач стабілізує потужність на електродвигуні. Також перетворювач формує залежність між робочою частотою ШІМ і вихідною силою. При векторному керуванні системою можливі варіанти автоматичного тестування та добірка характеристик роботи двигуна. Автоматичні режими дозволяють підібрати гальмування і вибрати мінімальний час розгону.

Основні переваги частотного перетворювача:

1. Простота налаштування та експлуатації:

– інтуїтивно зрозумілий інтерфейс: SINAMICS V20 оснащений простим панеллю керування, що дозволяє легко налаштувати перетворювач навіть без глибоких знань у галузі електричних приводів;

- швидкий запуск: завдяки швидким налаштуванням і вбудованим функціям автоматичного налаштування, цей перетворювач можна швидко ввести в експлуатацію;

- компактні розміри: цей перетворювач не займає багато місця і підходить для використання в обмежених просторах.

2. Енергозбереження:

- ефективність роботи: завдяки можливості регулювати швидкість двигуна відповідно до вимог навантаження, частотний перетворювач дозволяє значно знизити енергоспоживання в системах водопостачання, вентиляції та інших технічних установках;

- підтримка енергозберігаючих режимів: SINAMICS V20 допомагає знижувати витрати електроенергії в тих випадках, коли двигун не працює на повну потужність, завдяки зміні частоти обертання двигуна.

3. Гнучкість в застосуванні:

- підходить для різних типів навантаження: частотний перетворювач підтримує широкий спектр навантажень, таких як насосні системи, вентилятори, конвеєри, компресори та інші механізми, де потрібно регулювати швидкість;

- підтримка різних функцій: вбудовані функції, такі як плавний запуск і зупинка, захист від перевантаження, керування моментом, дозволяють адаптувати перетворювач для специфічних умов.

4. Надійність і довговічність:

- висока якість матеріалів і збірки: SINAMICS V20 розроблений з високоякісних матеріалів, що забезпечує довговічність і надійність у роботі;

- стійкість до зовнішніх впливів: перетворювач витримує широкий діапазон температур і вологості, що дозволяє використовувати його в різних умовах експлуатації, від теплого і сухого до більш суворого середовища.

5. Різноманітність комунікацій:

- підтримка різних стандартів комунікації: SINAMICS V20 підтримує різні інтерфейси зв'язку, зокрема Modbus RTU та інші протоколи для інтеграції в систему автоматизації, що дозволяє зручне підключення до промислових мереж;

- гнучкість підключення: завдяки можливості підключення до PLC або інших пристроїв, перетворювач легко інтегрується в автоматизовані системи.

6. Мінімізація витрат:

- економічність: Siemens SINAMICS V20 є одним з найбільш доступних за ціною частотних перетворювачів у своєму класі, при цьому він не поступається у функціональності більш дорогим моделям;

- низькі експлуатаційні витрати: завдяки простоті налаштування та підтримці енергоефективності, цей перетворювач дозволяє знизити витрати на обслуговування та енергоспоживання.

7. Захист і безпека:

- вбудовані функції захисту: SINAMICS V20 забезпечує захист від короткого замикання, перевантаження, перенапруги та інших критичних ситуацій, що дозволяє продовжити термін служби обладнання;

8. Стабільність роботи:

- підтримка стабільного режиму роботи: завдяки постійному моніторингу та налаштуванням на базі інтелектуальних алгоритмів, перетворювач забезпечує стабільну роботу приводу навіть за змінних умов навантаження.

9. Програмування та налаштування:

- зручне програмування: SINAMICS V20 дозволяє налаштовувати параметри за допомогою інтерфейсу, а також за допомогою зовнішніх пристроїв через комунікаційні порти;

10. Гарантія якості Siemens:

- підтримка і сервіс: Siemens забезпечує високоякісну підтримку своїх продуктів, зокрема довготривалий сервіс і гарантійне обслуговування.

Таблиця 3.2 - Технічні характеристики частотного перетворювача
«Siemens SINAMICS V20»

Потужність навантаження кВт.	7,5
Живлення від мережі напруга В	від 380 - 10% до 480 + 10% або 480 В $\pm$ 5% трифазне
Частота Гц	(50 $\pm$ 5)% або (60 $\pm$ 5)%
Аналогові входи АІ	Аналоговий вхід по напрузі АІ 1: 0-10 В, повний опір 30 кОм1 аналоговий вхід по струму АІ2: 0-20 мА, повний опір 100 Ом(Перепризначуваних на Х-У мА з програмуванням Х і У з точністю 0,1 мА)Дозвіл по частоті при аналоговому завданні: 0,1 Гц для 100 Гц (10 біт)Точність $\pm$ 1%, лінійність $\pm$ 0,5%максимальної вихідної частотиЧас вибірки: у4 мс
Аналоговий вихід АО	Призначуваний аналоговий вихід 0-20 мА, максимальний опір навантаження 500 Ом (перепризначуваних на Х-У мА з програмуванням Х і У від 0 до 20 з точністю 0,1 мА) Дозвіл 0,04 мА (9 біт), лінійність $\pm$ 0,1 мА, точність $\pm$ 0,2 мАЧас вибірки: у2 мс
Захист двигуна	Вбудована в перетворювач, тепловий захист за допомогою постійного розрахунку I^2t з урахуванням швидкості: Збереження теплового стану двигуна при відключенні живлення ПЧ; Змінна функція за допомогою діалогових засобів PowerSuite Залежно від типу охолодження двигуна (примусове або природне)



Рисунок 3.4 – Частотний перетворювач Siemens SIMACS V20

3.3 Вибір сенсорів температури

Для контролю температури масла на виході [6] використаємо сенсори температури моделі TR30 (рис. 3.5), для контролю температури навколишнього середовища використаємо сенсор температури ATF1-PT1000 (рис. 3.6) [7].

Принцип дії термометрів опору заснований на властивості провідника міняти електричний опір пропорційно зміні температури навколишнього середовища. Конструктивно такі термоперетворювачі виконуються в вигляді котушки з тонкої мідної або платинового дроту на каркасі з ізоляційного матеріалу, укладеної в захисну гільзу.

Сенсори можуть бути з кабельним виводом або з комутаційною головкою, в різних конструктивних виконаннях, що дозволяє встановлювати їх на трубі, на стіні, занурювати в середу тощо. Виміряна температура може бути перетворена в значення струмового сигналу 4...20mA (датчик з нормуючим перетворювачем).

Термоперетворювачі призначені для безперервного вимірювання температури різних робочих середовищ (пара, газ, вода, сипучі матеріали, хімічні реагенти тощо), неагресивних до матеріалу корпусу датчика.

Сенсори TR30 та ATF1-PT1000 досить ідеально підходять для регулятора МІК-322К7. Їхні характеристики зазначені в таблиці 3.3 та 3.4. Вони дозволяють повною мірою забезпечити працездатність системи. За їхньою допомогою установка набуває більш простішого виду та спрощує роботу на ній.



Рисунок 3.5 – Сенсор TR30

Таблиця 3.3 - Характеристика сенсора TR30

Робочий діапазон вимірюваних температур	-50 ... +250 ° C
Похибка	$(0,3+0,005 t)$ °C
Тип сенсора	Pt1000
Схема з'єднання внутрішніх провідників	G $\frac{1}{4}$, G $\frac{1}{2}$, NPT $\frac{1}{2}$
Ступінь захисту датчика по ГОСТ 14254	IP65



Рисунок 3.6 – Сенсор ATF1-PT1000

Таблиця 3.4 - Характеристика сенсора ATF1-PT1000

Робочий діапазон вимірюваних температур	-50 ... +90 ° C
Похибка	(0,3+0,005 t) °C
Тип сенсора	Pt1000
Схема з'єднання внутрішніх провідників	G¼, G½, NPT½
Ступінь захисту датчика по ГОСТ 14254	IP65

Висновок. Модернізація системи автоматизації АПО масла є важливим етапом для покращення енергоефективності та автоматизації процесу управління температурою масла. Враховуючи виявлені недоліки, такі як нерегульована частота обертання вентиляторів і ручне управління температурою, модернізація дозволить значно знизити енергоємність та забезпечити більш точне та ефективне управління. Обрані пристрої для модернізації, зокрема частотно-регульовані приводи для вентиляторів, покращать контроль за температурою і

стабільність роботи установки, що призведе до зменшення витрат електроенергії та підвищення надійності системи.

4 ОПИС І РОБОТА САУ АПО МАСЛА

4.1 Загальний опис

На рисунку 4.1 – 4.2 зображено зовнішній вигляд АПО.



Рисунок 4.1 – Вигляд АПО масла моделі АПО 210.8.6,5к-ПМ2



Рисунок 4.2 – Вигляд АПО масла моделі АПО 210.8.6,5к-ПМ2

Вбудована система управління апаратом забезпечує виконання наступних функцій:

- автоматичне підтримання встановленої температури оливи на виході апарата;
- можливість перемикання між автоматичним і ручним (дистанційним) регулюванням частоти обертання вентиляторів;
- контроль і управління підігрівом оливної системи апарата під час пуску в холодний період року;
- передача дискретних сигналів про режими роботи апарата на головний щит управління;
- вимірювання параметрів роботи апарата і передачу актуальних даних на головний щит управління;

- передача інформації про робочі параметри апарата через стандартний інтерфейс;
- захист електричного обладнання апарата від перевантажень та коротких замикань.

Основні технічні характеристики а також структурна схема апарата АПО 210.8.6,5к-ПМ2 зазначені в таблиці 4.1 та на рисунку 4.3.

Таблиця 4.1 - Характеристика АПО 210.8.6,5к-ПМ2

	Найменування показника	Значення
1	Охолоджуване середовище	Мінеральні і синтетичні оливи з кінематичною в'язкістю не більше 30 сСт
2	Охолоджуюче середовище	Атмосферне повітря з температурою від мінус 60 до плюс 50
3	Продуктивність охолодження, кВт	290
4	Діапазон регулювання (задання) температури оливи на виході апарату, ° С	Від +45 до +120
5	Втрати тиску оливи в робочому діапазоні температур, МПа, не більше	0,1
6	Умовний (номінальний) тиск, МПа	1,0
7	Температура оливи на вході, не більше, ° С	150
8	Кількість вентиляторів, шт	4, осьовий, ZN063-ZIL.GL.V7P3, 1600 об/хв, 3,7 кВт

4.2 Функції та умови експлуатування

Модуль керування установкою (МКУ) є частиною програмованого логічного контролера (ПЛК), що знаходиться в щиті управління і призначений для контролю та управління апаратами повітряного охолодження (АПО).

Основні функції МКУ разом із ПЛК у складі щита управління включають:

- автоматичне підтримання заданої температури теплоносія на виході АПО;
- автоматичне управління передпусковим розігрівом теплообмінних секцій АПО в зимовий період;
- вимірювання температури теплоносія на вході і виході АПО, а також температури теплообмінних секцій і тиску теплоносія на вході АПО;
- індикація параметрів і режимів роботи АПО;
- передача інформаційних сигналів про параметри роботи АПО через інтерфейс В5-485 і дискретні та аналогові лінії на головний щит управління (ГЩУ);
- підтримка заданої температури всередині корпусу щита управління;
- індикація та налаштування параметрів;
- збереження даних і доступ до архіву;
- МКУ розраховано на експлуатацію в умовах температури навколишнього середовища від -40 до +60 °С та відносної вологості до 75%.

Допустимі параметри вібрації: до 4g; амплітуда до 1,5 мм; частота від 10 до 55 Гц.

Зовнішнє магнітне поле не повинно перевищувати 400 А/м.

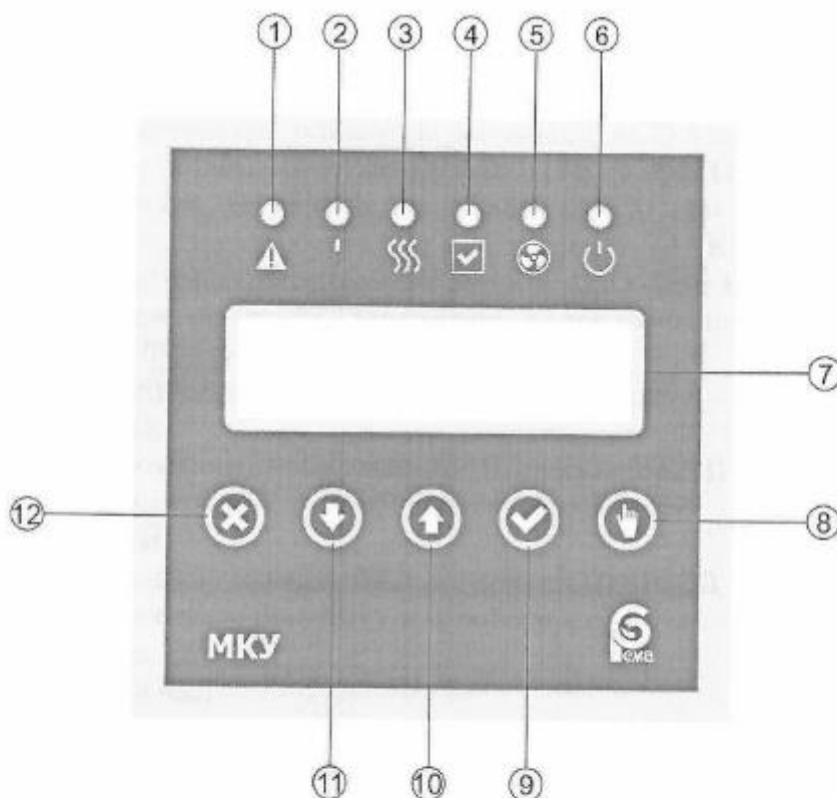
МКУ не призначений для роботи в вибухонебезпечних середовищах, а також в умовах з підвищеним рівнем пилу чи вмістом агресивних парів та газів, які можуть пошкодити метал і ізоляцію.

Технічні характеристики МКУ наведені у таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 – Технічні характеристики МКУ

Напруга живлення, В	5В
Канал Modbus-RTU RS-485	1
Температура навколишнього середовища, ° С	-40 ... +60
Габаритні розміри , см	96x96x68

Далі розпишемо конструкцію і роботу МКУ. На рисунку 4.4 зображений зовнішній вигляд.



- | | |
|------------------------------|------------------------------------|
| 1 – Індикатор «Несправність» | 7 – Цифровий дисплей 2х16 символів |
| 2 - Індикатор «Тмакс» | 8 – Кнопка «Ручне управління» |
| 3 – Індикатор «Нагрівання» | 9 – Кнопка «Редагувати/Зберегти» |
| 4 – Індикатор «Норма» | 10 – Кнопка «Збільшити значення» |
| 5 – Індикатор «Охолодження» | 11 – Кнопка «Зменшити значення» |
| 6 – Індикатор «Готовність» | 12 – Кнопка «Відміни змін» |

Рисунок 4.4 – Зовнішній вигляд МКУ

Захист трубчастих електронагрівачів і вентиляторів калориферів від перегріву реалізовано за допомогою термореле. Якщо температура досягає 120 °С, термореле в електрокалорифері вимикає нагрівач, або при 70 °С на вентиляторах калориферів спрацьовує відповідне термореле, і калорифер відключається. У такому разі система подає повідомлення про перегрів. Вентилятори калориферів продовжують працювати, охолоджуючи електронагрівачі. Після зниження температури калорифер буде знову увімкнений автоматично, якщо причина сигналу «НЕСПРАВНІСТЬ» була пов'язана з перегрівом.

4.2.2 Режим охолодження

У вихідному стані на дисплеї МКУ відображається інформація, що відноситься до даного режиму (рис. 4.6)

В	И	Х	=	Вимір.		N	K	=	Вимір. I				
В	С	Т	=	Встанов.		М	А	К	С	=	Встанов. I		

Вимір. – поточна температура теплоносія на виході;

Встанов. – встановлена температура теплоносія на виході (**РЕГУЛЯТОР**)

K – кількість працюючих вентиляторів охолодження

Вимір. I – швидкість обертання вентиляторів охолодження в %

Встанов. I – температура теплоносія на виході АПО, при перевищенні якої з'являється попереджувальне повідомлення (**МАКСИМУМ**);

Рисунок 4.6 – Інформація, що відображається в режимі охолодження

Коли температура оливи на виході апарату досягає заданого значення, а також коли тиск на вході апарату досягає встановленого рівня, система переходить в режим «Охолодження». В цей момент на головний щит управління подається сигнал «Охолодження», і починається автоматичне регулювання температури оливи на виході апарату.

У режимі охолодження нагріта олива подається в апарат, де охолоджується за допомогою повітря, що всмоктується працюючими вентиляторам. Для

забезпечення підтримки температури оливи на заданому рівні в апараті передбачено автоматичне регулювання інтенсивності охолодження шляхом плавного коригування частоти обертання вентиляторів. Зміна частоти обертання вентиляторів змінює обсяг повітря, що проходить через повітряні канали теплообмінних секцій апарату.

Частота обертання вентиляторів залежить від кількості оливи, температури оливи на вході апарату, заданої температури регулювання та температури охолоджуваного повітря. Якщо температура повітря низька, а задана температура висока, частота обертання вентиляторів зменшується, що знижує споживану потужність вентиляторів і рівень звукових коливань.

Висновок. Система автоматизованого управління (САУ) апаратом повітряного охолодження масла забезпечує ефективне і стабільне управління температурою масла за допомогою автоматичних режимів охолодження та нагрівання. Використання частотно-регульованих електроприводів для вентиляторів охолодження дозволяє точно регулювати температуру оливи, зменшуючи енергетичні витрати та забезпечуючи оптимальні умови роботи апарату в різних температурних режимах. Водночас, система оснащена механізмами захисту від перегріву, що підвищує надійність і довговічність обладнання. Автоматичне підтримання температури масла в межах заданих параметрів дозволяє забезпечити стабільну роботу технологічного процесу і знижує ризик відмов апарату, покращуючи ефективність і безпеку виробництва.

5 МАТЕМАТИЧНИЙ ОПИС ЛАНОК САУ АПО МАСЛА

При вирішенні задач управління і діагностування складних об'єктів часто не вдається отримати їх єдиний математичний опис, який має прийнятну точність. В цьому випадку використовується ряд моделей, в якому кожна описує окремі сторони процесу. Однак із-за недостатньої кількості даних отримати рішення задачі таким шляхом не вдається. Труднощі у використанні аналітичних методів виникають при описі реальних об'єктів, процеси в яких мають тяжкий характер. Перевагою моделей отриманих аналітичним шляхом, як правило, є їх загальний вигляд, який дозволяє розглядати поведінку об'єктів в різних режимах функціонування.

Побудова математичної моделі АПО масла [8] необхідна для пояснення процесів теплопередачі, аналізу роботи установки при існуючому способі управління, а також для синтезу оптимального управління процесом теплообміну, для більш глибокого розуміння тих процесів, які відбуваються всередині системи охолодження масла, і формують вихідні параметри.

Відповідно до висновків, зробленими раніше, розроблена САУ АПО масла повинна забезпечувати плавне регулювання швидкості обертання вентиляторів, а, отже, і масової витрати повітря, що подається на охолоджувальний елемент секції АПО масла з метою забезпечення такої інтенсивності теплос'єма, при якій стає значення температури масла буде завжди знаходитися технологічно у заданому діапазоні регулювання.

При синтезі САУ АПО масла, основним завданням є якісна стабілізація температури масла на виході теплообмінника і повинні бути розглянуті й вирішені наступні питання:

- аналіз структурної схеми АПО масла на основі оцінки передавальних функцій його елементів, з метою визначення закону регулювання температури масла в замкнутій системі;
- вибір елементів реалізації САУ за результатами аналізу структурної схеми;

- аналіз можливих схем реалізації САУ АПО масла;
- орієнтовний розрахунок необхідного діапазону регулювання швидкості обертання вентиляторів охолоджувальної секції АПО масла.

5.1 Математична модель асинхронного двигуна

На рисунку 5.1 представлена структурна схема лінеаризованої системи управління швидкістю обертання вентилятора

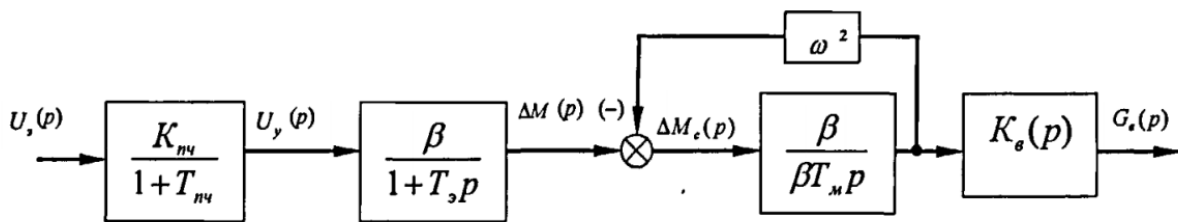


Рисунок 5.1 – Структурна схема лінеаризованої розімкнутої системи управління швидкістю обертання вентилятора

де:

β – це модуль жорсткості лінеаризованої механічної характеристики АД;

$$\beta = \frac{2M_K}{(\omega_{0ном} S_K)}, \quad (5.1)$$

T_E – еквівалентна електромагнітна постійна часу ланцюгів статора і ротора АД, що визначається за формулою:

$$T_E = \frac{1}{(\omega_{0елном} S_K)}, \quad (5.2)$$

де $\omega_{0елном}$ – кутова швидкість електромагнітного поля АД при його номінальній частоті живлення. Для АД загальнопромислового виконання $T_E = (0.006-0.06с)$;

$K_{ПЧ}$ – коефіцієнт передачі ПЧ:

$$K_{ПЧ} = \frac{\Delta\omega_0}{\Delta U_{PC}} = \frac{2\pi\Delta f_1}{\Delta U_{PC}}. \quad (5.3)$$

При роботі АД в зоні частот $f_1 < f_{1\text{ном}} = 50\text{Гц}$ і номінальному сигналі управління перетворювачем $U_{y\text{ПЧном}}$ відношення:

$$\frac{\Delta f_1}{\Delta U_{\text{PC}}} = \frac{f_1}{U_{y\text{ПЧном}}}, \quad (5.4)$$

$T_{\text{ПЧ}}$ – постійна часу ланцюга управління ПЧ, яка при високих частотах модуляції вихідної напруги промислових ПЧ (2-50 КГц) не перевищує 0,001с.

Відповідно до структурної схеми (рис. 5.1) результуюча передатна функція АД по відношенню $\Delta\omega_0$ набуде вигляду:

$$W_{\text{АД}}(P) = \frac{\Delta\omega}{\Delta\omega_0} = \frac{1}{T_E T_M P^2 + T_M P + 1}. \quad (5.5)$$

Відповідно до висновків, зробленими раніше, керуючий вплив проектованої САУ АПО масла повинний бути направлений на плавне регулювання швидкості обертання електродвигуна вентилятора, що дозволить змінювати в необхідних межах величину теплос'єма маслоохолоджувача [9].

5.2 Математична модель вентилятора

Режим роботи вентилятора [10] при певній продуктивності в ($\text{м}^3/\text{сек}$) характеризується величинами повного P_V і статичного P_{SV} напорів (Па), споживаної потужності N (кВт), корисного p і статичного p_S ККД.

Повний тиск вентилятора є величина підвищення тиску між всмоктуючими вихлопними отворами вентилятора при певній щільності ρ ($\text{кг}/\text{м}^3$) переміщуваного повітря. Повний тиск дорівнює сумі статичного P_{SV} і динамічного P_{dV} тисків.

$$P_V = P_{SV} + P_{dV}, \quad (5.6)$$

$$P_{dV} = \frac{1}{2} \rho \left(\frac{Q}{F} \right)^2, \quad (5.7)$$

де: P – площа вихлопного отвору, м^2 .

Статичний тиск виражає величину корисного тиску, що витрачається на подолання опору системи. Динамічний тиск виражає величину швидкісного напору. Значення η і η_s визначаються виразами:

$$\eta = \frac{GP_V}{N}, \quad (5.8)$$

$$\eta_s = \frac{GP_{SV}}{N}. \quad (5.9)$$

Зазвичай режим роботи вентиляторів характеризується безрозмірними коефіцієнтами (приводяться в каталогах), які визначаються наступними формулами:

коефіцієнт продуктивності:

$$\gamma = \frac{4G}{\pi D^2 U}, \quad (5.10)$$

коефіцієнт потужності:

$$\lambda = \frac{800N}{\pi D^2 p U^3}, \quad (5.11)$$

коефіцієнт повного тиску:

$$\psi = \frac{2G_V}{p U^2}, \quad (5.12)$$

коефіцієнт статичного тиску:

$$\psi_s = \frac{2P_{SV}}{p U^2}, \quad (5.13)$$

де: D – діаметр робочого колеса вентилятора, м; U - окружна (лінійна) швидкість, м/сек.

Для подальшого аналізу САУ АПО масла становлять інтерес залежності G , P_V і N , виражені не через лінійну швидкість колеса вентилятора U , а через частоту його обертання n , об/хв.

Як відомо,

$$U = \omega \cdot R \text{ (м/сек)}; \quad (5.14)$$

$$\omega = 2 \cdot \pi \cdot n \text{ (сек}^{-1}\text{)}; \quad (5.15)$$

де: ω – кутова швидкість, сек⁻¹;

R – радіус колеса вентилятора, м;

n - частота обертання, об/сек.

Звідси випливає:

$$U = 60 \cdot \pi \cdot D \cdot n \quad (5.16)$$

де n – об/хв.

Підставляючи вираз для U в (5.10), (5.11), (5.12) отримуємо:

$$\psi = \frac{60}{4} \pi^2 \phi D^3 n, \quad (5.17)$$

$$P = \frac{60^2}{2} \pi^2 \psi D^2 n^2, \quad (5.18)$$

$$N = \frac{60^3}{8000} \pi^4 \lambda p D^5 n^3. \quad (5.19)$$

У виразі (5.17) приймемо

$$\frac{60}{4} \pi^2 \phi D^3 = K_G, \quad (5.20)$$

тоді

$$G = K_G n. \quad (5.21)$$

У виразі (5.18) приймемо

$$\frac{60^2}{2} \pi^2 \psi D^2 = K_P, \quad (5.22)$$

тоді

$$P_V = K_P \rho n^2. \quad (5.23)$$

У виразі (5.19) приймемо

$$\frac{60^3}{8000} \pi^4 \lambda D^5 = K_N, \quad (5.24)$$

тоді

$$N = K_N \rho n^3. \quad (5.25)$$

З виразу (5.21) випливає, що продуктивність вентилятора пропорційна частоті його обертання.

З виразу (5.23) випливає, що при незмінній щільності повітря повний тиск вентилятора пропорційний квадрату частоти його обертання.

З виразу (5.25) випливає, що при незмінній щільності повітря споживана потужність вентилятора пропорційна кубу частоти його обертання.

Передатну функцію вентилятора можна представити у вигляді безінерційної ланки з коефіцієнтом передачі:

$$K_B = \frac{G_B}{n}, \quad (4.26)$$

де G_B (кг/м²·год) – вагова швидкість потоку охолоджуючого повітря;

n – швидкість обертання вентилятора.

На рисунку 5.2-5.3 зображені діаграми відповідностей.

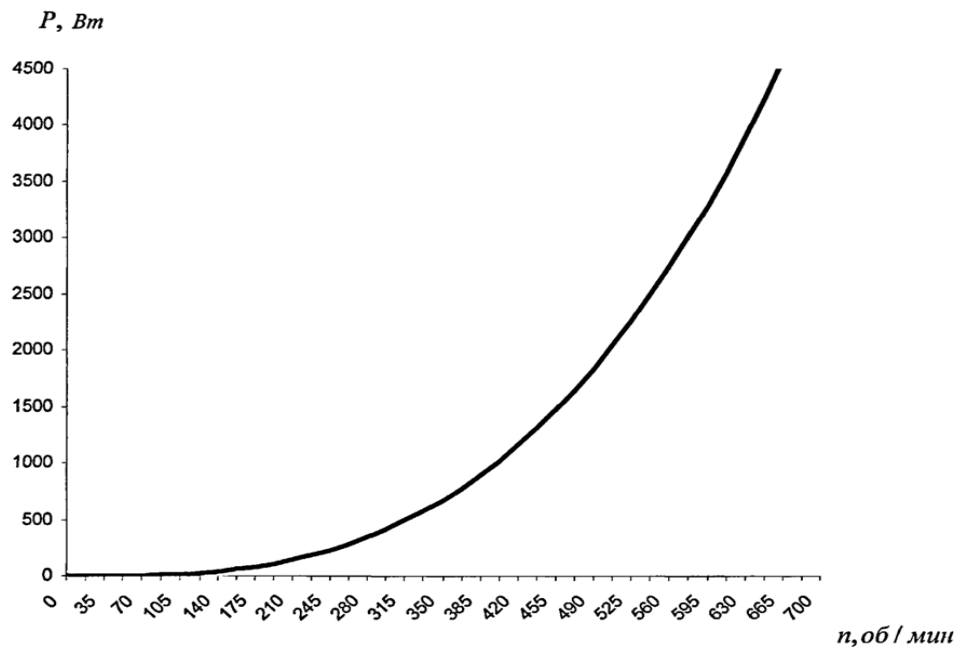


Рисунок 5.2 – Діаграма споживаної вентилятором АПО потужності

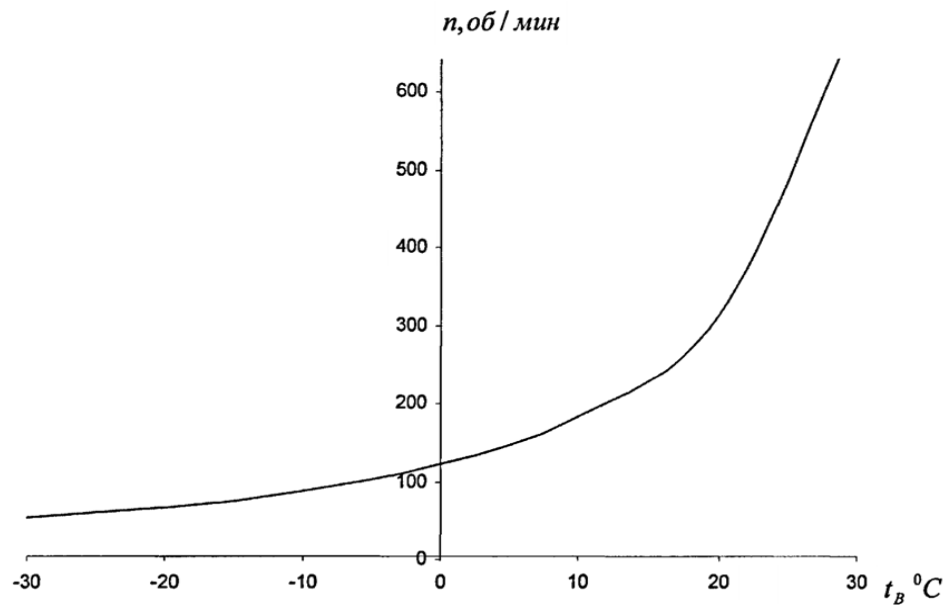


Рисунок 5.3 – Діаграма швидкості обертання вентилятора на температурному діапазоні експлуатації

5.3 Тепловий розрахунок масло-охолоджувача

Надійний розрахунок теплообмінників став можливий лише в результаті вивчення законів теплопереносу. Основоположними в цій області були перш за все роботи Нуссельта [11], який застосував до теплообміну теорію подібності і тим самим привів результати численних досліджень теплопередачі до осяжної і легко застосовної на практиці форми.

Всі розрахунки теплообмінних апаратів можна поділити на конструктивні (проектні), часто на практиці звані основними, і перевірочні. За допомогою основних розрахунків вирішуються завдання теплообміну між робочими середовищами в безперервному зв'язку з іншими факторами.

Досвід експлуатації газоперекачувальних агрегатів з повітряною системою охолодження масла типу 06-10 виробництва Угорщини показав значні переваги зазначеної системи в порівнянні з двоконтурною, що поставляється заводом виробником ГПА:

- була виключена система заправки антифризом;
- виключена доставка на КС антифризу і технічно чистої води;
- збільшення надійності роботи ГПА за рахунок ліквідації контуру

антифризу.

Також за відгуками технічного персоналу обслуговування трубчастих теплообмінників менш трудомістке ніж пластинчастих теплообмінників.

За результатами розрахунку були побудовані графік залежності коефіцієнта тепловіддачі від швидкості руху охолоджуючого повітря (рис. 5.4), та графік залежності коефіцієнта тепловіддачі від швидкості руху охолоджуваного повітря і температури навколишнього середовища в відносних одиницях (рис. 5.5).

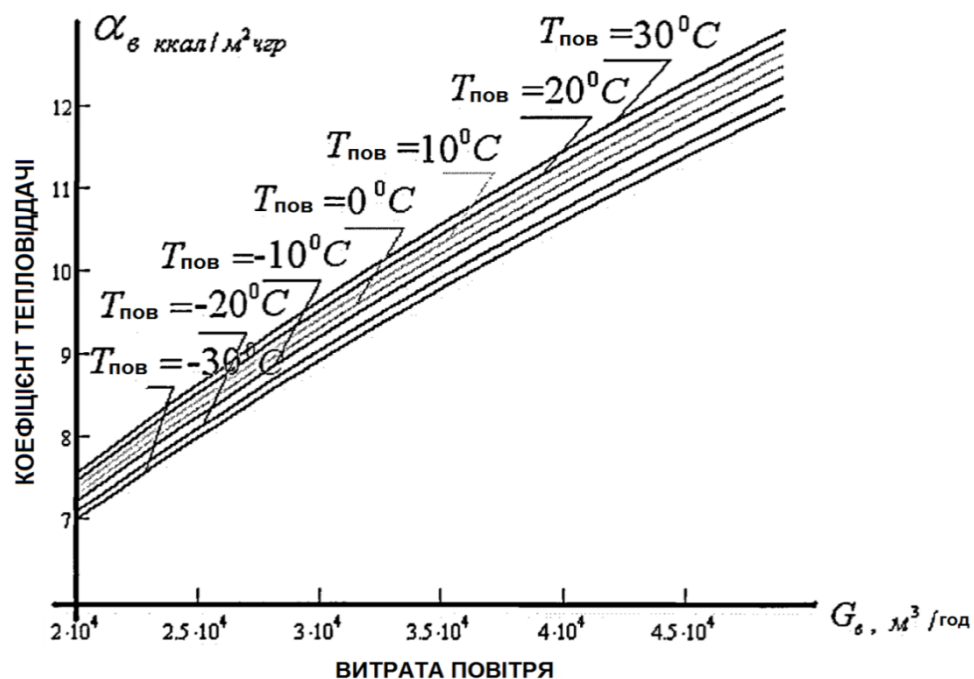


Рисунок 5.4 – Графік залежності коефіцієнта тепловіддачі від швидкості руху охолоджуючого повітря

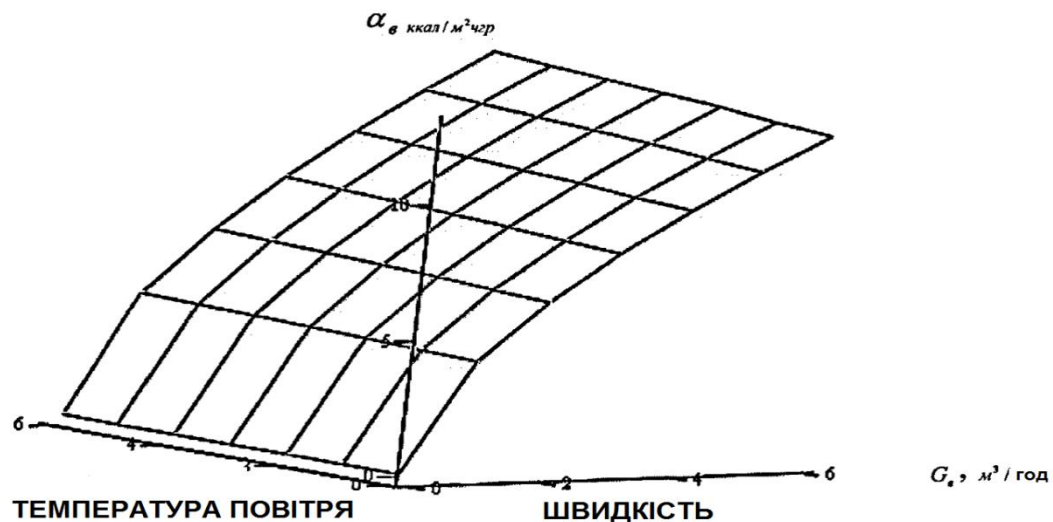


Рисунок 5.5 – Графік залежності коефіцієнта тепловіддачі від швидкості руху охолоджуваного повітря і температури навколишнього середовища в відносних одиницях

На рисунку 5.4. та рисунку 5.5. видно, що коефіцієнт тепловіддачі масло-охолоджувача залежить як від швидкості руху охолоджуючого повітря так і від температури навколишнього середовища.

Висновок. Математичний опис ланок САУ АПО масла є важливим етапом для глибокого розуміння процесів теплопередачі та стабілізації температури масла в системі. Завдяки побудові математичних моделей, можна оптимізувати управління температурою і ефективно налаштувати роботу вентилятора, забезпечуючи постійну інтенсивність охолодження. Визначення передавальних функцій та аналіз структурної схеми дозволяють більш точно регулювати параметри, що сприяє стабільному функціонуванню системи. Ретельний вибір елементів та оптимізація схем реалізації системи дозволяють досягти необхідної точності в управлінні, забезпечуючи стабільність температури масла в заданому діапазоні, що є важливим для нормальної роботи установки та її енергоефективності.

6 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

6.1 Визначення величини витрат запропонованого варіанту

Експлуатація апаратів повітряного охолодження з постійною швидкістю роботи вентиляторів характеризується низькою енергоефективністю, яка може складати лише 50–70% від максимальної. Така ситуація обумовлена нерівномірністю теплового навантаження на охолоджувальну систему, що призводить до зниження техніко-економічних показників обладнання і підвищення витрат на експлуатацію.

Підвищення ефективності роботи [13] апаратів повітряного охолодження можливе за рахунок впровадження частотно-регульованих електроприводів (ЧРЕП), які дозволяють регулювати швидкість вентиляторів залежно від теплового навантаження. Сучасні засоби автоматизації та алгоритми оптимального управління забезпечують можливість точного налаштування параметрів роботи системи, що значно підвищує її ефективність.

Особливу увагу слід приділити завданню стабілізації потужності електроприводів у системах із декількома вентиляторами. У таких установках необхідно забезпечити рівномірний розподіл навантаження між усіма приводами, а також стабільність потоку охолоджувального повітря. Це дає змогу уникнути надмірного зносу окремих компонентів, знизити рівень шуму та енергоспоживання.

Використання автоматичних систем регулювання натягу ремінних або прямопривідних механізмів вентиляторів дозволяє зменшити динамічні навантаження та забезпечити стабільність роботи в різних режимах. Це, у свою чергу, сприяє підвищенню надійності роботи всієї системи, зменшенню зносу компонентів і зниженню ризику аварійних ситуацій.

Автоматизація апаратів охолодження також передбачає інтеграцію з іншими елементами системи керування газоперекачувальними агрегатами.

Центральна система керування повинна забезпечувати узгоджену роботу всіх компонентів для оптимізації теплового режиму та зменшення експлуатаційних витрат. В таблиці 6.1 приведено розрахунок капітальних вкладень на модернізацію електропривода степенів рухомості промислового робота.

Таблиця 6.1 – Капітальні витрати на електроустаткування базового та нового варіантів

Найменування електрообладнання	Кошторисна вартість варіанту	
	Базова	Нова
Вартість двигуна АИР 132 У2	11808	11808
Вартість системи керування	193599	254865
Кабелі, апарати захисту, сенсори та інше обладнання	61233	72451
Вимірювальні прилади, показчики, реєстратори захищеного виконання	42000	42000
Разом капіталовкладення:	270840	381124
Транспортні витрати 10%	27084	38112,4
Всього ціна обладнання	297924	419236
Монтажні роботи 10%	29792	41923
Капітальні витрати	327716	461159

Отже, $K_6 = 327716,4$ грн.; $K_n = 461160,04$ грн.

6.2 Розрахунок експлуатаційних витрат

Експлуатаційні витрати включають витрати на забезпечення нормального функціонування певного технічного рішення в період його експлуатації в розрахунку на рік [14].

Експлуатаційні витрати включають такі складові:

1. Амортизаційні відрахування E_a .
2. Заробітна плата $E_{зп}$ обслуговуючого персоналу (основна, додаткова, нарахування на заробітну плату).
3. Витрати на силову електроенергію E_e .
4. Витрати на поточний ремонт $E_{пр}$.
5. Інші витрати $E_{ін}$.

Вираз, який включає в себе усі вище перераховані складові експлуатаційних витрат, має вигляд:

$$З = E_a + E_{зп} + E_e + E_{пр} + E_{ін}. \quad (6.1)$$

6.2.1 Розрахунок амортизаційних відрахувань

Річні амортизаційні відрахування для базового та нового варіантів становлять (норма амортизації становить 10 % в рік):

$$E_{аб} = 327716 \text{ грн.} \cdot 0,10 = 32771 \text{ грн.};$$

$$E_{ан} = 461159 \text{ грн.} \cdot 0,10 = 46116 \text{ грн.}$$

6.2.2 Розрахунок заробітної плати обслуговуючого персоналу

Згідно ПУЕ обслуговувати установки до 1000 В може робітник, у якого розряд не нижче четвертого, група допуску не нижча третьої групи по електробезпеці (табл. 6.1).

Таблиця 6.1 – Тарифна сітка погодинників

Тарифні розряди	I	II	III	IV	V	VI
Тарифні коефіцієнти	1	1,5	1,8	2,03	2,33	2,7

Витрати на заробітну плату обслуговуючого персоналу розраховуємо за формулою:

$$E_z = E_{zo} + E_{zd}, \quad (6.2)$$

де E_{zo} – основна заробітна плата по тарифу;

E_{zd} – додаткова заробітна плата;

$$E_{zo} = N \cdot T_1 \cdot K \cdot \Phi_{\text{еф}} \cdot K_c \cdot \beta, \quad (6.3)$$

де N – кількість робітників, що обслуговують операторну ($N = 1$ чол.);

T_1 – погодинна тарифна ставка робітника 1-го розряду. Залежить від мінімальної заробітної платні, яка станом на 2024 рік складає 8000 грн. Тому розмір ставки робітника 1-го розряду приймаємо рівним 48 грн./год;

K – тарифний коефіцієнт ($K_6 = 2,33$, $K_n = 2,33$);

$\Phi_{\text{еф}}$ – ефективний фонд робочого часу за рік (приймаємо рівним 220 год.);

K_c – коефіцієнт співвідношень, встановлений Генеральною угодою між профспілками і урядом ($K_c = 1$);

β – частка часу, який витрачає робітник на обслуговування установки в загальному часі своєї роботи ($\beta = 1$ для базового варіанту, $\beta = 0,7$ для нового варіанту).

Розрахуємо E_{zo} для базового та нового варіантів.

$$E_{zo \text{ б}} = 1 \cdot 48 \cdot 2,33 \cdot 220 \cdot 1 \cdot 1 = 24604 \text{ (грн.)},$$

$$E_{zo \text{ н}} = 1 \cdot 48 \cdot 2,33 \cdot 220 \cdot 1 \cdot 0,7 = 17223 \text{ (грн.)}.$$

Додаткова заробітна плата E_{zd} (за професійну та майстерну діяльність) становить 10 % основної заробітної плати. E_{zd} для базового та нового варіантів відповідно становить:

$$E_{zd \text{ б}} = 24604 \cdot 0,10 = 2460 \text{ (грн.)},$$

$$E_{zd \text{ н}} = 17223 \cdot 0,10 = 1722 \text{ (грн.)}.$$

Розрахунок нарахувань на заробітну плату для базового та нового варіантів зведемо в таблицю 7.2.

Таким чином в результаті виконання підстановки у вираз (6.2) маємо:

$$E_{зб} = 24604 + 2460 = 27064 \text{ (грн.)},$$

$$E_{зн} = 17223 + 1722 = 18945 \text{ (грн.)}$$

Таблиця 7.2 – Розрахунок нарахувань на заробітну плату

Показник	Базовий варіант	Новий варіант
Основна заробітна плата, $E_{зо}$, грн.	24604	17223
Додаткова заробітна плата, $E_{зд}$, грн.	2460	1722
ВСЬОГО з нарахуванням, грн.	27064	18945

6.2.3 Розрахунок витрат на силову електроенергію

Витрати на силову електроенергію знаходимо за формулою:

$$E_e = \frac{P}{\eta} \cdot B \cdot \Phi_{\text{еф}} \cdot K_{\text{вм}} \cdot K_z, \quad (6.4)$$

де B – вартість електроенергії. Ціна на універсальні послуги для малих побутових споживачів, електроустановки яких приєднані до електричних мереж згідно з класом напруги та групою електроспоживання (група А чи В), яка включає в себе вартість кВт год електричної енергії та вартості розподілу, з ПДВ складає приблизно 7,5 грн/кВт·год.

P – встановлена потужність приводного двигуна (5,5 кВт);

η – ККД установки;

$\Phi_{\text{еф}}$ – ефективний фонд часу роботи в рік;

$K_{\text{вм}}$ – коефіцієнт ввімкнення (використання за часом);

K_z – коефіцієнт завантаження (використання за потужністю).

Коефіцієнт корисної дії обчислено як добуток ККД двигуна і силового перетворювача. Для базового варіанту ККД складає 0,82, для нового варіанту ККД приймаємо рівним 0,9. Коефіцієнт ввімкнення приймаємо рівним 0,8 в обох

варіантах, а коефіцієнт завантаження для базового варіанту рівний 0,78, а для нового – 0,8.

Ефективний фонд робочого часу для двох варіантів при режимі роботи в 1 зміну протягом 95 % часу за рік становить:

$$\Phi_{\text{еф}} = 250 \text{ днів} \cdot 8 \text{ год.} \cdot 0,95 = 1900 \text{ (год.)}$$

Отже, з виразу (6.4) для базового та нового варіантів маємо:

$$E_{\text{ЕБ}} = \frac{5,5}{0,82} \cdot 7,5 \cdot 1900 \cdot 0,8 \cdot 0,78 = 59641 \text{ (грн./рік)}.$$

$$E_{\text{ЕН}} = \frac{5,5}{0,9} \cdot 7,5 \cdot 1900 \cdot 0,8 \cdot 0,8 = 55733 \text{ (грн./рік)}.$$

6.2.4 Розрахунок витрат на поточний ремонт обладнання

Поточний ремонт електроустаткування здійснюється на місці встановлення з його відключенням і зупинкою силами змінного ремонтного персоналу.

Витрати на проведення ремонтних робіт включають витрати на комплектуючі і запасні частини та інші елементи, які підлягають заміні та витрати на оплату праці персоналу, який проводить ремонтні роботи. Для визначення витрат на оплату праці робітників-ремонтників необхідно розрахувати трудомісткість ремонтних робіт. Трудомісткість ремонтних робіт визначається згідно графіка планово-попереджувальних ремонтів, у якому зазначено тривалість міжремонтних періодів та трудомісткість кожного виду ремонту.

Графік планово-попереджувальних ремонтів для базового та нового варіантів наведено в таблиці 6.3 та 6.4.

Таблиця 7.3 – Графік ремонтів для базового варіанту

Найменування обладнання	Види ремонтів по місяцях												Трудо- місткість, люд-год
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Система керування	8			8			8			8		8	40
АД		5			5			5			8		23
Кабельна мережа	4					4				4		6	18
Апарати ком-ії та захисту		12				12				12			36
Сенсори		4				4				4			12
Загальна трудомісткість													129

Вважаємо, що ремонтні роботи проводить електромонтер п'ятого розряду для базового варіанту та нового (система на базі новітнього обладнання потребує вищої кваліфікації працівника). Із врахуванням того, що нам відома трудомісткість робіт, (6.3) прийме вигляд:

$$E_{zo} = T_1 \cdot K \cdot \Phi_{ef}, \quad (6.5)$$

Таблиця 7.4 – Графік для нового варіанту

Найменування обладнання	Види ремонтів по місяцях												Трудомісткість, люд-год
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Система керування	9			9			9			9		9	45
АД		7			7			7			8		29
Кабельна мережа	4					4				4		6	18
Апарати ком-ії та захисту		13				13				13			39
Сенсори		4				4				4			12
Загальна трудомісткість													143

З попередніх розрахунків відомо, що $T_1 = 48$ грн./год, отже, маємо:

$$E_{zo\text{ б}} = 48 \cdot 2,33 \cdot 129 = 14427 \text{ (грн.)},$$

$$E_{zo\text{ н}} = 48 \cdot 2,33 \cdot 143 = 15993 \text{ (грн.)}.$$

Нарахування на заробітну плату (38 %):

$$E_{\text{зн б}} = 14427 \cdot 0,38 = 5482 \text{ (грн.)},$$

$$E_{\text{зн н}} = 15993 \cdot 0,38 = 6077 \text{ (грн.)}.$$

Всього витрати на заробітну плату для проведення ремонтних робіт становлять:

- для базового варіанту: $14427 + 5482 = 19909 \text{ (грн.)}$,
- для нового варіанту: $15993 + 5482 = 21475 \text{ (грн.)}$.

Витрати на матеріали, комплектуючі та запасні частини для поточного ремонту приймаємо рівними 15 % витрат на основну заробітну плату. Тобто, витрати на матеріали для ремонтів становлять:

- для базового варіанту: $19909 \cdot 0,15 = 2986 \text{ (грн.)}$;
- для нового варіанту: $21475 \cdot 0,15 = 3221 \text{ (грн.)}$.

Всього витрати на поточний ремонт обладнання становлять:

$$E_{\text{пр б}} = 19909 + 2986 = 22895 \text{ (грн.)},$$

$$E_{\text{пр н}} = 21475 + 3221 = 24696 \text{ (грн.)}.$$

6.2.5 Інші витрати

Розмір інших витрат приймаємо рівним 5% від загальної суми попередніх витрат. Тобто:

$$E_{\text{ін б}} = (32770 + 27064 + 59641 + 22895) \cdot 0,05 = 7118 \text{ (грн.)},$$

$$E_{\text{ін н}} = (46116 + 18945 + 55733 + 24696) \cdot 0,05 = 7274 \text{ (грн.)}.$$

Розрахунок загальної суми експлуатаційних витрат за (6.1) наведемо у вигляді таблиці 6.5.

Таблиця 7.5 – Експлуатаційні витрати

Найменування витрат	Базовий варіант	Новий варіант
Амортизаційні відрахування E_a , грн.	32770	46116
Заробітна плата $E_{зп}$ обслуговуючого персоналу, грн.	27064	18945
Витрати на електроенергію E_e , грн.	59641	55733
Витрати на поточний ремонт $E_{пр}$, грн.	22895	24696
Інші витрати $E_{ін}$, грн.	7118	7274
Всього експлуатаційні витрати $З$, грн.	149488	146764

Оскільки ми розраховуємо ефективність нової системи після модернізації, то необхідно порівняти експлуатаційні витрати, використовуючи відносні показники.

Для порівняння експлуатаційних витрат розрахуємо показник відносної економії (зменшення) витрат:

$$\lambda_B = \frac{З_B - З_H}{З_B} \cdot 100\%, \quad (6.6)$$

$$\lambda_B = \frac{149488 - 146764}{149488} \cdot 100\% = 1,82\%$$

З результатів наведених розрахунків робимо висновок, що модернізація системи стрічкового конвеєра є економічно доцільною. При цьому досягається економія річних експлуатаційних витрат у розмірі 1,82 %.

6.3 Визначення терміну окупності нового рішення

При оцінці ефективності використання нового варіанта визначаються і порівнюються також термін окупності додаткових капітальних затрат, рік:

$$T_{ок} = (K_H - K_6) / (З_{еб} - З_{ен}), \quad (6.7)$$

$$T_{ок} = (46116 - 32771) / (149488 - 146764) = 4,5 \text{ (роки)}.$$

Отже, розраховані економічні показники свідчать про цілком виправдану економічну доцільність модернізації системи АПО масла та дуже високу експлуатаційну надійність та ефективність, підвищенню якої присвячені дослідження в даній роботі.

Висновки: Вдосконалення системи автоматизації АПО масла за рахунок дообладнання системи електропривода є економічно доцільним та виправданим. За рахунок модернізації системи електропривода досягається економія річних експлуатаційних витрат у розмірі 1,82 %, що підтверджує правильність виконаних досліджень та економічну доцільність впровадження даного технічного рішення.

7 ОХОРОНА ПРАЦІ

Головним завданням розділу є визначення шкідливих та небезпечних факторів та умов праці, висвітлити питання санітарно-гігієнічного комплексу, створення безпечних умов праці, питання електробезпеки та пожежної безпеки. Ці та інші фактори негативно впливають на організм людини і можуть стати небезпечними. Тому важливо розглянути питання охорони праці, які передбачають заходи щодо виявлення небезпечних та шкідливих факторів, розроблення заходів по їх зниженню, з пожежної безпеки, а також зі створення безпечних та нешкідливих умов праці робітників [15].

Фізичні фактори: мікроклімат (температура, вологість, швидкість руху повітря, інфрачервоне випромінювання); виробничий шум, ультразвук, інфразвук; вібрація (локальна, загальна); освітлення: природне (недостатність), штучне (недостатня освітленість, прямий і відбитий сліпучий відблиск тощо).

Хімічні фактори: речовини хімічного походження, аерозолі фіброгенної дії (пил).

Фактори трудового процесу: важкість (тяжкість) праці; напруженість праці. Важкість праці характеризується рівнем загальних енергозатрат організму або фізичним динамічним навантаженням, масою вантажу, що піднімається і переміщується, загальною кількістю стереотипних робочих рухів, величиною статичного навантаження, робочою позою, переміщенням у просторі. Напруженість праці характеризують: інтелектуальні, сенсорні, емоційні навантаження, ступінь монотонності навантажень, режим роботи.

7.1 Заходи щодо забезпечення безпеки процесів. Токсикологічна, пожежовибухонебезпечна характеристика матеріалів. Контроль вимог безпеки

Природний газ є основною речовиною в технологічному процесі КС, в цілому. Об'єкт будівництва (АПОМ) хоча й є частиною газоперекачувального агрегата, при своїй роботі природний газ не використовує.

Природний газ має небезпечну властивість - здатність до утворення при деякій домішці до повітря вибухонебезпечних сумішей, які вибухають від іскри, вогню та інших джерел теплоти.

Небезпечні властивості природного газу вимагають прийняття мір застережливості, з одного боку, для запобігання задухи і отруєнь працівників, з іншого - для запобігання вибухів та пожеж.

Основні компоненти природного газу - чисті метан, етан, пропан і бутан не отруйні, однак, при нестачі кисню в повітрі спричиняє задуху, а тривале вдихання суміші з 80% метану і 20% кисню спричиняє головну біль. Перші ознаки нездужання проявляються, коли вміст метану в повітрі досягає приблизно 25...30%. Вдихання невеликої кількості вуглеводнів не має помітного впливу на людину. Наприклад, вдихання на протязі 10 хвилин повітря, в якому міститься до 1% пропану, нешкідливе для організму людини.

Токсична дія метану в звичайних умовах обумовлюється головним чином нестачею кисню в повітрі. Накопичення метану в повітрі до 25...30%, що відповідає зниженню кисню в повітрі з 21% до 15.. 16%, супроводжується явними ознаками кисневого голодування: прискорення пульсу, збільшення об'єму дихання, послаблення уваги, порушення координації рухів.

Пароподібні вуглеводні мають наркотичний вплив на організм людини. Перші ознаки отруєння пароподібними вуглеводнями - нездужання і головокружіння; слід за цим настає як би сп'яніння, яке супроводжується сміхом, нерідко галюцинаціями і непритомністю, якщо людину не винести із шкідливої атмосфери.

Заходи і засоби захисту працюючих від впливу природного газу, вимоги до особистої гігієни працюючих регламентуються «Правилами пожежної безпеки в Україні» і «Правилами безпечної експлуатації магістральних газопроводів».

В виробничих приміщеннях КС слід проводити періодично аналізи повітря на вміст вуглеводнів.

7.2 Характеристика виробничих приміщень, розрахунки або обґрунтування категорій вибухопожежної небезпеки, класів ПБЕ

Компоновка генплану площадки КС виконана з урахуванням найбільш раціональної та безпечної технологічної схеми, а також нормативних безпечних відстаней між будівлями та спорудами згідно діючих норм.

Відстань КС від населених пунктів, підприємств, будинків та споруд прийнята з урахуванням забезпечення безпеки.

До КС є можливість під'їзду по автодорозі з площадкою для розвороту пожежних та спеціальних автомобілів.

Компоновка та планівка приміщень КС, а також евакуаційні виходи відповідають вимогам норм вибухо-пожежній безпеці.

Апарат АПО призначений для експлуатації на відкритих майданчиках пожежонебезпечних зон класу П-Ш по ПУЕ.

7.3 Заходи щодо захисту персоналу від травмування, безпечної евакуації працюючих при можливих аваріях і пожежах; визначення енергетичного потенціалу вибухонебезпечних блоків, радіус зон можливих зруйнувань

Найбільш імовірними причинами виникнення небезпечних і шкідливих виробничих факторів на КС являються:

- порушення технологічного режиму роботи КС і заходів безпеки, передбачених інструкціями по обслуговуванню;
- несправність технологічного обладнання, електричного освітлення, а також засобів захисту від статичної електрики і блискавкозахисту;
- застосування для ремонтних робіт інструменту, що дає іскру при ударах;
- проведення ремонтних робіт на території КС із застосуванням відкритого полум'я без чіткого додержання умов безпеки проведення робіт;
- витікання газу з різних причин.

При роботі обладнання КС в нормальному режимі витікання природного газу не допускається.

Однак, при аваріях або грубому порушенні технологічного режиму можливе виділення природного газу в робочій зоні. Причиною загазованості станції можуть бути витікання:

- через нещільності фланцевих з'єднань, зварних стиків, сальникових ущільнень;
- при розбиранні обладнання, арматури і трубопроводів;
- при зруйнуванні обладнання, арматури і трубопроводів;
- при неякісній зборці обладнання під час монтажу або після ремонту;
- розгерметизації обладнання при проведенні газонебезпечних робіт під час ремонту;
- при корозії трубопроводів;
- при помилковому відкритті арматури обслуговуючим персоналом станції (незнання схеми об'єкту, халатність);
- при недотриманні строків планово-попереджувального ремонту.

Основними вражаючими факторами можливих аварій на КС є:

- повітряна ударна хвиля, яка утворюється при миттєвому руйнуванні газопроводу, технологічного обладнання;
- теплове випромінювання від пожежі у випадку займання природного газу;
- асфіксія в результаті тривалого перебування в зоні газової хмари.

При реалізації сценаріїв аварій без запалення газу таким вражаючим фактором як асфіксія практично можна знехтувати, оскільки при активному рятуванні від небезпеки потенційні реципієнти можуть покинути зону загазованості за 20-30 секунд (тобто при цій умові асфіксія малоімовірна).

Згідно статистичних і розрахункових даних, розміри ймовірних зон ураження від термічного впливу пожежі значно більше інших факторів впливу можливих аварій на навколишнє середовище. Тому при розрахунках показників

ризиків звичайно враховується тільки небезпека термічної поразки від пожежі, як найнебезпечнішої й масштабної.

При виникненні аварії в межах «високої» сторони Компресорного цеха КС зона термічного ураження (з імовірністю загибелі людини не менше 1%) може досягати 217 м від місця аварії.

АПОМ (об'єкт будівництва) знаходиться на «низькій» стороні КЦ, де газових колекторів немає.

7.4 Дані з освітлення робочих місць, шуму, вібрації, способів вилучення і нейтралізації відходів з небезпечними властивостями

Дані з освітлення робочих місць не наводяться, тому що АПОМ не потребує окремих робочих місць.

Виробничий травматизм характеризується сукупністю виробничих травм, які мають місце на виробничому об'єкті на протязі певного періоду. Травма виникає внаслідок впливу на людину небезпечного і шкідливого виробничого фактору. При цьому порушується анатомічна цілісність людини або фізіологічних функцій організму.

У відповідності з ГОСТ 12.0.003-74 "Небезпечні і шкідливі виробничі фактори" на об'єкті, що проектується, можливі такі небезпечні і шкідливі фактори:

Фізичні небезпечні і шкідливі виробничі фактори в робочих зонах КС:

- підвищена концентрація шкідливих речовин в повітрі робочої зони;
- підвищений рівень шуму на робочому місці;
- підвищений рівень вібрації;
- підвищена або знижена температура повітря робочої зони;
- підвищена рухомість повітря;
- нестача природного світла;
- недостатня освітленість робочої зони;
- підвищена і знижена температури поверхонь; висока температура

поверхні

- оброблюваних деталей та інструменту;
- рухомі частини виробничого обладнання;
- стружка оброблюваних матеріалів, уламки інструментів;
- гострі кромки на поверхнях інструментів та обладнання;
- підвищена напруга в колі електричному та підвищений рівень статичної електрики;

Хімічні небезпечні і шкідливі виробничі фактори:

- за характером дії на організм людини - загальнотоксичні і подразнюючі;
- за шляхом проникнення в організм людини - проникаючі через органи дихання, шлунково-кишечний тракт, шкіряні покрови і слизові оболонки.

Виробниче обладнання на КС в процесі роботи генерує механічні коливання різної частоти, які мають несприятливу дію на організм працюючих у вигляді шуму і вібрації.

Шум, як сукупність хвильових коливань часток у повітрі, що утворюють звуки, несприятливо діють на людину, заважають його роботі і відпочинку. Тривала дія інтенсивного звуку (вище 80 дБА) на слух людини призводить до його часткової або повної втрати. В залежності від тривалості та інтенсивності впливу шуму виникає більше або менше зниження чутливості органів слуху, яка має вираження в тимчасовому зміщенні порогу чутності, яке зникає після закінчення дії шуму, а при більшій тривалості або інтенсивності шуму мають місце необоротні втрати слуху (тугоухість), які характеризуються постійним змінням порогу чутності. Через волокна слухових нервів подразнення шумом передається в центральну і вегетативну нервові системи, а через них діє на внутрішні органи, призводячи до значних змін в функціональному стані організму, має дію на психічний стан людини, викликає почуття неспокою і роздратування. Чим вищий частотний склад шумів, чим вони інтенсивніші і тривалі, тим швидше і сильніше виявляють несприятливу дію на орган слуху.

Необхідно зазначити, що звукові коливання сприймаються людиною не тільки безпосередньо через орган слуху, також через череп шляхом кісткової

проводимості. Тому засоби захисту тільки органів слуху не дозволяють повністю усувати передачу звукової енергії.

Вібрації - механічні коливальні рухи, джерелами котрої на КС є газопроводи, обладнання і деякі види ручних інструментів. Якщо коливні частини обладнання торкаються тіла працюючого, вібрація виступає в якості професійної шкідливості. Точками її прикладання частіш за все є руки і ноги. Розрізняють вібрацію місцеву, яка прикладається до обмеженої ділянки тіла, їй піддаються працюючі з електричними інструментами ударної і обертальної дії, та загальну, пов'язану з переміщенням тіла у просторі. Зустрічаються також комбіновані форми впливу, тобто поєднання загальної і місцевої вібрацій. Вібрації викликають подразнюючі дії або перешкоди для трудового процесу. На ранніх стадіях впливу вібрацій виявляються функціональні зрушення у вигляді порушень вібраційної чутливості, подразнення вестибулярного аналізатору. Особливо небезпечні частоти - 4...9 Гц - це частота власних коливань органів людини; при 0..4 Гц тіло коливається як єдине ціле, виникає морська хвороба; при 4... 100 Гц порушується діяльність внутрішніх органів і центральної нервової системи, знижується роботоспроможність, увага, пам'ять, координація руху, сон, кров'яний тиск, проявляються нервові і психічні розлади; вище 100 Гц - місцева вібрація затухає в організмі, виникають наведені вище хвороби і порушення рухомості м'язів і суглобів, спазми серця.

Більшість робіт на КС виконується під зоровим контролем (спостерігання за роботою механізмів, апаратів, показання контрольно-вимірювальних приладів і при виконанні виробничих операцій). При цьому орган людини несе ту чи іншу ступінь навантаження і зазнає напруження, що при певних умовах приводить до стомлювання органу зору і загального стомлення організму. Недостатня освітленість діє на ступінь стомленості очей, котра залежить від ступеня напруженості процесів, що супроводжують зорове сприйняття предметів зовнішнього світу. До таких процесів відносяться акомодация, конвергенція і адаптація. Від рівня освітленості залежить гострота зору (здатність ока розрізняти деталі предметів) і сталого бачення.

7.5 Засоби зберігання та транспортування матеріалів з небезпечними та шкідливими властивостями

Вантажно-розвантажувальні і транспортні роботи слід виконувати згідно з вимогами ГОСТ 12.3.002-715, ГОСТ 12.3.009-16, ГОСТ 12.3.020-80, ГОСТ 19433-88, а також інструкцій по безпечній експлуатації вантажопідйомних кранів і нормативно-технічної документації, затвердженої органами державного нагляду.

Вантажно-розвантажувальні роботи при монтажі обладнання і при експлуатації КС слід виконувати механізованим способом за допомогою підйомно-транспортного обладнання і засобів малої механізації. Механізований спосіб вантажно-розвантажувальних робіт є обов'язковим для вантажів масою більш 50 кг, а також при підйомі вантажів на висоту більш 3 м. Підіймати і переміщати вантажі вручну необхідно при дотримуванні норм, установлених діючим законодавством.

Вантаження і вивантаження вантажів, що можуть стати причиною вибуху або пожежі, мають бути механізованими. Транспортування цих вантажів повинно здійснюватися в спеціальних автомобілях.

7.6 Заходи щодо захисту працюючих від зовнішніх та внутрішніх факторів; наявність санітарно-побутових приміщень, медобслуговування

Проектом передбачені всі необхідні технічні рішення та заходи, які забезпечують безпечну експлуатацію АПОМ при дотриманні регламенту експлуатації та всіх вимог безпеки:

- для забезпечення нормальних умов експлуатації передбачені всі необхідні системи автоматичного контролю і захисту, які спрацювують при відхиленні від заданих параметрів;
- контроль і регулювання всіх основних технологічних параметрів проводиться з операторної;

- максимально застосоване автоматизоване обладнання, яке не потребує постійної присутності обслуговуючого персоналу;
- монтаж і ремонт обладнання станції механізований, виконується за допомогою спеціальної підйомної техніки;
- забезпечена доступність до вузлів обладнання при їх обслуговуванні;
- гарячі поверхні обладнання в зонах обслуговування покриті теплоізоляцією.

Компоновка обладнання і місцевих приладів КВП виконана з урахуванням безпечного обслуговування, зручністю ремонтів, монтажу і ревізій.

Трубопроводи для забезпечення проходу під ними прокладені на висоті не менше 22 м в світу. Чисельність обслуговуючого персоналу і час перебування його біля обладнання, яке є джерелом шуму, вібрації і можливого газовиділення, зведені до мінімуму.

До монотонної праці людини відноситься ручна праця, при якій одноманітність багаторазово повторюваних бідних змістом робочих операцій; характеризується такими величинами: кількість елементів в операції 5 і менше, час виконання операції 19 с і менше. Монотонної праці не передбачається.

При виникненні пожежі на КС передбачені (працюють) існуючі системи:

- система сигналізації пожежі;
- дистанційне відключення КС від магістральних газопроводів та одночасне стравлювання газу з технологічного обладнання і трубопроводів КС на свічки.

Усунення причин виникнення аварійних ситуацій і ліквідація аварій повинні проводитися згідно з інструкціями по експлуатації і техніці безпеки, розробленими на підприємстві з урахуванням діючих нормативних документів, а також інструкцій заводів - виробників обладнання.

Санітарно-побутові приміщення на КС розташовані в існуючій будівлі ВЕБ (Виробничо-експлуатаційний блок). В будівлі ВЕБ знаходиться аптечка, для надання первинної медичної допомоги.

7.7 Загальні вимоги безпеки

Перед початком робіт в охоронній зоні всім робочим бригадам видається наряд-допуск, в якому повинні бути зазначені заходи, що забезпечують безпеку виконання робіт. Крім того цей наряд-допуск видається також усім машиністам, водіям машин і механізмів, що задіяні в виконанні робіт в охоронній зоні.

Весь персонал, зайнятий на роботах в охоронній зоні, повинен пройти додаткове навчання з безпечних методів роботи, перевірку знань з ТБ. Персонал, що не пройшов навчання, інструктаж і перевірку знань з техніки безпеки, до роботи в охоронній зоні не допускається.

Всі робітники повинні вивчити та суворо дотримуватися інструкції з техніки безпеки.

При виконанні будівельно-монтажних робіт, з урахуванням загазованості території і необхідності дотримання особливого протипожежного режиму, питанню організації спеціальної протипожежної служби і ретельного дотримання найсуворіших мір пожежної безпеки повинна бути приділена особлива увага з боку керівництва будівельної організації.

Основні заходи, що забезпечують безпечне ведення робіт:

- початку будівництва розробити і затвердити погоджені з керівником службами, заходи щодо безпечного ведення робіт;
- працівники будівельної фірми повинні пройти пожежно-технічний мінімум та мати посвідчення, а керівний персонал - навчання з питань пожежної безпеки;
- ознайомити персонал будівництва з діючими інструкціями з пожежної безпеки під підпис;
- організувати постійну перевірку загазованості повітря у місцях проведення робіт;
- вогневі роботи виконувати у відповідності до СОУ 49.5-30019801-101-2012 «Вогневі роботи. Інструкція.»;

- зосередити виконання вогневих (зварювальних) робіт на спеціально відведених площадках;
- в усіх випадках виявлення загазованості місць робіт, негайно припиняти роботи і повідомляти керівнику будівництва, та службам;
- будівельна бригада повинна мати причіпну (пересувну) установку пожежогасіння типу УППП-250;
- організувати стаціонарні протипожежні пости, обладнані засобами пожежогасіння (щит, інвентарний ящик з піском, бочку з водою понад 200 літрів), вогнегасники 2 шт. (ВВК-7- 1 шт., ВП-10 -- 1 шт.);
- механізми ї зварювальне устаткування з двигунами внутрішнього згорання мають бути з іскрогасниками сертифікованими в Україні;
- заборонити паління на місці робіт поза спеціально відведеними місцями;
- території будівництва повинні бути встановлені покажчики проходів і проїздів;
- небезпечні зони відгородити й обмежити попереджувальними сигналами, видимими в денний час і нічний час.

Місця, де проводяться вогневі роботи, забезпечити надійним телефонним зв'язком чи радіозв'язком з черговим диспетчером, а також зі всіма пунктами, де організовані пости для обслуговування відключаючої арматури чи спостереження за тиском газу.

Вогневі роботи виконувати у відповідності до СОУ 49.5-30019801-101-2012 «Вогневі роботи, Інструкція.»,

З метою охорони природи і навколишнього середовища при проведенні робіт необхідно виконати наступні вимоги:

- суворо дотримуватись границь територій, відведених під будівництво об'єктів;
- заборонити проїзд транспорту поза постійними і передбаченими тимчасовими дорогами;

- оснастити робочі місця і будівельний майданчик інвентарними контейнерами для побутових і будівельних відходів;
- заборонити злив паливно-мастильних матеріалів поза спеціально відведених для цього і відповідно обладнаних місць;
- використовувати тільки спеціальні установки для обігріву приміщень, підігріву води, матеріалів і ін.

Даним переліком не вичерпується весь комплекс необхідних мір, що підлягають виконанню при проведенні робіт.

7.8 Заходи безпеки під час проведення вогневих робіт

Вогневі роботи, пов'язані з капітальним ремонтом об'єктів на КС, необхідно виконати відповідно до вимог чинної Інструкції з безпечного виконання газонебезпечних робіт на об'єктах ПАТ "УКРТРАНСГАЗ", СОУ 49.5-3001 19801-101:2012, НПАОП 60.3-1.01-10.

До виконання вогневих робіт допускають особи у віці не молодше 18 років, які пройшли навчання і склали екзамени, не мають медичних протипоказань до роботи, яку вони виконують, володіють навиками застосування відповідних засобів індивідуального і колективного захисту та надання потерпілому долікарняної допомоги.

В'їзд на територію КС автотранспорту без іскрогасника і пристрою для зняття статичної електрики заборонено. На території КС заборонено зберігати, ремонтувати, проводити технічне обслуговування транспортних засобів.

Зони вогневих робіт необхідно підготувати для безпечного і зручного їх виконання, а саме відгородити тимчасовою огорожею згідно з рекомендаціями проекту організації будівництва і позначити відповідними попереджувальними знаками безпеки та плакатами. На місці вогневих робіт організувати вільні підходи і під'їзди до місця роботи, вилучити предмети, що заважають, вибухонебезпечні і шкідливі речовини. Для недопущення проникнення в зону вогневих робіт сторонніх осіб, транспортних засобів, а також тварин слід виставити охоронні пости, позначити їх засобами попередження про небезпеку.

Місце проведення вогневих робіт має бути очищене від горючих речовин та матеріалів.

Горючі будівельні конструкції оздоблені ізоляція чи технологічне обладнання мають бути захищені негорючим теплоізоляційним матеріалом або металевими екранами. Технологічне обладнання на якому передбачається проведення ремонтних робіт повинно бути приведене в пожежовибухобезпечний стан відключене від електричних мереж інших комунікацій; звільнене від надмірного тиску; безпечним методом видалені пожежовибухонебезпечні речовини прошпарені і промиті тощо.

Під час проведення вогневих робіт транспортні і протипожежні засоби, спеціальне обладнання, механізми, засоби радіозв'язку і матеріали необхідно розташувати з навітряної сторони з можливістю їхнього швидкого пересування і маневрування одночасно та роздільно.

Незадіяні в технологічному процесі зварювання: зварювальний апарат, допоміжні пристрої і механізми повинні бути на відстані не ближче як 20 м від місця вогневих робіт.

До початку будівництва на будівельному майданчику мають бути знесені всі будівлі та споруди розташовані в протипожежних розривах. В разі збереження існуючих будівель споруд повинні бути опрацьовані відповідні протипожежні заходи щодо забезпечення їх пожежної безпеки. Споруджувані будівлі тимчасові споруди підсобні приміщення а також будівельні майданчики повинні бути забезпечені первинними засобами пожежогасіння відповідно рекомендацій. На кожній тимчасовій мобільній будівлі та споруді повинні бути вивішені таблички із зазначенням її призначення інвентарного номера прізвища особи відповідальної за її експлуатацію та протипожежний стан і номер виклику пожежної частини. Розриви між штабелями горючих будівельних матеріалів які повинні бути площею не більше 100 кв м та відстань від них до будівель споруд що будуються та підсобних і тимчасових споруд слід приймати не менше 24 м,

Горючі будівельні відходи обрізки лісоматеріалу, тріски, кора, стружка, опилки та ін. необхідно щодня прибирати з території будівництва у спеціально відведені місця.

На об'єктах ЗАБОРОНЯЄТЬСЯ:

- приступати до роботи при несправності апаратури або простроченим терміном її випробування; - допускати виконання робіт особами які не пройшли у встановленому порядку спеціального навчання і не мають кваліфікаційних посвідчень;
- проводити зварювання різання або паяння свіжопофарбованих конструкцій та виробів до повного висихання фарби;
- при виконанні робіт користуватися одягом та рукавицями зі слідами масел та жирів бензину гасу й інших горючих речовин; - зберігати у зварювальних кабінах одяг ГР та матеріали й предмети;
- допускати стикання електричних проводів з балонами зі стисненим зрідженим чи розчиненим газом;
- виконувати роботи на апаратах і комунікаціях заповнених горючими та токсичними матеріалами а також на тих що перебувають під тиском або під електричною напругою;
- проводити вогневі роботи на будівельних елементах виготовлених із легких металевих конструкцій з горючим і важкогорючим утеплювачем.

Після закінчення вогневих робіт виконавець зобов'язаний ретельно оглянути місце їх проведення, усунути можливі причини виникнення пожежі. Посадова особа, відповідальна за пожежну безпеку, де проводились вогневі роботи, повинна забезпечити перевірку місця проведення цих робіт упродовж двох годин після їх закінчення. Про приведення місця вогневих робіт у пожежонебезпечний стан виконавець та відповідальна за пожежну безпеку посадова особа роблять відповідні позначки у наряді-допуску.

Кожен працівник при виявленні пожежі, ознак горіння, задимлення, запаху гарі, підвищення температури тощо повинен негайно повідомити про це в пожежно-рятувальний о підрозділ ДСНС. Керівники та, посадові особи

структурних підрозділів, в установленому порядку призначені відповідальними за забезпечення пожежної безпеки, після прибуття до місця пожежі повинні:

- перевірити, чи викликана оперативно-рятувальна служба цивільного захисту (продублювати повідомлення), довести подію до відома власника підприємства;
- у разі загрози життю людей негайно організувати їх рятування, використовуючи для цього наявні сили і засоби;
- перевірити включення в роботу автоматичних систем протипожежного захисту (оповіщення людей про пожежу, пожежогасіння, протидимного захисту);
- при необхідності відключити електроенергію (за винятком систем протипожежного захисту), зупинити роботу транспортувальних пристроїв, агрегатів, апаратів, перекрити сировинні, газові, парові і водяні комунікації, зупинити роботу систем вентиляції в аварійному та суміжному з ним приміщеннях, виконати інші заходи, що сприяють запобіганню розвитку пожежі та задимлення приміщень будівлі;
- припинити всі роботи в будівлі (якщо це допустимо за технологічним процесом виробництва), крім робіт, пов'язаних із заходами щодо ліквідації пожежі;
- видалити за межі небезпечної зони всіх працівників, які не беруть участі у ліквідуванні пожежі;
- здійснити загальне керівництво з гасіння пожежі (з урахуванням специфічних особливостей об'єкта) до прибуття пожежно-рятувальних підрозділів;
- забезпечити дотримання вимог безпеки працівниками, які беруть участь у гасінні пожежі;
- одночасно з гасінням пожежі організувати евакуацію і захист матеріальних цінностей;
- організувати зустріч підрозділів пожежно-рятувальних частин і надати допомогу у виборі найкоротшого шляху для під'їзду до осередку пожежі;

— повідомляти пожежно-рятувальним підрозділам, що залучаються для гасіння пожеж та проведення пов'язаних з ними першочергових аварійно-рятувальних робіт, відомості, що переробляються або зберігаються на об'єкті небезпечних (вибухонебезпечних), вибухових, сильнодіючих отруйних речовинах, необхідні для забезпечення безпеки особового складу. Після прибуття пожежно-рятувальних підрозділів керівник організації (або особа, яка його заміщає) інформує керівника гасіння пожежі про конструктивні і технологічні особливості об'єкта, прилеглих будівель і споруд, кількості і пожежонебезпечних властивостях речовин які зберігаються і застосовуються, матеріалів, виробів та інших відомостях, необхідних для успішної ліквідації пожежі, а також організовує залучення сил і засобів об'єкта до здійснення необхідних заходів, пов'язаних із ліквідацією пожежі та попередженням його розвитку.

ВИСНОВКИ

У магістерській кваліфікаційній роботі досягнуто поставленої мети — підвищення енергоефективності та надійності роботи маслосистем газоперекачувальних агрегатів шляхом модернізації апаратів повітряного охолодження масла.

У процесі виконання роботи здійснено детальний аналіз існуючих конструкцій і режимів роботи апаратів повітряного охолодження масла. Це дозволило виявити ключові недоліки застарілих систем, серед яких нерегульовані режими роботи вентиляторів, підвищена енергоємність та низька надійність. Також визначено основні чинники, що обмежують ефективність роботи застарілих конструкцій, зокрема відсутність автоматизованого управління та застарілі виконавчі механізми.

На основі отриманих результатів запропоновано варіанти модернізації системи охолодження масла із впровадженням частотно-регульованих електроприводів для вентиляторів. Це забезпечує плавне регулювання швидкості обертання та оптимізацію тепловіддачі. Додатково проведено проектування конструктивних змін у вузлах АПО, а також виконано вибір необхідних елементів системи автоматизації.

У рамках роботи розроблено математичну модель і виконано моделювання роботи модернізованої системи. Результати дослідження свідчать про доцільність запропонованої модернізації, яка дозволяє суттєво зменшити енергоспоживання установки, підвищити її надійність і забезпечити стабільне підтримання заданої температури масла в процесі експлуатації.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. План розвитку газотранспортної системи до 2029 року. URL: <https://tsoua.com/gts-infrastruktura/rozvytok-gts/10-richnyi-planrozvytku/>.
2. Компресорні станції магістральних газопроводів: методичні рекомендації до виконання курсового проекту / уклад.: М. П. Андріїшин, К. І. Капітанчук, В. В. Козлов. – К.: НАУ, 2018. 60 с.
3. Інноваційне теплообмінне обладнання [Текст]: монографія / І. О. Мікульонук. Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2023. – 140 с.: іл. – Бібліогр.: с. 130–137.
4. Засоби автоматизації технологічних процесів URL: http://www.microl.ua/index.php?page=shop.product_details&flypage=garden_flypage.tpl&product_id=471&category_id=44&option=com_virtuemart&Itemid=71&lang=
5. Продукція SIEMENS URL: <https://www.siemens.com/ua/uk/produkty/tekhnohiiypryvodiv/sinamics/>
6. Паламар М.І., Пастернак Ю.В., Стрембіцький М.О. Методи і засоби спряження температурних сенсорів у мікропроцесорних вимірювальних комплексах. Конспект лекцій для студентів спеціальностей 8.05100306 – «Інформаційні технології в приладобудуванні» та 8.05100302 – «Прилади і системи точної механіки». – Тернопіль: ТНТУ, 2015. – 73 с.
7. Вибір сенсорів температури URL: <https://www.koda.ua/ukr/products/desc.html?id=1169>
8. Горбійчук, М. І. Математична модель газоперекачувального агрегату як елемента системи автоматичного керування процесом компримування природного газу / М. І. Горбійчук, М. І. Когутяк, О. Б. Василенко // Науковий вісник Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу. - 2009. - № 4. - С. 128-134.
9. МАТЕМАТИЧНИЙ ОПИС АСИНХРОННОГО ДВИГУНА ЯК УЗАГАЛЬНЕНОЇ ЕЛЕКТРИЧНОЇ МАШИНИ У ДВОФАЗНІЙ СИСТЕМІ КООРДИНАТ, Шеремет О. І., Пристінський М. С.

10. Tabor D. The mechanism of rolling friction: the elastic range // Proc. Rou. Ser A. -1955. -Vol. 229, -P. 198-211
11. Дубровська, В.В. Термодинаміка та теплообмін: навч. посіб. / В.В. Дубровська, В.І. Шкляр – К.: НТУУ «КПІ», Вид-во «Політехніка», 2016. – 152 с.
12. Бакалін Ю.І. Енергозбереження та енергетичний менеджмент: Навчальний посібник – Харків: ХІУ, 2002.
13. Ринки реального сектора економіки України в інституціональному середовищі СОТ: кон'юнктура та інтеграція / за ред. В.О. Точиліна; НАН України, Ін-т екон. та прогнозув. – К., 2012. – 552с.
14. ПІДХОДИ ДО ОБЛІКУ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ВИТРАТ ПІДПРИЄМСТВ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ Кірдіна, О.Г., д.е.н., професор, Коловойда Н.В., магістр, Шамрай А.Є., магістр (УкрДУЗТ)
15. Бондаренко, Є. А. Б81 Охорона праці в електроенергетиці: електронний навчальний посібник комбінованого (локального та мережного) використання [Електронний ресурс] / Бондаренко Є. А. – Вінниця: ВНТУ, 2022. – 138 с.

Додаток А

Міністерство освіти і науки України
Вінницький національний технічний університет
Факультет електроенергетики та електромеханіки

ЗАТВЕРДЖУЮ

Зав. кафедри КЕМСК

к.т.н., доц.

 Микола МОШНОРИЗ
« 10 » 09 2024 р.

ТЕХНІЧНЕ ЗАВДАННЯ

на магістерську кваліфікаційну роботу

Автоматизована система керування апаратом повітряного
охолодження маслосистеми в складі газоперекачувального агрегату

08-24.МКР.011.00.000 ТЗ

Керівник роботи

к.т.н., доц.

 Дмитро ПРОЦЕНКО
« 10 » 09 2024 р.

Виконав: ст. гр. ЕПА-23м

 Денис ПРОХОРЧУК

« 10 » 09 2024 р.

Вінниця ВНТУ 2024

1 Загальні відомості

Повне найменування розробки «Автоматизована система керування апаратом повітряного охолодження маслосистеми в складі газоперекачувального агрегату».

Скорочене найменування розробки – «Автоматизована система АПО масла».

Замовник – Кафедра комп'ютеризованих електромеханічних систем і комплексів.

2 Підстави для розробки

Індивідуальне завдання та наказ ректора Вінницького національного технічного університету про затвердження тем магістерських кваліфікаційних робіт.

3 Призначення розробки і галузь використання

Автоматизована система АПО масла призначена для підтримання температури масла в діапазоні, що визначаються характеристиками газоперекачувального агрегату. Галузь використання – газова промисловість.

4 Вимоги до розробки

Головною вимогою розробки є підтримання температури масла в діапазоні $+30^{\circ}\text{C} \dots +45^{\circ}\text{C}$. Передбачити наявність ручного та автоматичного перемикачів для обслуговуючого персоналу.

5 Комплектація розробки

Система складається з установки охолодження, асинхронними електроприводом осьових вентиляторів, силовий щит, щит управління.

6 Джерела розробки

1. Засоби автоматизації технологічних процесів URL: http://www.microl.ua/index.php?page=shop.product_details&flypage=garden_flypage.tpl&product_id=471&category_id=44&option=com_virtuemart&Itemid=71&lang=

2. План розвитку газотранспортної системи до 2029 року. URL: <https://tsoua.com/gts-infrastruktura/rozvytok-gts/10-richnyi-planrozvytku/>.

7 Технічні характеристики

Використовується асинхронний двигун АИР132М8, напруга живлення 220/380 В, потужність 5,5 кВт, частота обертання 750 об/хв, габарити 510x270x345 мм, вага 90,2 кг. Вентилятор SD400100А, частота 50-60 Гц, напруга живлення 230 В, потужність 0,18 кВт, вага 42 кг.

8 Етапи виконання

Основна частина	
Графічна частина	

9 Елементна база

Двигун, апаратура керування і захисту, провідники, кабелі і т. ін. виробництва України чи країн близького зарубіжжя.

10 Конструктивне виконання

Електропривод виготовляється окремими блоками, котрі реалізуються у відповідності до вимог електробезпеки у пило-вологозахищеному виконанні.

11 Показники технологічності

Система автоматичного керування (САК) виконується на сучасній елементній базі.

12 Технічне обслуговування і ремонт

Технічне обслуговування здійснюється слюсарями-електромонтажниками відповідної кваліфікації та відповідний контингент фахівців, які займаються

програмуванням робота. Технічний огляд механізму здійснюється мінімум один раз на 3 місяці. Ремонт здійснюється інженерами-електромеханіками та техніками-електромеханіками, фахівцями з електромеханічних систем автоматизації та електропривода.

13 Живлення електропривода

Живлення електропривода повинно бути виконано напругою 380 В від силової мережі підприємства.

14 Порядок контролю та прийняття

Виконання етапів графічної та розрахункової документації магістерської кваліфікаційної роботи контролюється керівником згідно з графіком виконання роботи. Прийняття роботи здійснюється комісією затвердженою зав. кафедрою згідно з графіком захисту.

Додаток Б
(Обов'язковий)

ІЛЮСТРАТИВНА ЧАСТИНА

«Автоматизована система керування апаратом повітряного
охолодження маслосистеми в складі газоперекачувального агрегату»

Актуальність теми

Газова промисловість – це частина паливної галузі, яка займається видобутком природного та попутного (нафтового) газу, виробництвом зрідженого газу, а також штучних горючих газів із твердого й рідкого палива. Вона охоплює зберігання та транспортування газу трубопроводами для забезпечення потреб населення й промисловості. Природний газ відіграє важливу роль у багатьох секторах економіки.

Основою ГТС є магістральні газопроводи, надійність і безперебійна робота яких гарантують постачання газу споживачам. Протяжність газопроводів становить близько 36 тис. км, із них 23 тис. км – магістральні, а 13 тис. км – відгалуження. Крім того, в Україні працює понад 1380 газорозподільних станцій.

Важливою частиною ГПА є масло-система, яка відповідає за змащення, охолодження та стабільну роботу компресора і привідного агрегата в широкому діапазоні режимів. Проблеми масло-системи спричиняють понад 40% відмов у роботі ГПА, що пов'язано із застарілими конструктивними та режимними характеристиками. Більшість апаратів повітряного охолодження масла (АПО масла) розроблені 20-25 років тому, вони морально застаріли, а вентилятори оснащені нерегульованим приводом. Це негативно впливає на економічність, ресурс і технологічні можливості охолоджувальних систем.

Мета, об'єкт та предмет дослідження

Метою магістерської кваліфікаційної роботи є підвищення енергоефективності, надійності та ресурсів роботи маслосистем газоперекачувальних агрегатів шляхом розробки та впровадження сучасних частотно-регульованих електроприводів для вентиляторів апаратів повітряного охолодження масла.

Об'єктом дослідження є маслосистема газоперекачувальних агрегатів, зокрема апарати повітряного охолодження масла (АПО масла), які використовуються в компресорних станціях нафтогазотранспортної системи України.

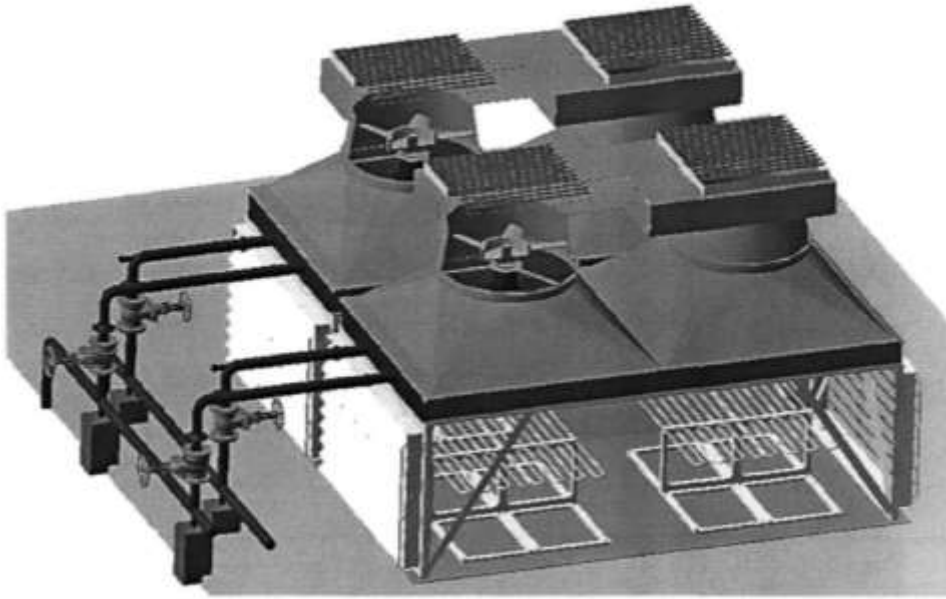
Предметом дослідження є методи та засоби підвищення ефективності охолодження масла в маслосистемах газоперекачувальних агрегатів шляхом модернізації апаратів повітряного охолодження масла із застосуванням частотно-регульованих електроприводів (ЧРЕП).

Задачі дослідження

У процесі реалізації мети магістерської кваліфікаційної роботи необхідно виконати такі **завдання**:

- провести аналіз існуючих конструкцій і режимів роботи апаратів повітряного охолодження масла (АПО масла) у складі маслосистем газоперекачувальних агрегатів;
- дослідити недоліки застарілих конструкцій та визначити чинники, що обмежують їх енергоефективність, надійність і експлуатаційний ресурс;
- запропонувати модернізацію системи охолодження масла з використанням частотно-регульованих електроприводів (ЧРЕП) для вентиляторів, що забезпечує плавне регулювання режимів роботи;
- виконати проектування конструктивних змін у вузлах АПО, а також вибір елементів, моделювання.

Опис базового варіанту АПО масла



Загальний вид двосекційного АПО масла



Функціональна схема системи керування установкою АПО масла

Характеристики АПО 210.8.6,5к-ПМ2



Зовнішній вигляд АПО 210.8.6,5к-ПМ2

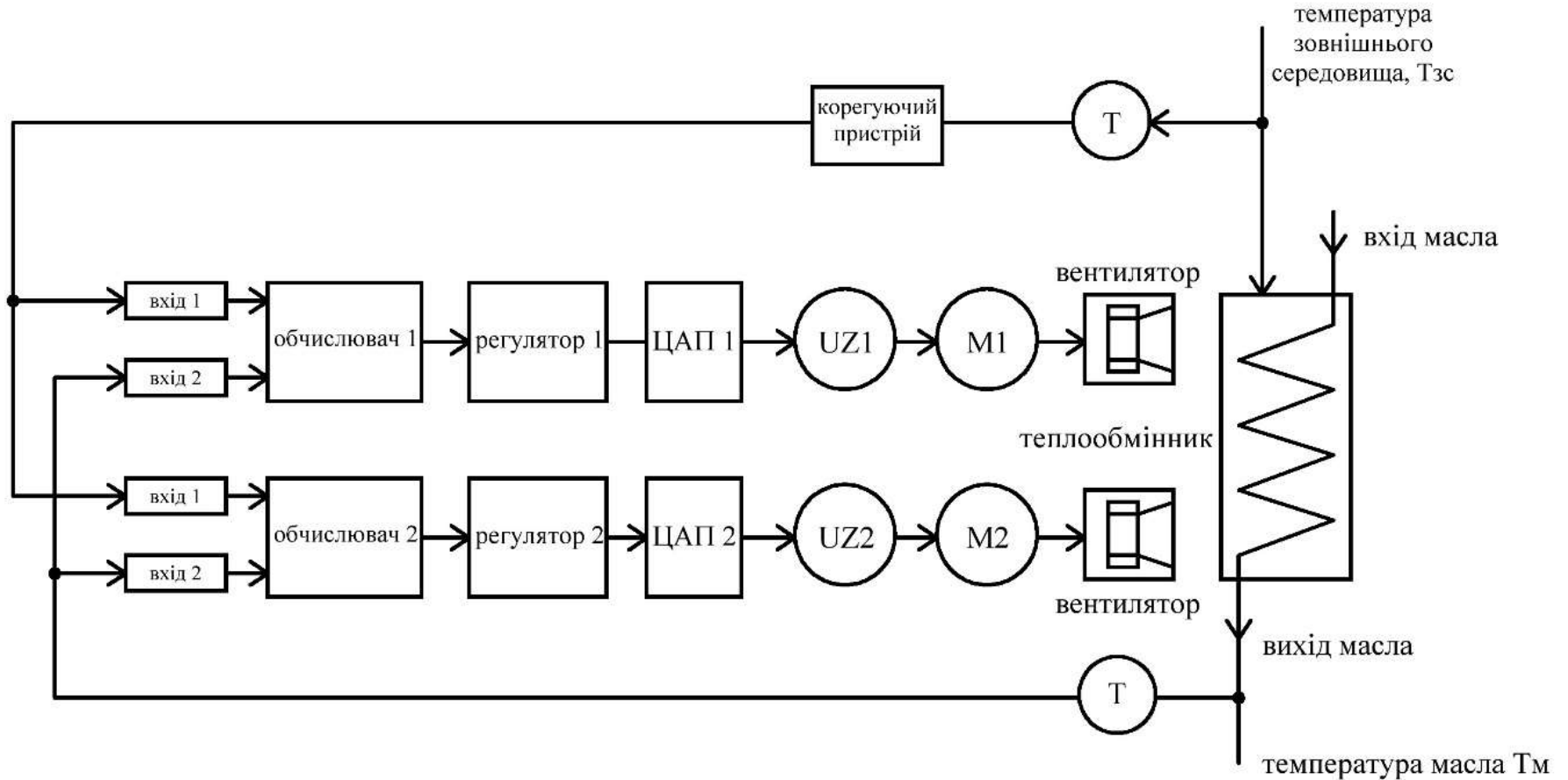
Найменування	Позначення	Кількість
1 Корпус	ХА234.01.00.000	1
2 Трубопровід вхідний	ХА147У.02.00.000	1
3 Трубопровід вхідний	ЦВНИ.325739.022	1
4 Теплообмінна секція	ХТ389.00.00.000	3
5 Трубопровід вихідний	ХА142У.04.00.000	1
6 Трубопровід вихідний	ХА142У.05.00.000	1
8 Електрокалорифер	ХА177.05.00.000	1
	ХА177.05.00.000-01	1
10 Клапан повітряний (жалюзі)	ХА95.14.00.000	3
11 Клапан пелосковий	ХАКВ03.00.00.000	4
12 Фільтр повітряний боковий*	ЦВНИ.061415.011	2
13 Фільтр боковий центральний*	ЦВНИ.061415.010	2
14 Вентилятор осьовий ZN063-ZIL.GL.V7P3	-	4
15 Вбудована апаратура управління ЦУ 344.2-1кМ2	ХЕ105.00.00.001	1

* За додатковим замовленням споживача

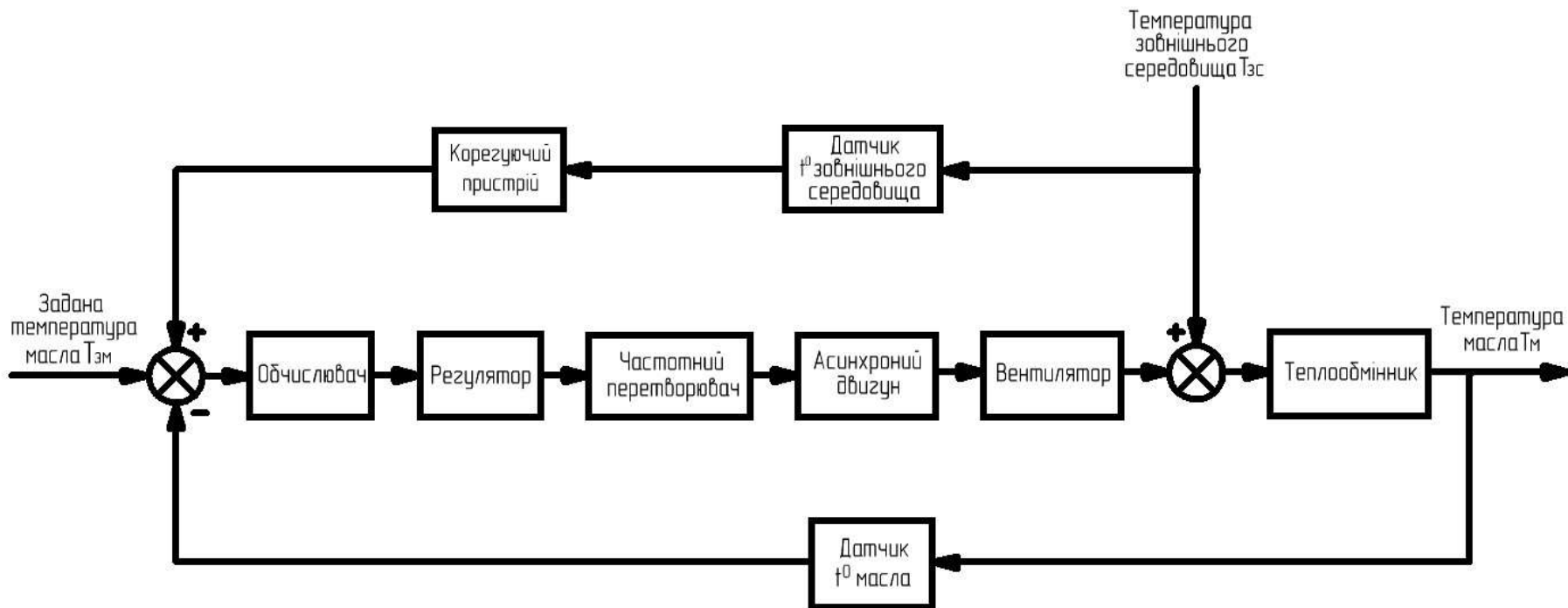
** На розсуд виробника можливе встановлення іншого осьового вентилятора, що не погіршує теплові характеристики апарату

№ п/п	Найменування показника	Значення
1	Охолоджуване середовище	Мінеральні і синтетичні оливи з кінематичною в'язкістю не більше 30 сСт при 50 °С
2	Охолоджуюче середовище	Атмосферне повітря з температурою від мінус 60 до плюс 40 °С
3	Продуктивність охолодження*, кВт	290*
4	Діапазон регулювання (задання) температури оливи на виході апарату, °С	від +45 до +120
5	Втрати тиску оливи в робочому діапазоні температур, МПа, не більше	0,1
6	Умовний (номінальний) тиск, МПа	1,0
7	Температура оливи на вході, не більше, °С	150
8	Ємність оливосистеми, л	242
9	Кількість вентиляторів, шт. Характеристика вентилятора: - тип - позначення - номінальна частота обертання, об/хв - потужність споживання, кВт	4 осьовий ZN063-ZIL.GL.V7P3 1600 3,7
10	Пристрій розігріву оливосистеми - кількість - тип електронагрівача - кількість електронагрівачів в одному пристрої - тип вентилятора - позначення вентилятора - кількість вентиляторів в одному пристрої	2 ТЕН-39В13/1,0К220 12 осьовий S2E250-AM06-01 1
11	Пристрій рециркуляції охолоджуючого повітря: - кількість - тип	2 примусова
12	Напруга мережі живлення, В	380 ^{±10} **
13	Частота мережі живлення, Гц	50±1**
14	Число фаз	3

Функціональна схема системи керування



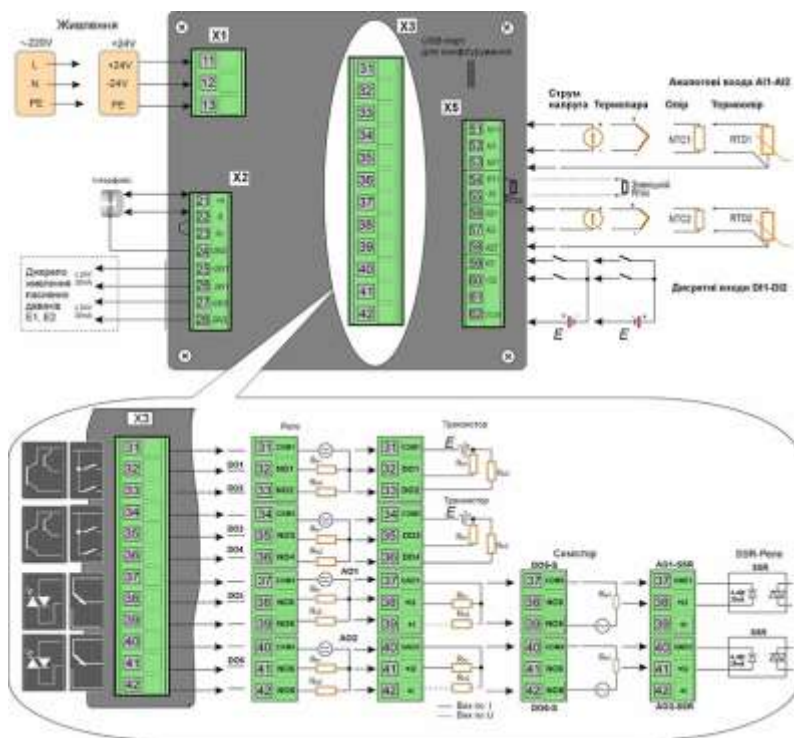
Структурна схема контуру регулювання



Вибір регулятора



Лицьова панель приладу MIK-322K7



Функціональна схема приладу MIK-322K7

Основні технічні характеристики приладу MIK-322K7

Напруга живлення	90...245В частотой 47...63 Гц
Кількість універсальних входів	8
Типи датчиків та сигналів що підключаються	Термоопір TCM/ТСР 50, 100Ом, Pt100 термопари ТХК(Л), ТЖК(Л), ТНН(Н), ТХА(К), ТПП(С), ТПП(Р), ТВР(А-1) струм 0...5 мА, 0(4)...20 мА напруга 0...50 мВ, 0...1 В
Вхідний опір при підключенні джерела сигналу 1. струму 2. напруги	100 Ом $\pm$ 0,1% (при підключенні зовнішнього резистора) Не менше 100 кОм
Межа допустимої похибки вимірювання вхідного параметра 1. при використанні термопари	$\pm$ 0,25 % $\pm$ 0,5 %
Час опитування одного входу	Не більше 1с
Напруга живлення активних датчиків	20...28 В постійної напруги
Максимально допустимий струм	150 мА
Тип інтерфейсу зв'язку	RS – 485
Швидкість передачі даних	2.4; 4.8; 9.6; 14.4; 19.6; 28.8; 38.4; 57.6; 115.2 кбіт/с
Тип та електричні характеристики вихідних пристроїв	Р – е/м реле 4 А 220 В К – Транзисторна оптопара п-р-п типу 400 мА 60 В С – симісторна оптопара 50 мА 300 В (до 0,5 А в імпульс. режимі 50 Гц 5 мс) Т – вихід для управління зовнішнім твердотілим реле 4...6 В 50 мА И – ЦАП 4...20 мА У – ЦАП 0...10 В
Тип та розміри корпусу	Щитовий Щ 4, 96х96х145мм

Вибір частотного перетворювача

Технічні характеристики частотного перетворювача «Siemens SINAMICS V20»



Частотний перетворювач Siemens
SIMACS V20

Потужність навантаження кВт.	7,5
Живлення від мережі напруга В	від 380 - 10% до 480 + 10% або 480 В $\pm$ 5% трифазне
Частота Гц	(50 $\pm$ 5)% або (60 $\pm$ 5)%
Аналогові входи AI	Аналоговий вхід по напрузі AI 1: 0-10 В, повний опір 30 кОм 1 аналоговий вхід по струму AI2: 0-20 мА, повний опір 100 Ом (Перепризначуваних на X-Y мА з програмуванням X і Y з точністю 0,1 мА) Дозвіл по частоті при аналоговому завданні: 0,1 Гц для 100 Гц (10 біт) Точність $\pm$ 1%, лінійність $\pm$ 0,5% максимальної вихідної частоти Час вибірки: γ 4 мс
Аналоговий вихід AO	Призначуваний аналоговий вихід 0-20 мА, максимальний опір навантаження 500 Ом (перепризначуваних на X-Y мА з програмуванням X і Y від 0 до 20 з точністю 0,1 мА) Дозвіл 0,04 мА (9 біт), лінійність $\pm$ 0,1 мА, точність $\pm$ 0,2 мА Час вибірки: γ 2 мс
Захист двигуна	Вбудована в перетворювач, тепловий захист за допомогою постійного розрахунку I _{2t} з урахуванням швидкості: Збереження теплового стану двигуна при відключенні живлення ПЧ; Змінна функція за допомогою діалогових засобів PowerSuite Залежно від типу охолодження двигуна (примусове або природне)

Вибір сенсорів температури



Сенсор ATF1-PT1000

Характеристика сенсора ATF1-PT1000

Робочий діапазон вимірюваних температур	-50 ... +90 ° C
Похибка	$(0,3+0,005 t)$ °C
Тип сенсора	Pt1000
Схема з'єднання внутрішніх провідників	G¼, G½, NPT½
Ступінь захисту датчика по ГОСТ 14254	IP65

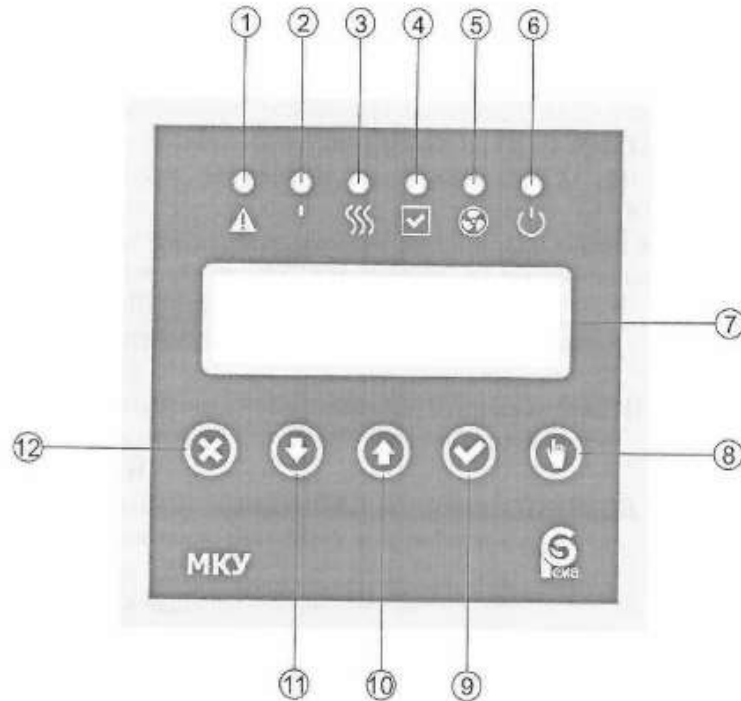
Характеристика сенсора TR30

Робочий діапазон вимірюваних температур	-50 ... +250 ° C
Похибка	$(0,3+0,005 t)$ °C
Тип сенсора	Pt1000
Схема з'єднання внутрішніх провідників	G¼, G½, NPT½
Ступінь захисту датчика по ГОСТ 14254	IP65



Сенсор TR30

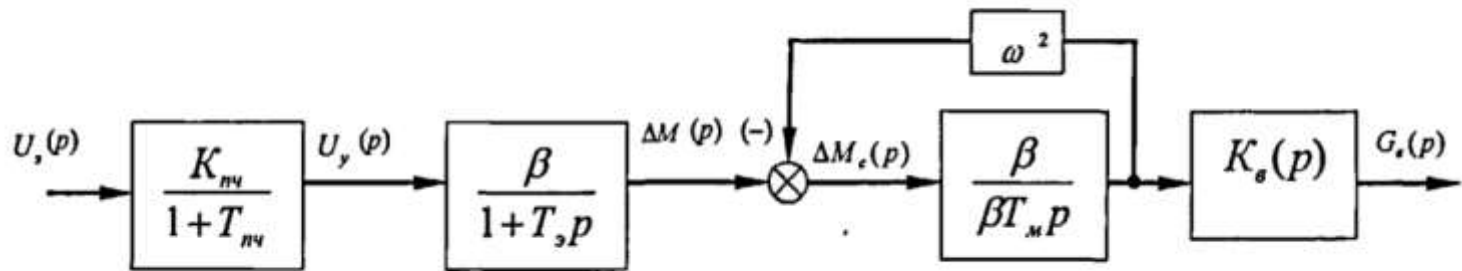
Вигляд МКУ



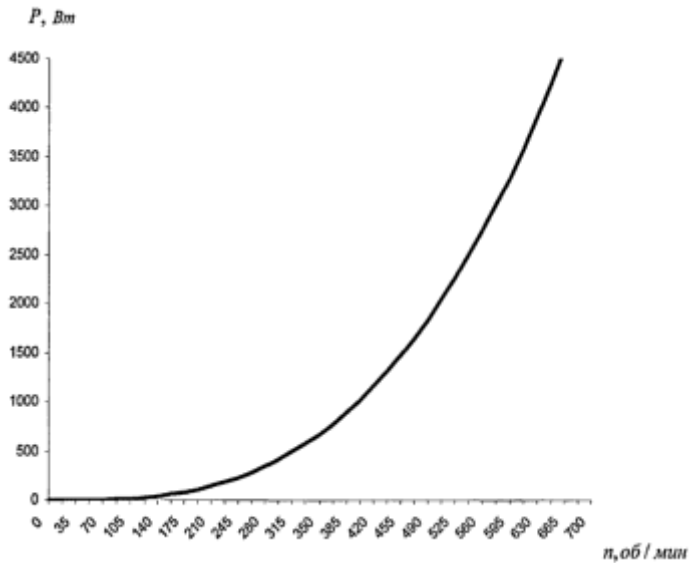
- 1 – Індикатор «Несправність»
- 2 - Індикатор «Тмакс»
- 3 – Індикатор «Нагрівання»
- 4 – Індикатор «Норма»
- 5 – Індикатор «Охолодження»
- 6 – Індикатор «Готовність»

- 7 – Цифровий дисплей 2x16 символів
- 8 – Кнопка «Ручне управління»
- 9 – Кнопка «Редагувати/Зберегти»
- 10 – Кнопка «Збільшити значення»
- 11 – Кнопка «Зменшити значення»
- 12 – Кнопка «Відміни змін»

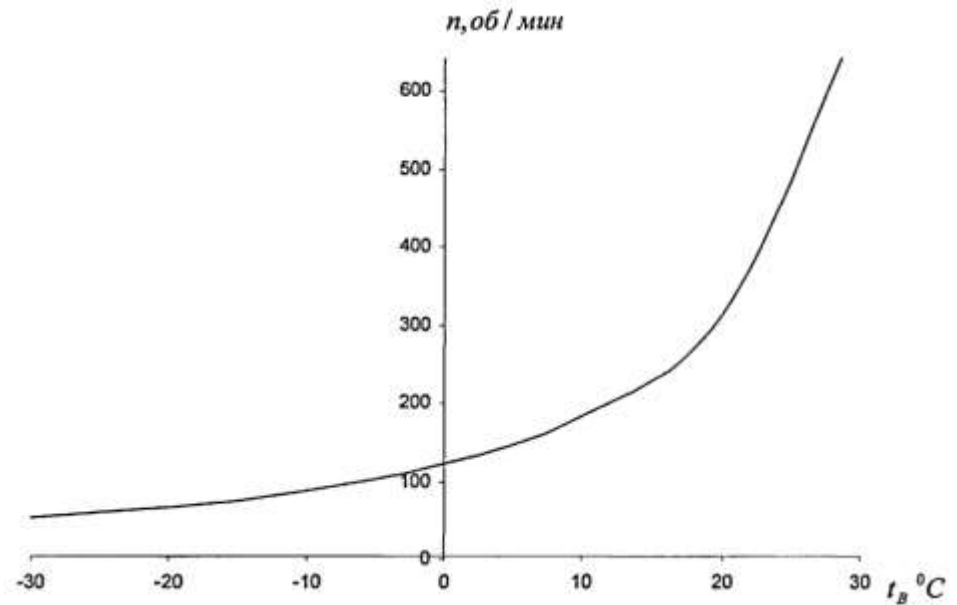
Розімкнута системи управління швидкістю обертання вентилятора



Результати моделювання

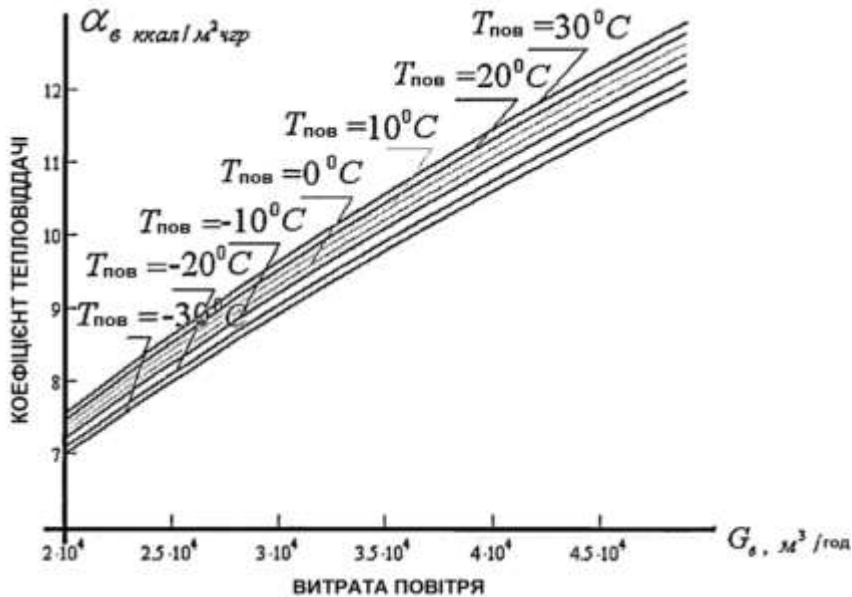


Діаграма споживаної вентилятором АПО потужності

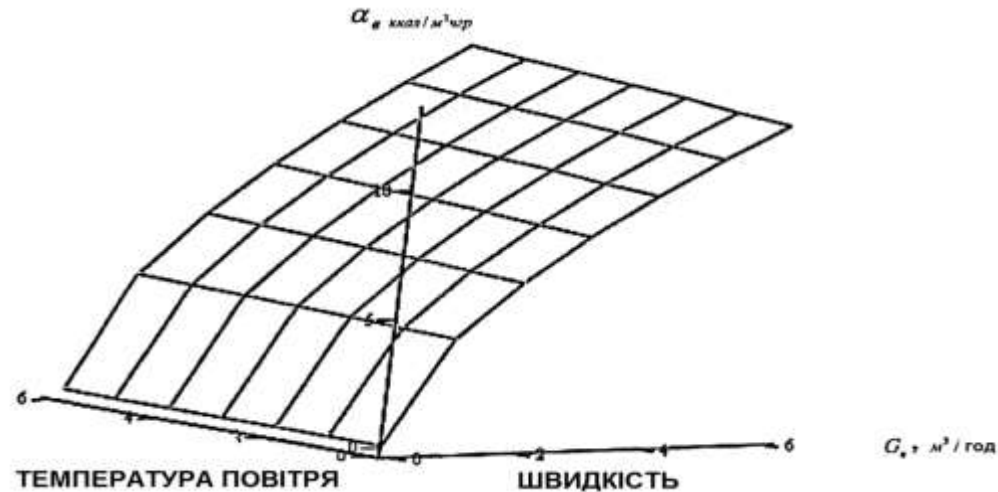


Діаграма швидкості обертання вентилятора на температурному діапазоні експлуатації

Тепловий розрахунок масло-охолоджувача



Графік залежності коефіцієнта тепловіддачі від швидкості руху охолоджуючого повітря



Графік залежності коефіцієнта тепловіддачі від швидкості руху охолоджуваного повітря і температури навколишнього середовища в відносних одиницях

Висновки

У магістерській кваліфікаційній роботі досягнуто поставленої мети — підвищення енергоефективності та надійності роботи маслосистем газоперекачувальних агрегатів шляхом модернізації апаратів повітряного охолодження масла.

У процесі виконання роботи здійснено детальний аналіз існуючих конструкцій і режимів роботи апаратів повітряного охолодження масла. Це дозволило виявити ключові недоліки застарілих систем, серед яких нерегульовані режими роботи вентиляторів, підвищена енергоємність та низька надійність. Також визначено основні чинники, що обмежують ефективність роботи застарілих конструкцій, зокрема відсутність автоматизованого управління та застарілі виконавчі механізми.

На основі отриманих результатів запропоновано варіанти модернізації системи охолодження масла із впровадженням частотно-регульованих електроприводів для вентиляторів. Це забезпечує плавне регулювання швидкості обертання та оптимізацію тепловіддачі. Додатково проведено проектування конструктивних змін у вузлах АПО, а також виконано вибір необхідних елементів системи автоматизації.

У рамках роботи розроблено математичну модель і виконано моделювання роботи модернізованої системи. Результати дослідження свідчать про доцільність запропонованої модернізації, яка дозволяє суттєво зменшити енергоспоживання установки, підвищити її надійність і забезпечити стабільне підтримання заданої температури масла в процесі експлуатації.

Результати роботи апробовані на міжнародній науково-практичній інтернет-конференції «Молодь в науці: дослідження, проблеми, перспективи (МН-2024)»

Автоматизована система керування апаратом повітряного охолодження маслосистеми в складі газоперекачувального агрегату / Д.П. Проценко, Д.С. Прохорчук – Матеріали конференції «Молодь в науці: дослідження, проблеми, перспективи (МН-2024)», Вінниця, 2024. – 2 с

ПРОТОКОЛ ПЕРЕВІРКИ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ НА НАЯВНІСТЬ ТЕКСТОВИХ ЗАПОЗИЧЕНЬ

Назва роботи: «Автоматизована система керування апаратом повітряного охолодження маслосистеми в складі газоперекачувального агрегату»

Тип роботи: магістерська кваліфікаційна робота

Підрозділ: кафедра КЕМСК, ФЕЕЕМ, гр. ЕПА-23м

Науковий керівник: к.т.н., доц. Проценко Д.П.
(прізвище, ініціали, посада)

Показники звіту подібності *Turnitin*

Оригінальність	76%
Схожість	24%

Аналіз звіту подібності (відмітити потрібне)

☐ Запозичення, виявлені у роботі, оформлені коректно і не містять ознак плагіату.

☐ Виявлені у роботі запозичення не мають ознак плагіату, але їх надмірна кількість викликає сумніви щодо цінності роботи і відсутності самостійності її автора. Роботу направити на доопрацювання.

☐ Виявлені у роботі запозичення є недобросовісними і мають ознаки плагіату та/або в ній містяться навмисні спотворення тексту, що вказують на спроби приховування недобросовісних запозичень.

Особа, відповідальна за перевірку



Паянок О.А.
(підпис) (прізвище, ініціали)

Ознайомлені з повним звітом подібності, який був згенерований системою Unichesk щодо роботи.

Автор роботи



Прохорчук Д.С.
(підпис) (прізвище, ініціали)

Керівник роботи



Проценко Д.П.
(підпис) (прізвище, ініціали)

					08-24.МКР.011.00.000			
Зм.	Арк.	№ докумен.	Підпис	Дата	Автоматизована система керування апаратом повітряного охолодження маслосистеми в складі газоперекачувального агрегату Актуальність теми	Літ.	Маса	Мощність
Розробив:		Прохорчук Д.С.		19.11.24				
Перевірив:		Проценко Д.П.		19.11.24				
Т. контр.								
Реценз								
Лектор		Шульє Ю.А.		19.11.24	Аркуш 1	Аркуш 1		
Норм.кон.		Шульє Ю.А.		19.11.24	гр. ЕПА-23м			
Затверд.		Мошноріз М.М.		19.11.24				

Мета, об'єкт та предмет дослідження