МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ
ім. Ю.М. ПОТЕБНІ

Кафедра електричної інженерії та кіберфізичних систем
(повна назва кафедри)

Кваліфікаційна робота (проєкт)

першого (бакалаврського) рівня освіти
(рівень вищої освіти)

на тему Проєкт автоматизації водогрійного котла КВГ у умовах міських теплових мереж. Система автоматичного регулювання температури у робочому просторі

Виконав: студент 4 курсу, групи 6.1511-з
спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно -інтегровані технології
(код і назва спеціальності)
спеціалізації _____
(код і назва спеціалізації)
освітньої програми Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології
(назва освітньої програми)
Т. О. Рош
(ініціали та прізвище)

Керівник проф., д.т.н. Пазюк М. Ю.
(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)
Рецензент директор ТОВ «Електротехмаш»
Курілець І. А.
(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

Запоріжжя 2025

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ
ім. Ю.М. ПОТЕБНІ

Кафедра електричної інженерії та кіберфізичних систем

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)
Спеціальність 151 «Автоматизація та комп'ютерно -інтегровані технології
(код та назва)
Спеціалізація _____
(код та назва)
Освітня програма Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри _____
«___» _____ 2025 року

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ (ПРОЄКТ) СТУДЕНТОВІ (СТУДЕНТЦІ)

Рош Тетяні Олександрівні
(прізвище, ім'я, по батькові)

1 Тема роботи (проекту) Проєкт автоматизації водогрійного котла КВГ у умовах міських теплових мереж. Система автоматичного регулювання температури у робочому просторі
керівник роботи Пазюк М. Ю., професор, докт.техн.наук
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
затверджені наказом ЗНУ від «27» грудня 2024 року № 2029-с
2 Строк подання студентом роботи 20 травня 2025 р.
3 Вихідні дані до роботи технічна документація, технологічні інструкції, дані, отримані під час проходження виробничої практики
4 Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) аналіз існуючого рівня автоматизації; розробка схеми інформаційних потоків; розробка технічного завдання; структура програмно-технічного комплексу; проєктування системи автоматизації водогрійного котла; вибір математичної моделі системи управління; розробка технічної документації; розрахунок системи автоматизації та показників її надійності; техніко-економічних показники; охорона праці та техногенна безпека

5 Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень): функціональна схема автоматизації, принципові електричні схеми, монтажно-комутаційна схема, схема зовнішніх з'єднань.

6 Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1-8	проф. Пазюк М. Ю.		

7 Дата видачі завдання 10.02.2025 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналіз існуючого рівня автоматизації	10.02-16.02.25	виконано
2	Розробка схеми інформаційних потоків	17.02-23.02.25	виконано
3	Розробка технічного завдання	24.02-02.03.25	виконано
4	Вибір структури та складу програмно-технічного комплексу	03.03-09.03.25	виконано
5	Проєктування системи автоматизації водогрійного котла КВГМ	10.03-23.03.25	виконано
6	Вибір математичної моделі системи управління	24.03-30.03.25	виконано
7	Розробка технічної документації	31.03-20.04.25	виконано
8	Розрахунок системи автоматизації та показників її надійності	21.04-27.04.25	виконано
9	Розрахунок техніко-економічних показників	28.04-04.05.25	виконано
10	Розгляд питань охорони праці та техногенної безпеки	05.05-18.05.25	виконано
11	Розробка презентації роботи, проходження нормконтролю, підготовка доповіді	19.05-25.05.25	виконано

Студент _____ Тетяна РОЩ
(підпис) (ініціали та прізвище)

Керівник роботи (проекту) _____ Михайло ПАЗЮК
(підпис) (ініціали та прізвище)

Нормоконтроль пройдено

Нормоконтролер _____ Ірина ОВЧИННИКОВА
(підпис) (ініціали та прізвище)

РЕФЕРАТ

Рош Т. О. Проєкт автоматизації водогрійного котла КВГ у умовах міських теплових мереж. Система автоматичного регулювання температури у робочому просторі.

Кваліфікаційна робота бакалавра на здобуття вищої освіти за спеціальністю 151 «Автоматизація та комп’ютерно-інтегровані технології», науковий керівник М. Ю. Пазюк, Запорізький національний університет, Інженерний науково-навчальний інститут ім. Ю.М. Потебні, кафедра електричної інженерії та кіберфізичних систем. Запоріжжя, 2025.

У кваліфікаційній роботі як об'єкт управління розглянуто водогрійний котел КВГМ. Метою проекту автоматизації котла є забезпечення максимальної продуктивності при економічному використанні палива та безпечній роботі технологічного устаткування. Розроблена система автоматизації відповідає висунутим до неї вимогам. Строк окупності розробленого проекту становить 0,8 року і він може бути запропонований до впровадження у виробництво.

Кваліфікаційна робота бакалавра складається з вступу, восьми розділів, висновків, переліку джерел посилання з 37 найменувань, викладена на 97 сторінках машинописного тексту, включаючи 13 рисунків та 14 таблиць.

Ключові слова: автоматизована система управління, технологічний процес, тиск, тепловий режим, регулювання, об'єкт управління, мікропроцесорний контролер, водогрійний котел

ЗМІСТ

Вступ…… 8
1 Вивчення особливостей функціонування техннологічних агрегатів. Аналіз існуючого рівня автоматизації……. 10
1.1 Технологічний агрегат і алгоритм його роботи…… 10
1.2 Технологічний процес, як об’єкт автоматизації…… 12
1.3 Аналіз існуючого рівня автоматизації на діючому виробництві. Недоліки існуючих систем управління…… 12
1.4 Стан рівня автоматизації на аналогічних об’єктах України та Зарубіжжя…… 17
1.5 Розробка схеми інформаційних потоків……... 18
2 Розробка технічного завдання…… 20
2.1 Вимоги до системи в цілому……... 20
2.2 Вимоги до функцій……... 21
2.3 Вимоги до видів забезпечення…… 23
2.4 Загальна структура програмно-технічного комплексу засобів автоматизації…….. 23
2.5 Статичні і динамічні характеристики об’єкту автоматизації, моделювання САР…….. 28
3 Проєктування системи автоматизації водогрійного котла КВГМ….. 30
3.1 Вибір та обґрунтування функціональний структури системи автоматизації…… 30
3.2 Вибір математичної моделі системи управління……... 30
3.3 Вибір та обґрунтування технічних засобів нижнього рівня системи автоматизації……. 31
3.3.1 Первинні перетворювачі, нормуючі пристрої, вторинні прилади. 31
3.3.2 Промислові контролери……. 32
3.3.3 Виконавчі механізми та регулюючі органи……. 38

4 Розробка технічної документації…… 39
4.1 Функціональна схема автоматизації управління заданим технологічним процесом…… 39
4.2 Принципова електрична схема…… 40
4.3 Складання замовленої специфікації на засоби автоматизації…….. 41
4.4 Розробка схеми зовнішніх з'єднань, вибір щитів……... 42
4.5 Замовна специфікація на весь комплекс технічних засобів автоматизації…… 43
5 Розрахунок системи автоматизації та показників її надійності…….. 44
5.1 Розрахунок виконавчого механізму та регулюючого органу…….. 44
5.2 Розрахунки основних параметрів надійності та працездатності….. 57
5.2.1 Розрахунок параметрів наближеним методом…… 57
5.2.2 Розрахунок параметрів надійності з урахуванням режимів роботи елементів та впливом дестабілізуючих факторів (повний або уточнений розрахунок)……... 60
6 Організаційне забезпечння…… 67
7 Аналіз техніко-економічних показників і розрахунок економічної ефективності…… 69
7.1 Розрахунок одноразових витрат на створення та реалізацію автоматизованої системи управління……... 70
7.2 Розрахунок експлуатаційних витрат на функціонування автоматизованої системи управління……... 72
7.3 Розрахунок показників економічної ефективності автоматизованої системи управління……... 78
8 Охорона праці та техногенна безпека…… 81

8.1 Характеристика потенційно небезпечних та шкідливих виробничих факторів…….. 81
8.2 Заходи зі зменшення впливу небезпечних та шкідливих виробничих факторів…….. 85
8.3 Виробнича санітарія…….. 86
8.3.1 Опалення та вентиляція……. 86
8.3.2 Виробничий шум та вібрація……. 87
8.3.3 Освітлення……... 87
8.4 Електробезпека цеху……. 88
8.5 Протипожежна безпека. Техногенна безпека……. 89
Висновки…….. 93
Використані джерела…….. 94

ВСТУП

Проектування інженерних систем зазначає сьогодні значних змін. Усе з більшою впевненістю застосовують автоматичне управління, що покликане забезпечити тепловий комфорт у приміщеннях при мінімальних експлуатаційних витратах. У той же час, відсутність повною мірою науково-технічної літератури, що пояснює специфіку роботи нового обладнання у всіх режимах експлуатації, часом приводить до неусвідомленого його застосування або непевності в його працездатності. І хоча автоматичне управління в переважній більшості випадків перестраховує проектувальника від усіляких недоробок у нормуванні, методиках розрахунку, монтажі та налагодженні, все-таки воно вимагає особливого розгляду для комплексного розуміння взаємозв'язку між всіма елементами системи і прийняття найбільш енергоефективного рішення.

Цілісна картина сприйняття інженерних систем - основа сучасного підходу при визначенні їхньої енергетичної ефективності. Розгляд взаємодії всіх елементів зовнішніх і внутрішніх інженерних систем на шляху від споживача до джерела теплоти дозволяє розкрити та реалізувати повною мірою потенціал в енергозбереженні.

Повсюдне застосування терморегуляторів в опалювальних приладах систем опалення привело до переходу від якісного регулювання до якісно-кількісного. Це зажадало відповідного наукового, технічного та практичного підходу в забезпеченні ефективної працездатності системи опалення і системи централізованого теплопостачання, розглянутих як єдине ціле.

Автоматизація параметрів дає значні переваги: забезпечує зменшення чисельності робочого персоналу, тобто підвищення продуктивності його праці, приводить до зміни характеру праці обслуговуючого персоналу, збільшує точність підтримки параметрів води, підвищує безпеку праці та надійність роботи устаткування, збільшує економічність роботи водогрійного

котла.

Автоматизація містить у собі автоматичне регулювання, дистанційне керування, технологічний захист, теплотехнічний контроль, технологічні блокування і сигналізацію.

Автоматичне регулювання забезпечує хід процесів, що безупинно протікають у водогрійному котлі (живлення водою, горіння та ін.)

Дистанційне керування дозволяє черговому персоналу пускати і зупиняти водогрійну установку, а так само перемикати і регулювати її механізми на відстані, з пульта, де зосереджені пристрої керування.

Теплотехнічний контроль над роботою водогрійного котла та устаткування здійснюється за допомогою показуючих приладів і самописних приладів, що діють автоматично. Прилади ведуть безперервний контроль процесів, які протікають у водогрійній установці, або ж підключаються до об'єкта виміру обслуговуючим персоналом або інформаційно-обчислювальною машиною. Прилади теплотехнічного контролю розміщають на панелях, щитах керування по можливості зручно для спостереження та обслуговування.

Технологічні блокування виконують у заданій послідовності ряд операцій при пусках і зупинках механізмів водогрійной установки, а так само у випадках спрацьовування технологічного захисту. Блокування виключають неправильні операції при обслуговуванні водогрійної установки, забезпечують відключення в необхідній послідовності устаткування при виникненні аварії.

Пристрої технологічної сигналізації інформують черговий персонал про стан устаткування (у роботі, зупинене тощо), попереджають про наближення параметра до небезпечного значення, повідомляють про виникнення аварійного стану водогрійного котла і його устаткування.

Експлуатація котлів повинна забезпечувати надійний і ефективний виробіток гарячої води необхідних параметрів і безпечні умови праці персоналу.

1 ВИВЧЕННЯ ОСОБЛИВОСТЕЙ ФУНКЦІОНУВАННЯ ТЕХННОЛОГІЧНИХ АГРЕГАТІВ. АНАЛІЗ ІСНУЮЧОГО РІВНЯ АВТОМАТИЗАЦІЇ

1.1 Технологічний агрегат і алгоритм його роботи

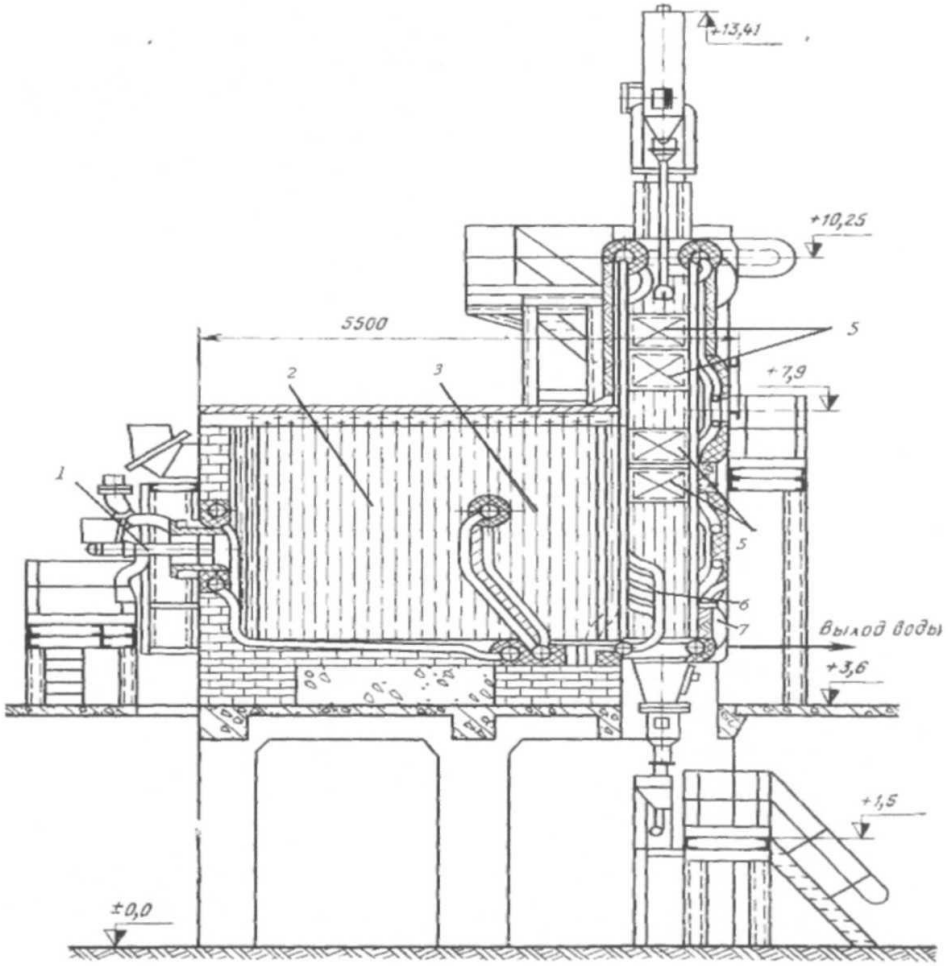
Водогрійний котел КВГМ призначений для роботи на газі та мазуті. Котли цієї серії виконані в горизонтальній компоновці, блочно-транспортабельні і складаються із двох блоків: горизонтально-паливного і вертикального конвективного. Конвективний блок складається із конвективного пакета, фестона та заднього екрану. Конвективний пакет набирається із U- образних змійовиків. Труби розміщені в шаховому порядку з шагом 64 і 40 мм. Змійовики приварюються до вертикальних стояків діаметром 83Х3,5мм. Конвективні поверхні цих котлів очищаються за допомогою дробоструйної установки, для видалення забруднень із поверхні конвективних труб при роботі на мазуті.

Для спалювання газу та мазуту котел оснащується ротаційним газо-мазутним пальником типу РГМГ. В котлі вода нагрівається до 150 ºС. Вода проходить через колектори і труби екранів, після чого відводиться в труби конвективного пучка. Для забезпечення необхідної швидкості руху води колектори екранів розділені перегородками. Із верхніх колекторів відводиться повітря по спеціальних трубах.

Водогрійні котли працюють по прямоточному принципу. Вода від місця входу в котел до місця виходу проходить прямим током. Топка котла відокремлена перегородкою від камери догоряння, з якої димові гази відводяться в вертикальну шахту – конвективних газохід. Топка з усіх сторін має екрани, виконані з паралельних труб, замкнутих на колектори. В шахті конвективного газоходу встановлені пакети з труб розміром 28х3 мм.

Труби пакетів зігнуті у вигляді змійовиків, кінці труб приєднуються до вертикально установлених стояків із труб великого діаметру. Передня стінка топкової камери закрита (футерована) шамотною цеглою.

Теплопродуктивність котла становить 10 Гкал/час (11,63 МВт), тиск води до 2,5 МПа, витрата води через котел 123,5 т/год. Площа поверхні нагріву -295,1 м^2. Розрахунковий ККД котла: на газу - 92%; на мазуті - 88%. Масса котла - 18,4 т. Схкма котла наведена на рис. 1.1.



1 - ротаційний пальник; 2 - топкова камера; 3 - камера догорання; 4- 4-дробеочистка, 5 - пакети конвективних поверхонь нагрівання;6 – екранні труби конвективного газоходу, 7 - нижній бункер для дробу

Рисунок 1.1 - Водогрійний котел КВГМ

1.2 Технологічний процес, як об’єкт автоматизації

При автоматизації теплогенеруючих установок припускають, що технологічні процеси повинні проходити без участі людини. Це забезпечується за рахунок механізації оперативного керування роботою обладнання за допомогою різноманітних засобів і пристроїв, які виконують наступні функції.

1. Дистанційне керування регулюючими та запірними органами (пуск та зупинка допоміжного обладнання: дуттєвих вентиляторів, димососів, насосів та ін.)

2. Автоматичне регулювання технологічних режимів (додержання визначених значень або зміни по заданому графіку технологічних параметрів: температури води, відходящих продуктів згоряння, витрати живильної води та ін.).

3. Автоматичне керування періодичними операціями (пуск і зупинка обладнання подачі палива і резервних насосів і ін.)

4. Автоматичне блокування роботи обладнання (для запобігання аварійних ситуацій при неправильних діях обслуговуючого персоналу. Наприклад, при аварійній запинці димососу повинно спрацювати автоматичне відключення вентилятора і зупинка паливоподачі в камеру згоряння.).

5. Сигналізація про режими роботи обладнання, аварійних ситуаціях та ін.

1.3 Аналіз існуючого рівня автоматизації на діючому виробництві. Недоліки існуючих систем управління

У цей час особливістю експлуатації енергетичних котлів є використання суміші палив з нестабільними характеристиками. Так, в енергетичних котлах поряд із природним газом у якості палива використовується доменний газ,

коксовий газ і інші вторинні гази, що супроводжують процеси виплавки чавуну та спікання коксу. У цих умовах для забезпечення економічності використання палива необхідно використовувати спеціальні системи автоматичного регулювання економічності процесів горіння. Завдання підвищення економічності процесу горіння в топці барабанного водогрійного котла є однієї із центральних технічних завдань, розв'язанню якої присвячена велика кылькість досліджень. Загальні принципи керування барабанними водогрійними котлами були закладені в 50-ті – 60-ті роки минулого сторіччя. На основі зазначених принципів побудована в цей час система автоматичного регулювання навантаження котлів міських тепломереж. Дана система протягом усього періоду експлуатації показала свою високу надійність і ефективність. Однак у сучасних умовах значно підвищилися вимоги до економічності процесу горіння, що пов'язане з підвищенням цін на природний газ і збільшенням штрафу за викид продуктів горіння вище нормативного. Тому є актуальної завдання введення в існуючу систему автоматичного регулювання навантаження котлів додаткового контуру адаптивного керування, що підвищує ККД топок котла, і контуру регулювання, що підвищує частку використання ВЕР.

Типовим підходом до регулювання економічності топкових процесів є корекція подачі повітря по змісту кисню (O_2) у димових газах. Однак зміст O_2 не є постійним у процесі експлуатації і залежить від безлічі факторів. Дані фактори знижують точність визначення максимального КПД. Тому корекцію за O_2 слід вважати допусковой корекцією, яка приводить режим роботи котла у відповідність із вимогами режимної карти. Оптимальна корекція режиму роботи котла повинна забезпечити його максимальний ККД. Досягнення максимального ККД котла можливо лише на основі застосування систем екстремального регулювання. Це пов'язане з тим, що в котлах, наприклад ТЕЦ, спалюється доменний газ, параметри якого (тиск, калорійність) є змінними. Так, для доменного газу відхилення тиску становить ±35%, калорійність може змінюватися в межах 800-870 ккал/кг. Тому робота зі

статичної режимної карти не може забезпечити економічний режим роботи котла.

На економічність роботи котла впливає безліч факторів: навантаження котла; калорійність і тиск змішаного газу; втрата тепла з димовими газами; тепло, внесене з живильною водою та повітрям; підсмоктування і вибивання по контуру котла і у газоходах.

В Україні споживання енергії в промисловості сягає 60%, тоді як в інших країнах світу значно менше. Це тому, що ми маємо дуже неефективну структуру використання енергоресурсів у порівнянні з іншими країнами світу.

Негативним наслідком є також зростання техногенного навантаження на навколишнє середовище в промислових регіонах країни.

Треба відзначити, що майже всі розвинуті країни світу ввели енергозбереження в сферу державної політики, прийняли відповідні законодавчі акти та створили як загальнодержавні, так і регіональні органи по управлінню енергозбереженням. Поряд з основними законодавчими актами в багатьох країнах створені цілі системи законодавства по управлінню та стимулюванню заходів з енергозбереження та пов'язаних з них охорони навколишнього середовища.

Одним з основних напрямків енергозбереження в металургії та машинобудуванні повинно стати підвищення теплозахисних властивостей огороджуючих конструкцій топок котлів. Ця проблема повинна вирішуватись комплексно - шляхом впровадження сучасних технічних і конструктивних рішень теплозахисту топок котлів, а також, автоматизація паливних агрегатів з ціллю зниження витрати палива та покращення екологічних показників.

Однієї з основних завдань організації теплової роботи водогрійних котлів є забезпечення технологічно необхідної точності та технологічної рівномірності нагріву води. Температурне поле у топці котла формується газами, що гріють. Характер руху газів у робочих зонах визначається

такими основними факторами: розміщенням по висоті; висотою стінок топки; кількістю та розташуванням паливоспалюваючих пристроїв і каналів відводу відпрацьованих пічних газів; динамікою дії струменів від пальників або форсунок; тиском газів у трубному просторі.

Визначальним фактором, що впливає на якість нагріву, є температура в робочому просторі топки. Рівномірність розподілу температурних полів у робочому просторі топки залежить від характеру руху нагрітих газів, а також від дотримання режиму тиску, тобто роботи димососів.

Температуру в топці регулюють зміною витрати палива за допомогою поворотного дроселя. Положення дросельної заслінки в трубопроводі подачі палива регулюється таким чином, щоб температура в топці підтримувалася на заданому рівні. У випадку відхилення температури від заданого значення, різниця компенсується за рахунок повороту дросельної заслінки та збільшенням або зменшенням витрати палива при зменшенні або збільшенні температури, відповідно. Стабілізація режиму регулювання дозволить підтримувати температуру у всіх точках робочого простору топки практично однакової і тим самим вирішити завдання забезпечення якості.

Регулювання співвідношення «газ - повітря» у цей час придбало статус проблеми екологічної рівноваги, який приділяють усе більше уваги. Якісне спалювання палива (і тим самим, зниження його споживання) є не тільки екологічної, але й економічною проблемою.

Оптимальним тиском пічних газів у робочому просторі топки вважається деякий надлишковий тиск, що вище 10...20 Па атмосферного. Практично крім відповідних приладів на це буде вказувати наявність невеликих язичків полум'я, які будуть вибиватися із щілин. Негативним явищем уважається, коли тиск буде менше атмосферного. У цьому випадку холодне повітря буде засмоктуватися в робочу камеру топки, тобто температура в топці буде знижуватися, витрата палива збільшиться. Також погано, коли тиск набагато більше атмосферного. Зайво високий тиск у топці приводить до вибивань газів через нещільності в кладці,

завантажувальні вікна в навколишнє середовище. При цьому з робочого простору виноситься тепло, викликається прискорене зношування зовнішніх конструкцій топки, затруднюється візуальний контроль і обслуговування агрегату і забруднюється атмосфера цеху.

Існуючі автоматичні системи регулювання параметрів роботи вдогрійного котла і її складової частини морально і фізично застаріли. Середній вік приладів 20-30 років, на їхнє обслуговування та ремонти слюсарями КВПтаА витрачається значний час. Установлені датчики, вторинні прилади, регулятори мають ряд істотних недоліків. Так, використовувані для виміру витрат газу та повітря датчики ДМ мають зону нечутливості в початковому діапазоні виміру витрат, що приводить до некоректної роботи схеми автоматичного регулювання співвідношення «паливо-повітря» при зменшенні витрат нижче певного рівня, нераціональному використанню палива, порушенню газодинамічного режиму топки. Одним з характерних недоліків датчиків для виміру тиску в топці типу ДКО є наповнення їхнім маслом. При різких коливаннях тиску в топці відбувається виплескування масла в імпульсні канали, що приводить до виходу із ладу всієї системи автоматичного регулювання. Також ці прилади не відповідають сучасним вимогам по обслуговуванню, їх пропонується замінити сучасними мікропроцесорними перепрограмувальними датчиками типу Сапфір М зі стандартним аналоговим струмовим вихідним сигналом і цифровим вихідним сигналом на базі HART-Протоколу.

Установлені в системі автоматичного регулювання вторинні прилади типу КСП-3, КСД-3 і регулятори РП-2 використовують феродинамічний зв'язок у каналах виміру та регулювання. Даний тип зв'язку дуже чутливий до електромагнітних полів, зміні температури навколишнього середовища і т.д. Крім того, такий тип перетворювачів вимагає індивідуального настроювання кожного каналу виміру та регулювання, що викликає труднощів при необхідності заміни датчика або вторинного пристрою, додаткових витрат робочого часу слюсарів по КВПтаА. Дані технічні засоби пропонується

замінити сучасними мікропроцесорними програмованими регуляторами, що мають убудований вимірювальний канал і цифрову індикацію вимірюваних параметрів.

Рішення завдань оптимального управління процесом виробництва води зводиться до створення розвинених систем автоматичного управління із застосуванням засобів електронно-обчислювальної техніки. ПЕВМ здійснює контроль параметрів і управління ходом технологічного процесу. Впровадження ПЕВМ у процес дозволить вирішити ряд завдань:

- зниження витрати палива на виробництво води;
- максимальне зниження відхилення температури води на виході від заданого значення;
- збільшення продуктивності агрегату.

Основним завданням, яке необхідно вирішити при автоматизації вологрійного котла, є забезпечення стабільної температури та тиску води, при зміні продуктивності агрегату.

1.4 Стан рівня автоматизації на аналогічних об’єктах України та Зарубіжжя

Загострена конкурентна боротьба на міжнародному ринку виробників енергоносїв в даний час обумовлена, в першу чергу, введенням нових потужностей. Так, тільки в Китаї за останні роки було запущено в експлуатацію більше десятка ТЕЦ. На нових ТЕЦ істотно зросли швидкості виробництва. Однак вирівнюючим чинником у конкурентній боротьбі між вже існуючими котлами і знову побудованими залишається якість гарячої води. Вірішальне значення при формуванні властивостей гарячої води має процес післядеформаційного охолодження, який визначається безліччю технологічними параметрами, оперативність управління якими залежить від систем автоматизації.

1.5 Розробка схеми інформаційних потоків

Автоматизація теплогенеруючих установок передбачає механізацію оперативного керування роботою устаткування котельного агрегату за допомогою різноманітних засобів і пристроїв, при цьому передбачається виконання заданого технологічного режиму без безпосередньої участі людини. Система автоматичного регулювання складається із об’єкта регулювання (котел) і взаємодіючих з ним автоматичних регуляторів з датчиками.

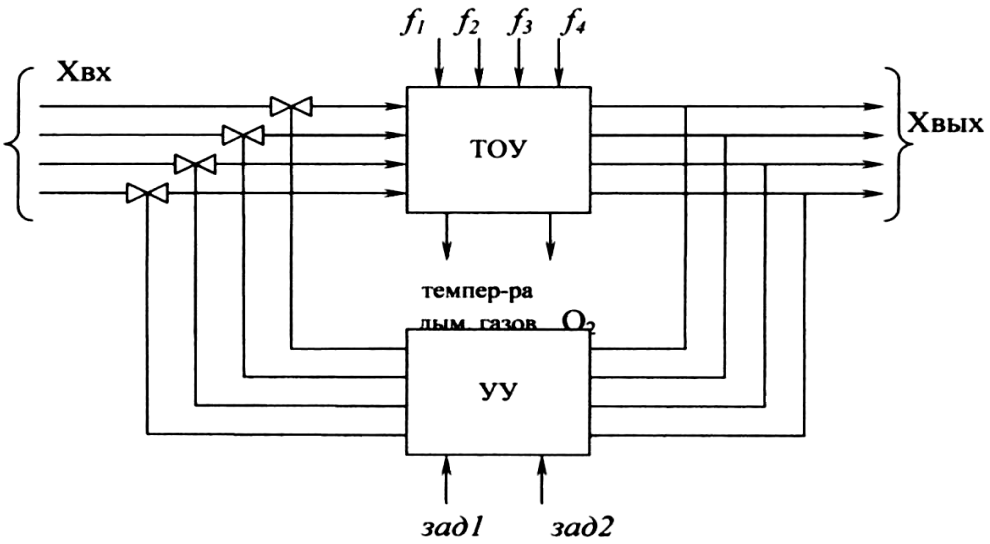
При автоматизації технологічного процесу в працюючій теплогенеруючій установці повинні забезпечувати нормальне протікання технологічного процесу. Управління цими процесами потребує установки апаратури для контролю, регулювання та управління водометрами та режимами роботи. Такою апаратурою являються контрольно-вимірювальні прилади, за допомогою яких здійснюється керування технологічними процесами, які забезпечують надійну, безпечну та економічну роботу обладнання.

При роботі обладнання теплогенеруючої установки технологічному контролю підлягають такі параметри водогрійного котла:

- витрати, тиск та температура мережної води на вході в котел та на виході з нього;
- витрати, тиск і температура повітря, що подається в топку котла, і температура відхідних продуктів згоряння;
- склад продуктів згоряння (за яким можна зробити висновки про величину домішок в газоход котла)
- витрати і склад спалюваного палива;
- витрата вихідної води та електроенергії на власні потреби теплогенеруючої установки;
- якість вихідної живильної, мережної води і т.д.

Для зручності обслуговування обладнання теплогенегуючої установки прилади контролю і управління звичайно розміщують на щитах управління.

На рис. 1.2. зображена схема інформаційних потоків між об’єктом регулювання та контролером.



$X_{вх1}$ – витрата живильної води;

$X_{вх2}$ – витрата повітря;

$X_{вх3}$ – витрата газу;

$X_{вх3}$ – тяга;

$X_{вих1}$ – температура води;

$X_{вих2}$ – якість спалювання палива;

$X_{вих3}$ – розрядження у топці;

$X_{вих4}$ – витрата води

f_1 – температури води на вході;

f_2 – теплотворна здатість палива;

f_3 – якість води;

f_3 – тиск живильної води;

$зад_1$ - температура води;

$зад_2$ – тиск води

Рисунок 1.2 – Схема інформаційних потоків

2 РОЗРОБКА ТЕХНІЧНОГО ЗАВДАННЯ

2.1 Вимоги до системи в цілому

Перелік автоматизованих трактів і складових частин об'єкта:

а) водогрійний тракт:

1) тракт води;
2) барабан котла;

б) тракт природного газу;

в) тракт доменого газу;

г) тракт коксового газу;

д) паромазутопровід;

е) тракт подачі повітря з повітряпідігрівачами;

ж) тракт димових газів (топки котла, конвективна шахта, газоходи);

з) тягодуттєві машини;

і) тракт системи пожежогасіння конвективної шахти.

Котел установлюється та експлуатується в котельній першій категорії (безперервного циклу). Умови характеризуються:

- температура усередині котельного відділення від 0 до +45 ^{0}C (у верхній частині котла в районі обмуровування до +80 ^{0}C);
- підвищеним рівнем вологості;
- значним рівнем напруженості електромагнітних полів, які створюються основним устаткуванням котельні (эл. приводу й эл. двигуни насосів вентиляторів і т.п.);
- наявністю високого рівня напруженості магнітних полів;
- можливою наявністю значного рівня перешкод у ланцюгах електроживлення та заземлення.

2.2 Вимоги до функцій

Система управління котлом КВГМ виконує наступні функції:

а) автоматичне регулювання параметрів технологічних процесів котла:

1) рівня води;
2) теплового навантаження;
3) співвідношення " паливо-повітря";
4) розрідження в топці котла;
5) температури гарячої води.

б) виконання автоматичних захистів діючих на останов котла:

1) по підвищенню рівня в барабані вище верхнього рівня ;
2) по зниженню рівня води в барабані нижче нижнього рівня;
3) по загасанню загального полум’я в топці,
4) по зниженню тиску основного палива до регулювального клапана;
5) при вимиканні всіх димососів;
6) при вимиканні всіх дуттевих вентиляторів;
7) при падінню розрідження в топці котла;
8) при падінню тиску повітря після дуттевих вентиляторів;
9) при спрацьовуванні захисту системи пожежогасіння конвективной шахти.

в) виконання локальних захистів:

1) захист по відключенню одного з видів палива при падінні тиску даного виду палива до регулювального клапана;
2) захист при незапаленні або загасанні полум’я пальника при розпалюванні котла. Захист виконується окремо для різних палив.

г) виконання автоматичних блокувань:

1) заборона розпалу пальників при розпалюванні без вентиляції топки;

2) заборона подачі всіх видів палива в пальник при відсутності смолоскипа запального пристрою цього пальника;

3) заборона подачі палива до котла при незакритті хоча б одного запірного пристрою з електроприводом на підведенні цього палива перед будь-яким пальником;

4) заборона відкриття другого запірного пристрою з електроприводом по ходу палива перед пальником при невідкритому першому;

5) блокування запірного пристрою на трубопроводі безпеки пальника газу;

6) припинення і заборона подачі палива в пальник у випадку повного закриття шибера на підведенні повітря до цього пальника;

7) заборона подачі мазуту до пальника при незакритому запірному пристрої на підведенні води на продувку даного пальника;

8) блокування роботи основного регулятора на магістралі природного газу без використання байпаса (у складі регулятора теплового навантаження);

д) дистанційне автоматизоване управління регулюючою, запірною та відсічною арматурами;

ж) формування сигналів аварійної й попереджувальної сигналізації;

з) прийом і обробка сигналів ручного уведення/виводу захистів оператором котла;

і) прийом сигналів від СВТ нижнього рівня;

к) формування сигналів управління на складання управління запірної, запірно-відсічної й регулюючої арматур.

л) відображення інформації;

м) видача інформації на печатання;

н) формування й зберігання архівів оперативних даних.

2.3 Вимоги до видів забезпечення

До видів забезпечення автоматизованої системи висуваються такі вимоги:

- первинна обробка прийнятих сигналів;
- розрахунок керуючих уставок;
- захист даних;
- формування й відправлення запитів даних;
- обробка запитів даних;
- прийом і видача даних по цифрових каналах зв'язку;
- діагностика програмно-технічних засобів середнього рівня;
- ведення архіву аварій;
- функція адміністрування.

2.4 Загальна структура програмно-технічного комплексу засобів автоматизації

Форми подання інформації

Вхідна інформація системи управління представлена аналоговими сигналами (сигналів термопар і термометрів опору, уніфікованими струмовими 0-5 мА або 4-20 мА), що надходять від датчиків.

Вихідна інформація представлена у вигляді дискретних сигналів 0-24 В, необхідних для управління технологічним процесом.

Частина інформації представляється на екранах оператора у вигляді трендів і індикаторів. Необхідна для документації інформація виводитися на принтер і з'являється в друкованому виді.

Вхідною інформацією СУ є аналогові сигнали, що надходять із термопар і уніфіковані струмові сигнали (0-5 мА або 4-20 мА), а вихідна інформація - сигнал регулювання подачі палива в топку печі та сигнал безпосереднього управління виконавчим механізмами витрати палива. На

екрани АРМів оператора, начальника КВПіА та начальника цеху виводиться вся інформація про основні параметри процесу. Крім того, передбачена аварійна світлова сигналізація на екранах АРМів (при падінні тиску газу або повітря на вході нижче 100 мм. вод. ст.) і вивод інформації у вигляді документів на друк.

Період вивода інформації повинен бути достатнім для аналізу персоналом виведеної інформації й прийняття рішень, і в тейже час, необхідно враховувати при визначенні частоти відновлення інформації інерційності об'єкта, часу реалізації керуючих впливів і часу циклу обробки інформації регулятором.

Час опиту кожного каналу регулятора в даній системі дорівнює від однієї до двох секунд.

В таблиці 2.1 наведено параметри, які контролюються та керуються системою системи автоматизації.

Таблиця 2.1 - Метрологічне забезпечення системи автоматизації

Контрольований параметр	Значення параметру	Точность вимірюваня
Номінальна теплопродуктивність	58,15 МВт	0.5 %
Температура води в основному режимі	70 °С	0.5 %
Температура води в пиковому режимі	104 °С	0.5 %
Температура води на виході з котла в основному режимі	150 °С	0.5 %
Температура води на виході з котла в пиковому режимі	150 °С	0.5 %
Надлишковий тиск на вході в котел, розрахунковий	2.5 МПа	1.5 %
Надлишковий тиск на вході в котел, мінімальний	0,8 МПа	1.5 %
Витрати води в основному режимі	625 т/год.	1.5 %
Витрати води в пиковому режимі	1200 т/год.	1.5 %
Витрати палива, доменного газу	кг/год.	1.5 %

Витрати палива, коксового газу	кг/год.	1.5 %
Витрати палива, природного газу	4190 м^3/год.	1.5 %
Витрати палива, мазута	4340 кг/год.	1.5 %
Витрати повітря	84000 м^3/год.	1.5 %
Опір котла, газовий	2,5-3 кПа	1.5 %
Опір котла, гідравличний	0,215 кПа	1.5 %
Температура газів, що відходять	190 °С	1%
Тиск газу перед дроселем	0,01 МПа	1.5 %
Тиск повітря перед пальником	4.5 кПа	1.5 %
Тиск повітря перед дроселем	5кПа	1.5 %
Тиск газу після дроселя	12.5 кПа	1.5 %
Тиск повітря після дроселя	4.5 кПа	1.5 %

Метою розробки програмно-технічного комплексу є створення сучасної, високоефективної, автоматизованої системи управління технологічним процесом термічної обробки металу, що забезпечується за рахунок реалізації новітніх технологічних і технічних рішень за допомогою використання сучасних, надійних технічних засобів автоматизації, виконаних на базі мікропроцесорної техніки.

Структура системи управління водогрійного котла

1 Верхній рівень системи управління водогрійного котла (ВР) у складі:

- програмовані контролери;
- АРМ оператора.

2 Середній рівень системи управління водогрійного котла (СР) у складі:

- шафи технологічних захистів (2 шт.);
- шафи управління (2 шт.);
- серверна шафа середнього рівня в складі сервера середнього рівня й комунікаційного управління;

3 Нижній рівень системи управління водогрійного котла (НУ) у складі:

- СІТ нижнього рівня (КВПІА);
- технічні засоби для розміщення КВПІА:
- щит КВПіА (4 шафи);
- стенди горелочних пристроїв (стенди ГУ) (2 шт. по 2 шафи кожний);
- стенди КВПіА (2 шт. по 4 шафи кожний);
- пульт оператора;
- пульт ручного управління.

4. Внутрісистемні лінії зв'язку (відповідно до специфікації).

Структура середнього рівню системи управління водогрійного котла

Контролер управління (реалізує регулятор розрядження в топці котла).

Контролер управління забезпечує

а) прийом сигналів:

1) з нижнього рівня (сигнали значень технологічних параметрів, сигнали положення арматури);

2) з пульта управління (команди дистанційного управління і команди управління режимами роботи регулюючих арматур, команди управління режимами роботи ПІД-регуляторів, паспорти технологічних параметрів, уставки регуляторів);

б) обробку прийнятих сигналів - виконання алгоритмів:

1) автоматичних регуляторів;
2) стандартних алгоритмів;
3) алгоритмів діагностики.

в) видачу сформованих сигналів управління на виконавчі механізми регулюючих арматур.

Додатково контролер забезпечує прийом інформації із теплолічильників, її обробку та передачу даної інформації на інші вузли системи.

Пристрій технологічних захистів

Пристрій технологічних захистів забезпечує:

а) прийом сигналів:

1) з нижнього рівня (сигнали значень технологічних параметрів, сигнали положення арматури);

2) з контролерів управління (сигнали значень технологічних параметрів, сигнали положення арматури, сигнали від приладив теплолічильників;

3) з пульта управління (команди дистанційного управління арматурами, команди управління режимами роботи технологічних регуляторів, режимами роботи СУі котла, команди управління алгоритмами технологічного контролю й програмно-логічного управління, паспорта технологічних параметрів, уставки алгоритмів технологічних захистів і блокувань);

4) із сервера СУ (інформацію системи єдиного часу).

б) обробку прийнятих сигналів - виконання алгоритмів:

1) технологічних захистів;

2) технологічних блокувань;

3) технологічного контролю;

4) програмно-логічного управління;

5) стандартних алгоритмів;

6) алгоритмів діагностики;

7) формування попереджувальної й аварійної звукової й світлової сигналізації.

в) видачу сформованих сигналів управління на виконавчі механізми запірної та запірно-відсічної арматур.

г) Передачу значень технологічних параметрів, інформацію про стан арматур, стан технологічних захистів і блокувань, ретрансляцію команд управління режимами роботи технологічних регуляторів (у контролери управління), інформацію про хід виконання алгоритмів технологічного

контролю і програмно-логічного управління, інформацію про останню аварію, результатів діагностики на:

1) сервери СУ та ВУ;

2) пульт оператора;

3) у контролер управління.

2.5 Статичні і динамічні характеристики об’єкту автоматизації, моделювання САР

На практиці важливе значення має автоматизація процесу настроювання параметрів регуляторів на стадії проектування і під час експлуатації промислових САУ. Останнє обумовлено тим, що фіксовані параметри настроювання не завжди забезпечують задані якісні показники ведення технологічного процесу внаслідок змін режимів роботи машин і апаратів, їхніх характеристик і параметрів, що призводять відповідно до зміни статичних і динамічних властивостей САУ. Зазначені задачі вирішуються автоматичними системами оптимізації та адаптації. Засоби моделювання використовують для визначення сигналу помилки ε(t) у системі з регулятором. Для цього сигналу помилки і (чи) вихідного сигналу системи може бути обраний критерій, на основі якого оптимізують параметри регулятора. Таким чином, для будь-якої лінійної чи нелінійної системи і будь-якої структури регулятора можна використовувати необхідний критерій у сполученні з обмеженнями кінцевої і нескінченної розмірності, представленими у вигляді функцій штрафу. Оптимізація є засобом проектування. Вона не дозволяє безпосередньо розрахувати параметри регулятора. Вирішення оптимізаційної задачі визначає оптимальні настройки регулятора, що залежать від обраного критерію, структури регулятора і незмінних параметрів регулятора. Для рішення задачі параметричного синтезу регулятора одним з найбільш придатних методів є метод Хука-Дживса та його модифікації. Суть цього методу полягає в наступному.

Задаються деякою початковою точкою Q. Змінюючи компоненти вектора q, обстежують область навколо даної точки, у результаті чого знаходять напрямок, у якому відбувається зменшення критерію I. В обраному напрямку здійснюють спуск доти, доки значення функції зменшується. Після того як у даному напрямку не вдається знайти точку з меншим значенням функції, зменшують величину кроку. Якщо послідовні дроблення кроку не приводять до зменшення функції, від обраного напрямку спуска відмовляються і здійснюють нове обстеження околиці і т.д.

Для дослідження методу параметричного синтезу використовується програма OptSim в середовищі MATLAB. Дана програма дозволяє виконувати розрахунки оптимальних параметрів настроювання одноконтурних САУ, каскадних, комбінованих, САУ з введенням похідної з проміжної точки об'єкту, дослідження процесів оптимізації з використовуванням інтегральних критеріїв різного виду.

Для завдання параметрів об'єкта запускаємо програму, обираємо тип САУ. Після цього потрібно натиснути кнопку «Відкрити модель». У вікні, що з'явиться, розкрити блок ОУ та відредагувати потрібні елементи. В усіх системах в якості регуляторів обераємо ПІ-регулятори.

3 ПРОЕКТУВАННЯ СИСТЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ ВОДОГРІЙНОГО КОТЛА КВГМ

3.1 Вибір та обґрунтування функціональний структури системи автоматизації

Функціональна схема систем автоматизації технологічних процесів є основним технічним документом, що визначають структуру й характер систем автоматизації технологічних процесів, а також оснащення їх приладами та засобами автоматизації. На функціональній схемі наведено спрощене зображення агрегатів, що підлягають автоматизації, а також приладів, засобів автоматизації та керування, які зображено умовними позначками за діючими стандартами, а також лінії зв'язку між ними. Загальний вигляд функціональної схеми автоматизації наведено у Додатку А.

3.2 Вибір математичної моделі системи управління

У редакторі бази каналів STEP7-Micro/WIN була створена структура автоматичної системи керування процесом водопідготовки для чого був вибраний вузол типу Великий МРВ з інформаційною потужність:

Об'єкт = 2048 Канал = 32000 FBD = 16000.

Для АРМ створені канали, які генеруються відповідно до алгоритмами і згідно з параметрами.

У редакторі надання даних для АРМ було створено три екрани. На першому екрані розроблена мнемосхема, що відображає параметри технологічного процесу нагріву води у водогрійному котлі.

Алгоритм роботи програми:

Для реалізації управління процесом нагріву води розроблена FBD-програма, що реалізує візуалізацію процесу нагріву води у водогрійному котлі. На головному екрані відображаються основні параметри які необхідно контролювати для забезпечення нормального процесу нагріву. На екрані «тренди» відображаються параметри температури гарячої води та її витрата, а також витрати палива. На екрані «звіт тривог» виводиться екран звіту тривог, який служить для запису інформації про зміну значень каналів, повідомлень, що містять тексти зі словників подій. Кожний рядок містить час і дату, а також ряд додаткових полів. Усі повідомлення у звіті тривог мають свій тип, що визначає ступінь відповідальності повідомлень. В аварійному режимі повідомлення для аналогових сигналів заносяться у звіт тривог при перетинанні реальним значенням аварійних меж.

3.3 Вибір та обґрунтування технічних засобів нижнього рівня системи автоматизації

3.3.1 Первинні перетворювачі, нормуючі пристрої, вторинні прилади

У якості вторинних приладів, що показують та реєструють, використовуються паперові реєстратори Autonics KRN100.

KRN100 мають такі характеристики:

- 2, 4, 6, 8, 10 або 12 гальванічно розв'язаних універсальних входів;
- лінійна безперервна реєстрація сигналів, друк логів, відображення їх на дисплеї та зберігання на USB-накопичувачі з можливістю подальшого друку;
- комунікаційний інтерфейс RS485, USB, Ethernet;
- зовнішня пам’ять USB, макс. 32 ГБ.

У якості вимірювачів температури було обрано термометр опору ТСП-001 Pt100 В3. Вимірюваний діапазон у цього датчика – від -100 до 600 ^{0}С.

Для реалізації ручного режима використані перемикачі фірми АСКО КМ11 та КМ10. Перший виконує функцію переходу в ручний або автоматичний режим управління. Другий в ручному режимі збільшує, або зменшує значення керованої величини.

У якості вимірювачів тиску та різниці тиску було обрано Сафір-100

- діапазон виміру: від 0.01 до 400 Па
- вихідний сигнал: 4-20 мА, HART-протокол (DS III)
- погрішність виміру не більше 0,01% у діапазоні 1:10
- індикатор (опція): цифровий
- температура процесу -40…+100 ^{0}C
- температура навколишнього середовища: для перетворювача -40…+80 ^{0}C; для індикатора -30…+85 ^{0}C

Для вимірювання витрати у якості первинного датчика використовується діафрагма ДБС 0,6-800 виробництва ТОВ «Укргазавтоматика».

Ручний задатчик типу БРУ-1 використовується в проекті, у зв'язку з можливістю ручної установки сигналів у діапазоні 0-100%, перетворення одного виду сигналу постійного струму і напруги в іншій.

3.3.2 Промислові контролери

У створеній системі автоматизації використовується контролер фірми Siemens S7-200 - Simatic S7-200 з центральним процесором CPU 224 XP. У даному контролері вбудовані дискретних 14 входів/10 виходів та аналогових 2 входи/1 вихід.

Контролер, що здійснює керування роботою водогріного котла повинен отримувати 22 аналогових сигналов (4-20 мА) з датчику температури, рівня, тиску, витрат і задатчиків, а видавати два уніфікованих (для управління вентиляторами) та 6 дискретних на управління виконавчими механізмами.

Так як для введення аналогових сигналів недостатньо входів контролера треба додати модуль вводу аналогових сигналів ЕМ 231. В цьому

модулі є 4 входи до яких можна підключати термопари або ж датчики з уніфікованим токовим сигналом.

ЕМ 231= Кількість сигналів з об’єкту/ розрядність плати = 20/4=5шт.

Також для виводу дискретних сигналів недостатньо виходів контролера, тому треба додати модуль виводу дискретних сигналів ЕМ 222. В цьому модулі є 8 виходів.

ЕМ 232= Кількість сигналів з об’єкту/ розрядність плати =6/8 =1шт.

В результаті для забезпечення управління системою автоматизації процесу виробитку пари необхідна наступна комплектація:

Для водогрійного котла – контролер Simatic S7-200, CPU 224 XP, 5 модулів ЕМ 231 та 1 модуль ЕМ 222.

Програмовані контролери Simatic S7-200 призначені для побудови систем автоматичного керування й регулювання, як окремих машин, так і окремих частин виробничого процесу.

Контролери знаходять застосування для керування:

- пресами;
- змішувачами пластифікатора й цементу;
- насосними й вентиляторами;
- деревообробним обладнанням;
- гідравлічними підйомниками;
- конвеєрами;
- обладнанням харчової промисловості;
- лабораторним устаткуванням;
- обміном даними через модем;
- електротехнічним обладнанням і апаратурою.

На основі даних контролерів можуть створюватися ефективні керуючі пристрої, що вирізняються невисокою вартістю. SIMATIC S7-200 дозволяють вирішувати широкий спектр задач керування. Від заміни простих релейно - контактних схем до побудови автономних систем керування або створення інтелектуальних пристроїв систем розподіленого вводу-виводу. Програмувальні контролери S7-200 знаходять застосування там, де основною вимогою до системи керування є її низька вартість.

Основні переваги:

- програмувальні контролери, що відрізняються максимумом ефективності при мінімумі витрат.
- простота монтажу, програмування й обслуговування.
- вирішення як простих, так і комплексних завдань автоматизації.
- можливість застосування у вигляді автономних систем або в якості інтелектуальних ведених пристроїв систем розподіленого вводу-виводу.
- можливість використання в сферах, де застосування контролерів раніше вважалося економічно недоцільним.
- робота в реальному масштабі часу й потужні комунікаційні можливості.
- компактні розміри, можливість установки в обмежених обсягах.

Модулі ЕМ 231 виконують аналого-цифрове перетворення вхідних аналогових сигналів контролера. Результат перетворення може бути використаний центральним процесором Simatic S7-200 у процесі виконання програми. Аналогові модулі введення перетворюють зовнішні аналогові сигнали процесу у рівень внутрішніх цифрових сигналів для обробки в S7-200.

Модулі ЕМ 222 дозволяють збільшувати кількість дискретних виходів, що обслуговуються одним центральним процесором S7-200. Модулі ЕМ 222 виробляють перетворення внутрішніх логічних сигналів контролера в його вихідні дискретні сигнали. Допустимі параметри вихідних сигналів визначаються типом використовуваного модуля. Цифрові модулі виведення

перетворять рівень внутрішніх сигналів S7-200 в рівень зовнішніх сигналів, необхідний для процесу.

Характеристики:

- кількість виходів: 8;
- тип вихідного каскаду: транзисторний ключ або "сухий" контакт;
- гальванічне розділення зовнішніх і внутрішніх ланцюгів;
- номінальна вихідна напруга: 24 В пост.струму; 24 В пост.струму або 250 В змінного струму; 120/230 В змінного струму;
- можливість монтажу на DIN-рейку або плоску поверхню;
- довжина екранованого кабелю: не більше 500 м;
- габаритні розміри: 46 × 80 × 62 мм або 71,2 × 80 × 62 мм;
- текстовий дисплей.

Для перегляду значень параметрів на об’єкті по місцю установлені текстові дисплеї TD 200, зовнішній вид зображено на рис. 2.1. Поточні значення технологічних параметрів можуть відображатися на дисплеї і модифікуватися за допомогою його клавіш. Наприклад, модифікації можуть піддаватися задані значення регульованої температури, швидкості і т.д.

Установка станів входів і виходів з допомогою 8 програмованих клавіш: може використовуватися для виконання пуско-налагоджувальних робіт, а також реалізації операцій ручного управління.

Додаткові функції і характеристики: виконання операцій з плаваючою комою, відображення спеціальних символів і гістограм, використання різних блоків даних для підключення до одного центрального процесора кількох текстових дисплеїв TD 200, використання парольного захисту для доступу до меню, використання різних типів змінних.

Текстовий дисплей TD 200 є найбільш зручним засобом для створення інтерфейсу оператора з програмованим контролером SIMATIC S7-200. Дисплей з'єднується з контролером з'єднувальним кабелем, що входять в його комплект поставки, по PPI інтерфейсу і не вимагає використання додаткового джерела живлення. TD 200 може бути використаний для

вирішення наступних завдань: а) відображення повідомлень; б) зміна параметрів настройки програми; в) ручний запуск і зупинка машин і механізмів. Він володіє наступними перевагами:

- зручність користування;

- оперативне управління і моніторинг: відображення текстових повідомлень, зміна параметрів налаштування системи, встановлення входів і виходів;

- безпосереднє підключення до інтерфейсу центрального процесора за допомогою вхідного в комплект поставки кабелю чи включення до PPI мережі;

- відсутність необхідності у використанні окремого блоку живлення;

- налаштування параметрів з STEP 7 Micro / WIN без використання додаткового програмного забезпечення;

- можливість виготовлення фронтальної панелі з урахуванням побажань замовника;

- виконання операцій адресації і настройки за допомогою системи меню;

Параметри настройки текстового дисплея TD 200 зберігаються в пам'яті центрального процесора программируемого контролера S7-200. Необхідні частини текстових повідомлень і параметри настройки текстового дисплея формуються інструментальними засобами пакета STEP7-Micro/WIN. Додаткового програмного забезпечення для цих цілей не потрібно.

У пам'яті центрального процесора программируемого контролера S7-200 резервується спеціальна область для зберігання даних, що використовуються для організації зв'язку з текстовим дисплеєм TD 200. При виконанні функцій людино-машинного інтерфейсу TD 200 здійснює безпосереднє звернення до цієї області пам'яті центрального процесора.

Для визначення параметрів настройки текстового дисплея TD 200 використовується спеціальний майстер, вбудований в середу STEP 7-Micro/WIN.

TD 200 виконує виведення текстових повідомлень: до 80 текстових повідомлень, що містять до 4 змінних, підтримка кирилиці. Висновок повідомлень з підтвердженням їх отримання або повідомлень, захищених паролем. Збереження текстів повідомлень на різних мовах в пам'яті дисплея.

TD 200 має такі конструктивні особливості:

- пластиковий корпус із ступенем захисту лицьової панелі IP 65;

- товщина корпусу 27мм: можливість установки в шафи і пульти управління, а також використання в якості ручної панелі;

- LCD дисплей з внутрішньої світлодіодним підсвічуванням;

- ергономічний дизайн клавіш, можливість програмного визначення їх призначення;

- вбудований інтерфейс для підключення кабелю.

Верхній рівень представлений в першу чергу операторськими станціями, а також робочими місцями фахівців, сервером баз даних. Робочі станції отримують від підсистем і систем введення/виведення різні дані про стан технологічного процесу. Отримані дані необхідно обробити певним чином, проаналізувати, піднести диспетчеру в тій чи іншій формі інформацію про стан технологічного процесу, дати йому можливість керувати процесом. Крім цього слід виконувати й інші функції, такі як створення документів і звітів. Для виконання зазначених функцій необхідно программе забезпечення, яке забезпечить збір обробку, аналіз даних про параметри процесу, управління процесом.

Для реалізації обміну інформації на верхньому рівні використовується:

- робоча станція, з комплектацією Pentium 4 2.0 ; 1 Гб ОЗУ ; 128 Мб відео ; HHD 40 Гб;

- комутатор серії D-Link DGS-1210;

- АРМ диспетчера Pentium 4 2.0 ; 1 Гб ОЗУ ; 128 Мб відео ; HHD 40 Гб;

- периферійні пристрої типу Canon i-SENSYS LBP6000;

- сервер архівування даних Siemens S7-200 SIMATIC Rack PC 840 V2.

3.3.3 Виконавчі механізми та регулюючі органи

Для переміщення регулювального органа призначений виконавчий механізм однооборотний типу МЭО-100/25-0,25. Для безконтактного керування МЭО-100/25-0,25 призначений пускач безконтактний реверсивний типу ПБР-2М. Для дистанційної вказівки положення вала виконавчого механізму призначений дистанційний покажчик положення типу УП-1.

На котлі передбачена автоматична відсічка газу у разі падіння тиску газу або повітря, для цього в схемі задіяно реле тиску РД–0,1, призначене для перемикання електричних кіл (їх замикання або розмикання) у момент досягнення заданого тиску як при підвищенні, так і при зниженні тиску робочого середовища до значення фіксованого уставки. В якості перемикача використовується герметизований контакт (геркон). Реле РД–0,1 витримує підвищені значення перевантажувального тиску. Перевагами реле РД–0,1 є можливість зміни уставок в умовах експлуатації; висока корозійна стійкість.

4 РОЗРОБКА ТЕХНІЧНОЇ ДОКУМЕНТАЦІЇ

4.1 Функціональна схема автоматизації управління заданим технологічним процесом

САР температури

Значення термодатчика навколишнього середовища ТМ 111 (поз 1а) напряму, а також з датчиків температури води в трубопроводах QAD 21(поз 2а,3а) через показуючий реєструючий прибор Autonics KRN100 (поз 2б,3б) поступають на контролер S7-200. Він видає управляючий сигнал, що подається на блок ручного керування БРУ -22 (поз 1д,1е),за допомогою якого реалізується переключення з ручного режиму і навпаки. (Для використання ручного режиму використовуємо задатчик РЗД-22 (поз 1в,1ж)).

Далі сигнал поступає на пускач безконтактний ПБР-2М (поз 1г ,1з), і на виконавчий механізм МЭО 100/25, який керує регулюючим органом. Для дистанційного виказання положення вихідного валу електричного виконавчого механізму використовується дистанційний показник положення УП-1 (поз 1д,1и).

САР розрідження в топці

З датчика з уніфікованим вихідним сигналом Сафір-100 ДІ (поз 8а) сигнал поступає на прибор показуючий та реєструючий Autonics KRN100 (поз 8б) і на вхід контролера. Контролер видає сигнал на блок ручного управління БРУ 22 (поз 8в), який дозволяє переключати ручний і автоматичний режими, на пускатель ПБР-2М (поз 8г) и далі на виконавчий механізм МЭО 100/25. Для дистанційного показання положення вихідного вала електричного виконавчого механизму використовується дистанційний показник положения УП-1 (поз 8е).

САР тиску води в трубопроводі

Схема аналогічна до попередньої . З датчика с уніфікованим виходним сигналом Сафір-100 ДІ (поз 11а) сигнал поступає на прибор показуючий регіструючий Autonics KRN100 (поз 11б) і на вхід контролера .Контролер видає сигнал на блок ручного управління БРУ 22 (поз 11в) , котрий дозволяє переключати ручний і автоматичний режими , і далі на пускач ПБР-2М (поз 11г) і на виконавчий механізм МЭО 100/25.

Для дистанційного показання положення вихідного вала електричного виконавчого механизму використовується дистанційний показник положения УП-1 (поз 11е).

САР регулювання температури в трубопроводах.

З датчика температури води QAD 21(поз 2 и 3) сигнал поступає напряму в контролер. Також використовуються сигнали датчиків – реле напора ДН 40 (поз 14а ,17а), вони поступають на Сафір 45 ДИ (поз 14б , 17б) , далі на прибор показуючий регіструючий Autonics KRN100 (поз 14в, 17в) и на контролер.

З контролера управляючий сигнал поступає на блок ручного управління БРУ 22(поз 14г,17г), і на пускач ПБР-2М (поз 14ж , 17ж).Далі сигнал йде на виконавчий механізм.

САР співвідношення паливо-повітря.

З датчиків реле напора ДН40 (поз 20А,21а,22а) сигнал поступає на прибор для виміру витрати US 800(поз 20б,21б,22б) , а далі на показуючий регіструючий прибор Autonics KRN100 (поз 20в,21в,22в) и на контролер.

З контролера сигнал поступає на блок ручного управління БРУ-22 (поз 20г) , пускач ПБР-2М (поз 20д) і на виконавчий механізм МЭО 100/25.

4.2 Принципова електрична схема

Принципова електрична схема є проектним документом, що визначають повний состав електричної частини та зв'язків між її елементами,

а також дає детальна вистава про принципи роботи системи. Перелік установленого встаткування зазначений у специфікації.

Принципова схема служить підставою для розробки інших схем проекту: монтажних схем щитів і пультів, схем зовнішніх з'єднань.

Принципова електрична схема виконана стосовно до системи автоматичного регулювання температури води.

Простота й економічність спроектованої схеми забезпечується застосуванням стандартної апаратури й типових вузлів.

Принципова електрична схема забезпечує оптимальні умови роботи оперативного персоналу при керуванні й обслуговуванні водогрійного котлу в процесі роботи. Ця вимога передбачає спрощення операцій, вироблених обслуговуючим персоналом при керуванні, можливість швидкого вибору необхідного режиму роботи, перехід з автоматичного режиму на ручний і назад.

Температура гарячої води вимірюється уніфікованив термометром опору ТСП, струмовий сигнал від якого 4 – 20 мА проходить через блок живлення БЖ-10 і подається на вхід контролера. Контролер виробляє управляючий вплив залежно від відхилення контрольованого параметра. Сигнал з виходу контролера – 30 В подається на ключ вибору режиму управління ручний або автоматичний, за допомогою якого здійснюється вибір режиму регулювання – автоматичний або ручний. В автоматичному режимі роботи управління робить контролер у ручному режимі управління виконується кнопками.

4.3 Складання замовленої специфікації на засоби автоматизації

Специфікація являє собою перелік матеріалів і встаткування, необхідного для технічної реалізації проекту.

У специфікації приводять відомості, необхідні для замовлення устаткування і матеріалів.

Специфікація складається при виконанні робочої документації. Вона призначаються для замовлення встаткування, кабельно- провідникової продукції та монтажних матеріалів. Складається специфікація у вигляді таблиці встановленого зразка.

Виконавчий механізм регулювального органа приводиться в рух реверсивним пускачем. Інформацію про ступінь відкриття регулювального органа показує дистанційний покажчик положення УП-1, що працює з реостатним датчиком виконавчого механізму.

Провода з індексами А и N (наприклад А803 і N804) служать для підведення електроживлення до окремих елементів схеми.

4.4 Розробка схеми зовнішніх з'єднань, вибір щитів

Схема зовнішніх з'єднань виконана без дотримання масштабу і являє собою комбіновану схему, на якій показані електричні й трубні з'єднання між приладами й засобами автоматизації, установленими на технологічнім устаткуванні. Схема зовнішніх з'єднань виконана для системи автоматичного регулювання температури гарячої води.

Із щита КВПтаА виходять два кабелі КВВГ 4*1 у захисній трубі довжиною 60м, і КВВГ 10*1 у захисній трубі довгої 60 м для з'єднання електричної схеми щита КВПтаА із зовнішніми клемниками, розташованими безпосередньо перед виконавчим механізмом МЕО й датчиком тиску Сафір-100. Із клемних з'єднувачів виходять кабелі МКШ 3*1 і МКЭШ 10*0,5 для приєднання електродвигуна й схеми управління виконавчого механізму відповідно.

Тому, що щит установлюється поблизу об'єкта поза приміщенням, доцільно використовувати щит шафової. Щит призначений для монтажу на його лицьовій панелі апаратури для контролю й управління тепловим режимом печі, для захисту апаратури від механічних ушкоджень, для

запобігання випадкового дотику обслуговуючого персоналу до відкритих струмоведучих частин апаратури й складанням затискачів.

Щит має наступні габаритні розміри: висота – 2200 мм, ширина лицьової панелі – 900 мм, ширина бічної стінки – 800 мм. На лицьовій панелі розташовуються три блоки живлення, п'ять блоків ручного управління, п'ять ламп схеми сигналізації, виносна панель управління контролера. Уся комутація зводиться до складань контактних затискачів.

4.5 Замовна специфікація на весь комплекс технічних засобів автоматизації

Специфікація являє собою перелік матеріалів і устаткування, необхідного для технічної реалізації проекту.

У специфікації приводять відомості, необхідні для замовлення встаткування й матеріалів.

Специфікація складається при виконанні робочої документації. Вона призначаються для замовлення встаткування, кабельно- провідникової продукції й монтажних матеріалів. Складається специфікація у вигляді таблиці встановленого зразка.

Виконавчий механізм регулювального органа приводиться в рух реверсивним пускачем. Інформацію про ступінь відкриття регулювального органа показує дистанційний покажчик положення УП-1, що працює з реостатним датчиком виконавчого механізму.

Провода з індексами А и N (наприклад А803 і N804) служать для підведення електроживлення до окремих елементів схеми.

5 РОЗРАХУНОК СИСТЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ ТА ПОКАЗНИКІВ ЇЇ НАДІЙНОСТІ

5.1 Розрахунок виконавчого механізму та регулюючого органу

В системах автоматичного керування поширений дросельний метод регулювання, заснований на змінюванні опориу трубопроводу поміж джерелом регульованого середовища й об'єктом регулювання. Для здійснення цього методу застосовуються регулювальні дросельні органи (РО) - клапани, повертальні заслінки, шибери та діафрагмові дросельні органи.

Регулювальні органи характеризуються багатьма параметрами, основними з яких є: перепускна та умовна перепускна здатність, перепускна та витрачальна характеристика.

Перепускною здатністю K_v зветься витрати рідини густиною 1000кг/м^3, яка перепускається РО при перепаді тиску на ньому 100 кПа. Перепускна здатність вимірюється в м^3/г.

Умовна перепускна здатність K_{vy} - це номінальне значення перепускної здатності РО при максимальному (умовному) ході затвору, м^3/г. Умовна перепускна здатність залежна від типу РО, розміру його умовного проходу D_Y.

Перепускна характеристика встановлює залежність перепускної здатності відносно переміщення затвору 1 при перепаді тиску:

$$Kv=f(l)$$

В робочих умовах вигляд перепускної характеристики змінюється в залежності від зміни перепаду тиску на регулювальному органі. Внаслідок цього РО характеризується витрачальною характеристикою, яка являє собою залежність відносного витрати середовини, а від ступені відкриття РО:

$$q\text{-}f(l),$$

де $q=Q/Q_{max}$ - відносне витрати середовиша;

Q - витрати середовища при ступені відкриття РО;

Q_{max} - витрати середовища при повністю відкритому РО.

Дросельні пристрої серійно випускних регулювальних клапанів профілюються з лінійною та рівновідсотковою перепускною характеристикою.

При лінійній пропускній характеристиці прирощення пропускної здатності пропорційно переміщенню затвору. При рівновідсотковій перепускній характеристиці прирощення перепускної здатності при переміщенні затвору пропорційно поточному значенню перепускної здатності.

Регулювальні заслінки відносяться до непрофілюючих РО і мають перепускні характеристики, близькі до рівновідсоткових.

Вибір форми перепускної характеристики

Однією із найвідповідальніших складових систем автоматичного регулювання є виконавчий пристрій является, який складається з дроселюю чого пристрою та виконавчого механізму. Від правильного розрахунку пропускної здатності та вибору характеристик регулюючого органу в значній мірі залежить якість регулювання.

Правильно розрахований регулюючий орган не повинен спотворювати характеристики лінійного агрегата – він призначений для лінеаризації статичної характеристики об’єкта.

В системах автоматичного регулювання розповсюджений дросельний метод регулювання, оснований на зміні опору трубопровода між джерелом середовища, що регулюється, та об’єктом регулювання. Для реалізації цього метода використовуються регулюючі дросельні органи - клапани, поворотні засувки, шибери тощо.

Вихідні дані для розрахунку:

1. Максимальна витрата середовища в нормальних умовах (об’ємний G_{max}):

$$Q_{min}=(1/4 \div 1/3)Q_{max}. \quad (5.1)$$

2. Абсолютний тиск на початку $P_{нач}$ та в кінці $P_{кін}$ частини трубопроводу;

3. Абсолютна температура середовища Т (незмінна для всієї частини трубопроводу);

4. Характеристика мережі;

5. Статична характеристика об’єкта.

Послідовність розрахунку:

Визначення втрат тиску на заданому відрізку трубопроводу.

Загальні втрати тиску на заданому відрізку трубопроводу складаються зі втрат на відрізку трубопроводу до $\Delta Рл_1$, та після $\Delta Рл_2$ регулювального органу, а також на самому РО $\Delta Рро$. Розрахунок вміщує визначення спочатку $\Delta Рл_1$, а потім $\Delta Рл_2$ по одній і тій же схемі та по однім і тим же формулам, але для різних умов і властивостей середовища до і після РО.

Так як витрата газа на ділянці газопровода $L_1 – L_6$ в три раза більше, ніж на ділянці $L_7 – L_{10}$, розрахунки еквівалентного діаметра траси, втрат напору на тертя, втрат напору на місцевих опорах поділяється на дві ділянки: ділянка 1: $L_1 – L_6$, ділянка 2: $L_7 – L_{10}$, рис. 4.7. В даному розділі наведено розрахунок ділянки 2 за умови, що начальний тиск цієї ділянки $P_{нач}$ відомий та складає 0,8 кгс/см^2 =78,4кПа, кінцевий тиск складає 0,7кгс/см^2 =68,7кПа.

Загальні втрати тиску на заданій ділянці трубопровода складається із втрат на відрізку до ΔP_1 та після ΔP_2 регулюючого органу, а також на самому регулюючому органі $\Delta P_{РО}$. Максимальна витрата газу на даній ділянці складає 200 м^3/ч.

Мінімальна витрата природного газа:

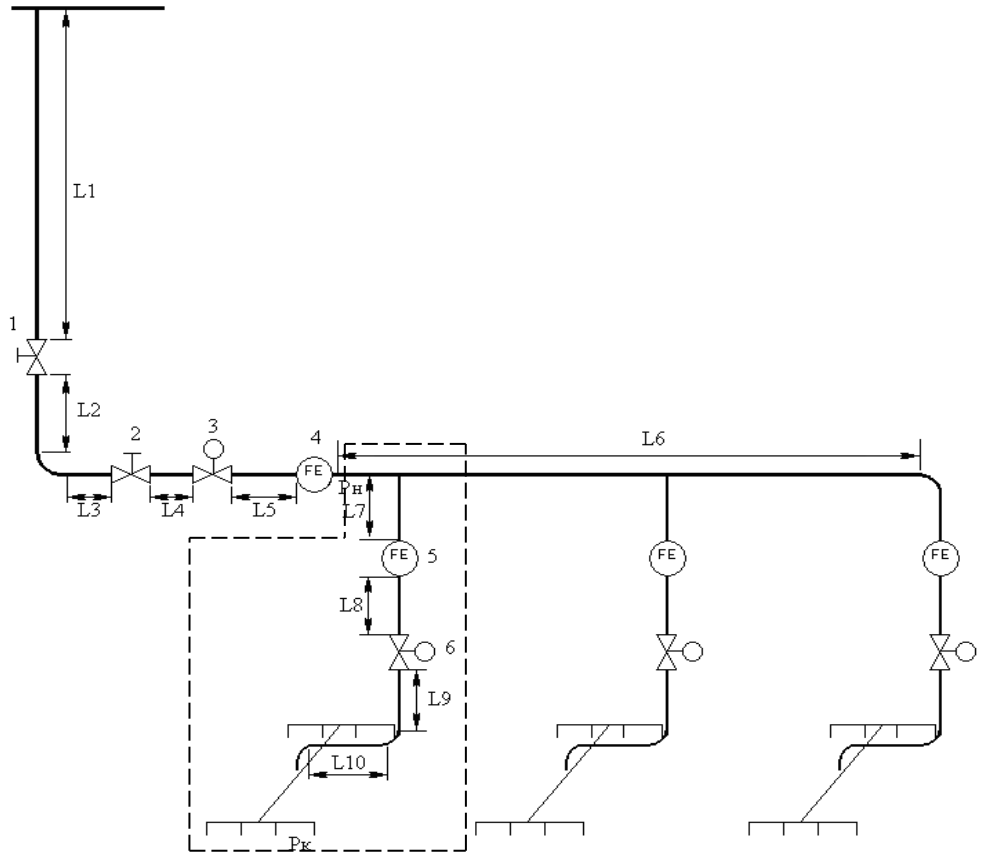
$$Q_{\min} = 0{,}25 Q_{\max} = 0{,}25 \cdot 200 = 50\ м^3/ч.$$

Абсолютний тиск газа в началі трубопровода:

$$P_{нач} = P_{н} + P_{нач} = 0{,}179 + 0{,}078 = 0{,}257\ МПа,$$

де $P_н$=0,179 *МПа* – абсолютний тиск газа при нормальних умовах.

Схема пічного газопровода наведена на рис. 5.1.



1,2 – засувка із ручним приводом; 3 – відсічний клапан; 4,5 – звужуючий пристрій витратоміра; 6 – регулюючий орган; L_1 – L_{10} – довжини прямих ділянок газопровода

Рисунок 5.1 - Схема пічного газопровода

Розрахункова максимальна витрата до регулюючого органу:

$$Q_{\max 1} = Q_{\max} \frac{P_н \cdot T}{P_{нач} \cdot T_н} = 200 \frac{0{,}179 \cdot 293}{0{,}257 \cdot 293} = 139{,}09 \text{ } м^3/ч$$

Щільність газу до регулюючого органу:

$$\rho_1 = \rho_н \frac{P_{нач} \cdot T_н}{P_н \cdot T} = 0{,}725 \frac{0{,}257 \cdot 293}{0{,}179 \cdot 293} = 1{,}042 \text{ } кг/м^3,$$

де $\rho_н$=0,725 *кг/м*^{3} – щільність газа при нормальних умовах;

$T_н$=293 К – абсолютна температура газа при нормальних умовах.

Динамічна в’язкість газа:

$$\mu_1 = 1{,}11 \cdot 10^{-6} \text{ } кгс \cdot с / м^3 = 1{,}08 \cdot 10^{-5} \text{ } Па \cdot с$$

Діаметр трубопровода до регулюючого органу:

$$D_1 = 18{,}85 \cdot \sqrt{\frac{Q_{\max 1}}{V}} = 18{,}85 \cdot \sqrt{\frac{139{,}09}{25}} = 44{,}46 \text{ } мм,$$

де V=25 м/с – допустима швидкість руху газа.

Приймається діаметр $D_{ст}$=50 *мм*.

Розрахункова швидкість середовища у трубопроводі до регулюючого органу:

$$V_1 = \frac{354 Q_{\max 1}}{D_{ст1}^2} = \frac{354 \cdot 139{,}09}{50^2} = 19{,}69 \text{ } м/с.$$

Число Рейнольдса для газа до регулюючого органу:

$$\mathrm{Re}_1 = 0{,}354\frac{Q_{\max 1}\cdot \rho_1}{D_{ст1}\cdot \mu_1} = 0{,}354\frac{139{,}09\cdot 1{,}042}{50\cdot 1.08\cdot 10^{-5}} = 950108$$

Коефіцієнт гідравлічного тертя для частин трубопровода до регулюючого органу:

$$\lambda_1 = \frac{1}{(2\lg(19{,}5D_{ст}))^2} = 0{,}028$$

Втрати тиску на прямих ділянках трубопровода до регулюючого органу:

$$\Delta P_{пр1} = \lambda_1 \frac{\rho_1\cdot(L_7+L_8)\cdot V_1^2}{2D_{ст}} = 0{,}028\frac{1{,}042\cdot 1\cdot 19{,}69^2}{2\cdot 0{,}05} = 113\ Па.$$

Втрати тиску на на місцевих опорах до регулюючого органу:

$$\Delta P_{м1} = (\xi_1^1+\xi_1^2)\frac{\rho_1\cdot V_1^2}{2} = 3{,}5\frac{1{,}042\cdot 19{,}69^2}{2} = 706{,}9\ Па,$$

де ξ_1^1=2,5 – коэфіцієнт місцевого опору трійника, який розрає середовище на 90°;

ξ_1^2=1 – коэфіцієнт місцевого опору на чутливому елементі витратоміра.

Втрати тиску в лінії до регулюючого органу:

$$\Delta P_{л1} = \Delta P_{пр1} + \Delta P_{м1} = 113{+}706{,}9 = 819{,}9\ Па.$$

Абсолютний тиск газа до регулюючого органу:

$$P_1 = P_{нач} - \Delta P_{л1} = 0{,}257 - 0{,}000819 = 0{,}256\ МПа.$$

Абсолютний тиск газа в кінці трубопровода:

$$P_{кон} = P_н + P_{кон} = 0{,}179 + 0{,}068 = 0{,}247\ МПа.$$

Абсолютний тиск газа після регулюючого органу:

$$P_2 = P_1 - 0{,}3(P_{нач} - P_{кон}) = 0{,}256 - 0{,}3(0{,}257 - 0{,}247) = 0{,}253 МПа$$

Розрахункова максимальна витрата після регулюючого органу:

$$Q_{\max 2} = Q_{\max} \frac{P_н \cdot T}{P_{кон} \cdot T_н} = 200 \frac{0{,}179 \cdot 293}{0{,}253 \cdot 293} = 141{,}5\ м^3/год.$$

Щільність газа після регулюючого органу:

$$\rho_2 = \rho_н \frac{P_2 \cdot T_н}{P_н \cdot T} = 0{,}725 \frac{0{,}253 \cdot 293}{0{,}179 \cdot 673} 293 = 1{,}024\ кг/м^3,$$

Діаметр трубопровода після регулюючого органу:

$$D_2 = 18{,}85 \cdot \sqrt{\frac{Q_{\max}}{V}} = 18{,}85 \cdot \sqrt{\frac{141{,}5}{25}} = 44{,}84\ мм,$$

Приймається діаметр $D_{ст}$=50 *мм* .

Розрахункова швидкість середовища у трубопроводе після регулюючого органу:

$$V_2 = \frac{354 Q_{\max}}{D_{ст}^2} = \frac{354 \cdot 141{,}5}{50^2} = 20{,}036 \text{ м/с}.$$

Число Рейнольдса для газа після регулюючого органа:

$$\mathrm{Re}_2 = 0{,}354 \frac{Q_{\max 2} \cdot \rho_2}{D_{ст} \cdot \mu_2} = 0{,}354 \frac{141{,}5 \cdot 1{,}024}{50 \cdot 1{,}08 \cdot 10^{-5}} = 94987.$$

Коефіцієнт тертя для частин трубопровода після регулюючого органу:

$$\lambda_2 = \frac{1}{(2\lg(19{,}5 D_{ст}))^2} = 0{,}028.$$

Витрати тиску на прямих ділянках трубопровода:

$$\Delta P_{пр2} = \lambda_2 \frac{\rho_2 \cdot (L_9 + L_{10}) \cdot V_2^2}{2 D_{ст}} = 0{,}028 \frac{1{,}024 \cdot 2{,}5 \cdot 20{,}036^2}{2 \cdot 0{,}05} = 281{,}02 \text{ Па}.$$

Втрати тиску на місцевих опорах:

$$\Delta P_{м2} = \xi_2^1 \frac{\rho_2 \cdot V_2^2}{2} = 0{,}2 \frac{1{,}024 \cdot 20{,}04^2}{2} = 41{,}12 \text{ Па},$$

де ξ_2^1=0,2 – коэфіцієнт місцевого опору простого коліна.

Втрати тиску в лінії після регулюючого органу:

$$\Delta P_{л2} = \Delta P_{пр2} + \Delta P_{м2} = 281{,}02 + 41{,}12 = 322{,}14 \text{Па} = 0{,}00032 \text{ МПа}.$$

Загальний перепад тиску у мережі:

$$\Delta P_с = P_{нач} - P_{кон} = 0{,}257 - 0{,}247 = 0{,}01 \text{ МПа}.$$

Втрати тиску у регулюючому органі:

$$\Delta P_{PO} = \Delta P_c - (\Delta P_{л1} + \Delta P_{л2}) = 0{,}01 - (0{,}00819 + 0{,}00032) = 0{,}00139 \ МПа.$$

Пропускна здатність регулюючого органу:

$$K_{v\max} = \frac{Q_{\max}}{5350}\sqrt{\frac{\rho_2 \cdot T_1 \cdot K}{\Delta P_{PO} \cdot P_2}} = \frac{200}{5350}\sqrt{\frac{0{,}725 \cdot 293 \cdot 0.99832}{0{,}00139 \cdot 0{,}253}} = 29{,}03 \ м^3/год.$$

Умовна пропускна здатність регулюючого органу:

$$K_{v\,усл} \geq 1{,}2 K_{v\max}.$$

Приймається $K_{v\,усл} = 34{,}836 \ м^3/год$.

Обрано регулюючий орган – дросельна поворотна заслінка **ЗМС-50 с D_y=50 *мм*, з умовним тиском P_y=0,1 *МПа*.**

Відношення перепаду тиску в лінії до перепада тиску на регулюючому органі:

$$n = \frac{\Delta P_л}{\Delta P_{PO}} = \frac{\Delta P_{л1} + \Delta P_{л2}}{\Delta P_{PO}} = \frac{0{,}00819 + 0{,}00032}{0{,}00139} = 6{,}12.$$

Обрано рівно відсоткову пропускну характеристику регулюючого органу.

Уточнене значення максимальної витрати через регулюючий орган:

$$Q'_{\max} = K_{vусл} \cdot \frac{5350}{\sqrt{\frac{\rho_2 \cdot T_1 \cdot K}{\Delta P_{PO} \cdot P_2}}} = 34{,}836 \frac{5350}{\sqrt{\frac{0{,}725 \cdot 293 \cdot 0{,}99832}{0{,}00139 \cdot 0{,}253}}} = 240 м^3/ч$$

Відносне значення витрат:

$$q_{\max} = \frac{Q_{\max}}{Q'_{\max}} = \frac{200}{240} = 0.83$$

$$q_{\min} = \frac{Q_{\min}}{Q'_{\max}} = \frac{50}{240} = 0.21.$$

Вибір перепускної характеристики регулювального органа

Аналіз збурень в об'єкті показав, що для цього процесу бажана лінійна витрачальна характеристика, то потрібно зробити вибір лінійної перепускної характеристиками РО, виходячи з того, що при n<1,5 переважна лінійна перепускна характеристика.

При n<1,5 обирається лінійна перепускна характеристика.

При відомих значеннях n, q_{max} і q_{min} знаходимо значення l_{max} та l_{min} (діапазон навантаження) для РО з лінійною пропускною характеристикою:

$$l_{max} = 0.75,$$

$$l_{min} = 0.25.$$

При цьому коефіцієнт передачі $К_{РО}$ знаходимо для l_{max} та l_{min}.

$$К_{ро\ max} = 0.9;$$

$$К_{ро\ min} = 1.6;$$

$$\frac{Кро\ max}{Кро\ min} = \frac{0.9}{1.6} = 0.56.$$

Розрахунок з'єднання регулювального органа з виконавчим механізмом

Для якісного регулювання коефіцієнт передачі САР повинен бути незмінним. Його величина визначається добутком

$$К=К_{об}\cdot К_{р}\cdot К_{вм}\cdot К_{з}\cdot К_{ро},$$

де $К_{об}$ – коефіцієнт передачі об’єкта;

$К_{р}$ – коефіцієнт передачі регулятора;

$К_{вм}$ – коефіцієнт передачі виконавчого механізму;

$К_{з}$ – коефіцієнт передачі з’єднання;

$К_{ро}$ – коефіцієнт передачі регулювального органа.

При вибраних формах витрачальної та пропускної характеристик, які забезпечують сталість коефіцієнта передачі регулювального органа, незмінність К може бути отримана шляхом компенсації не лінійності статичної характеристики об’єкта не лінійністю з’єднання виконавчого механізму з регулювальним органом.

Побудова статичної характеристики з’єднання регулюючого органу з об’єктом регулювання

Статичну характеристику об’єкта регулювання у безрозмірній формі:

$$X_{вих\,об}=\frac{X^{i}_{вих}}{X_{вих\,max}};\qquad X_{вх\,об}=X_{вих\,РО}=\frac{X^{i}_{вх}}{X_{вх\,max}};$$

де $X_{вих\ об}$ і $X_{вх\ об}$ – безрозмірні значення вихідної та вхідної величини об’єкта регулювання;

$X^{i}_{вих}$ і $X_{вих\ max}$ – і-те та максимальне значення розмірної вихідної величини об’єкта регулювання;

$X^{i}_{вх}$ і $X_{вх\ max}$ – і-те та максимальне значення розмірної вхідної величини об’єкта регулювання.

Безрозмірна статична характеристика об’єкта регулювання будується у першому квадранті координатної площини $X_{вих\ об}=f(X_{вих\ ро})$.

У другому квадранті цієї ж площини будується лінійна характеристика «виконавчий механізм – об’єкт регулювання» в безрозмірному вигляді.

Праву піввісь координатної площини поділяється на десять рівних інтервалів і, відповідно до схеми, будується у четвертому квадранті статична характеристика з'єднання виконавчого механізму з регулювальним органом.

Отримана характеристика лінеаризує регульований об'єкт, оскільки вона є дзеркальним відображенням його статичної залежності і забезпечує сталість коефіцієнта передачі САР.

Графічний метод розрахунку з'єднання регулювального органу з виконавчим механізмом.

Для будови з'єднання РО з поступовим рухом затвора з виконавчим механізмом попередньо визначаємо його вигляд, відстань S і довжину важеля. Довжина важеля R визначається за формулою:

$$R = \frac{A * l * r}{h},$$

де r=200 мм – довжина кривошипу виконавчого механізму;

l = 80 мм – відстань між віссю обертання важеля клапана та віссю з'єднання його зі штоком;

$h=(0,6\div0,8)D_c$ – хід клапана, де $D_c=(0,4\div0,5)D_y$;

A – коефіцієнт.

$$D_c = 0,4 * 80 = 32\,[мм];$$
$$h = 0,6 * 32 = 19.2\,[мм];$$

Для характеристики з'єднання, близької до криволінійної A=1,4.

$$R = \frac{1,4 * 80 * 200}{19.2} = 1167\,[мм].$$

Для отримання криволінійної характеристики з'єднання довжина тяги повинна бути L=R–r =1167 – 200 =967 [м]. Відстань між осями S повинна бути (3÷5)r.

$$S = 5*200 = 1000[мм].$$

Далі для прийнятої геометрії з'єднування графічним шляхом будується залежність $h=f(\varphi_{вм})$.

Вибір виконавчого механізму

Вибір виконавчого механізму базується на зусиллі, яке він повинен розвинути при зміні положення регулюючого органу.

Для поворотних заслінок величину момента, необхідного для їх повороту, визначають за формулою:

$$M = K(M_p + M_m),$$

де *K* – коефіцієнт, враховуючий затягування ущільнювача та навантаження. Приймається *K*=2.

Реактивний момент Мр рівен:

$$Mp=0,07\cdot\Delta P_{PO}\cdot Dy=0,07\cdot 13900\cdot 0,005=4,86 Н\cdot м$$

Момент тертя в опорах $M_т$:

$$M_m = 0,785\cdot D_y^2\cdot\Delta P_{PO}\cdot r_ш\cdot\lambda,$$

де $r_ш$ – радиус шейки вала ($r_ш$=0,07 м);

λ – коефіцієнт тертя в опорах (λ=0,15).

$$M_m=0,785\cdot 0,005^2\cdot 13900\cdot 0,07\cdot 0,15= 0,57\ Н\cdot м.$$

Таким чином, мінімальне значення момента, необхідного для повороту заслінки:

$$M=2,5\cdot(4,86+0,57)=13,575 Н\cdot м$$

Приймається $M=16$ $Н\cdot м$.

За результатами розрахунку обрано виконавчий механізм: **МЭО-16/63-0,63.**

Зовнішній вигляд виконавчого механізму наведений на рис. 5.2.

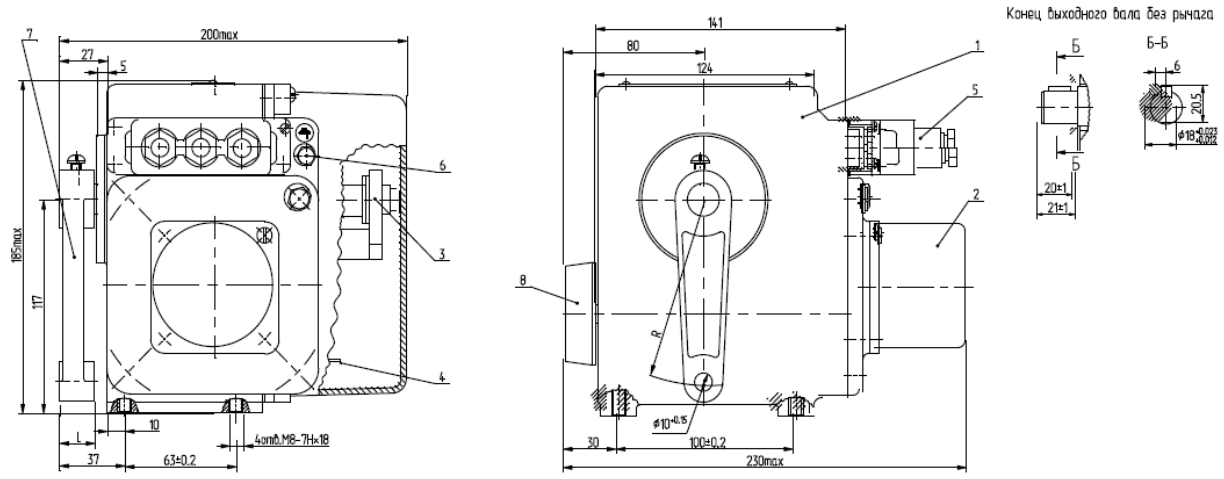


Рисунок 5.2 - Зовнішній вигляд виконавчого механізму

5.2 Розрахунки основних параметрів надійності та працездатності

5.2.1 Розрахунок параметрів наближеним методом

При цьому методі враховуються середньогрупові інтенсивності відмов елементів системи та досвід експлуатації аналогічних виробів.

Алгоритм розрахунку наступний:

- всі елементи системи розподіляються на групи з приблизно однаковими значеннями середніх інтенсивностей відмов (λ_{oi}) елементів та визначається кількість (n_i) цих елементів;

- розраховується добуток $\lambda_{oi} \cdot n_i$, який визначає долю відмов, що вносяться елементами даної групи у загальну інтенсивність відмов системи;

- розраховується сумарна інтенсивність відмов елементів системи (САР):

$$\Lambda'_{ел} = K\sum_{i=1}^{m} \lambda_{0i} \cdot n_i \quad \left[\frac{1}{год}\right], \tag{5.1}$$

$$\Lambda'_{ел} = K\sum_{i=1}^{m} \lambda_{0i} \cdot n_i = 2{,}5*4{,}35*8 = 87*10^{-6}\left[\frac{1}{год}\right],$$

де К – узагальнений коефіцієнт, який враховує призначення САР,

λ_{0i} – середня інтенсивність відмов відповідної групи,

m – кількість груп,

n_i – кількість елементів у групі;

- розраховується сумарна інтенсивність відмов конструктивів та монтажних з'єднань:

$$\Lambda_{км} = K\sum_{i=1}^{m} \lambda_{0i} \cdot n_i \left[\frac{1}{год}\right], \tag{5.2}$$

$$\Lambda_{км} = K\sum_{i=1}^{m} \lambda_{0i} \cdot n_i = 2{,}5*0{,}01*19*1 = 0{,}475*10^{-6}\left[\frac{1}{год}\right],$$

де К – узагальнений коефіцієнт, який враховує призначення САР;

m – кількість груп конструктивів і монтажних з'єднань з однаковою інтенсивністю відмов,

λ_{oi} – середнє значення інтенсивностей відмов конструктивів та монтажних з'єднань в одній групі (табл. 5.1),

n_i – кількість конструктивів або монтажних з'єднань у відповідній групі;

- розраховується загальна сумарна інтенсивність відмов всієї системи автоматичного регулювання (САР): $\left[\frac{1}{год}\right]$,

- загальна інтенсивність відмов:

$$\Lambda''_{заг} = \Lambda''_{ел} + \Lambda_{км} \quad \left[\frac{1}{год}\right]; \tag{5.3}$$

$$\Lambda''_{заг} = \Lambda''_{ел} + \Lambda_{км} = 87*10^{-6} + 0{,}475*10^{-6} = 87{,}475*10^{-6}\left[\frac{1}{год}\right];$$

- розраховується наробіток на відмову:

$$T'_0 = \frac{1}{\Lambda'_{заг}} \quad [год.]; \tag{5.4}$$

$$T'_0 = \frac{1}{\Lambda'_{заг}} \equiv \frac{1}{87.475} = 0.01143[год.].$$

- розраховується імовірність безвідмовної роботи САР:

$$P'(t) = e^{-\Lambda'_{заг}} = e^{-\frac{t}{T_0'}}; \qquad (0 \le t \le T_0') \tag{5.5}$$

$$P'(t) = e^{-87.475}.$$

Результати розрахунків занесено у табл. 5.1-5.3.

Таблиця 5.1 - Дані та результати розрахунків параметрів надійності наближеним методом для елементів

№ групи	Найменування та типи елементів	Позиційне позначення елемента за схемою	Кількість елементів у групі, n_i, шт.	Значення інтенсивності відмов у групі, $\lambda_{oi} \cdot 10^{-6}$, 1/год.	$\lambda_{oi} \cdot n_i$, 1/год.

Всього:	Перетворювач тиску	1а	8	8	$0,5*10^{-6}$
	Вторинний прилад	1б			$0,4*10^{-6}$
	Регулятор	1в			$0,3*10^{-6}$
	Ручний задатчик	1г			$0,2*10^{-6}$
	Перемикач	1д			$0,05*8*10^{-6}$
	Пускач	1ж			$1,3*10^{-6}$
	МЕО	1з			$1,2*10^{-6}$
	ДУП	1і			$0,05*10^{-6}$
Узагальнений коефіцієнт К	2,5				
Сумарна інтенсивність відмов, $\Lambda'_{ел}$, 1/год.					$87*10^{-6}$

Таблиця 5.2 - Дані та результати розрахунків, які враховують особливості конструкції та монтажу

№ групи	Найменування конструктивів та монтажу	Кількість об’єктів у групі, n_i , шт.	Середнє значення інтенсивності відмов у групі, $\lambda_{oi} \cdot 10^{-6}$, 1/год.	$\lambda_{oi} \cdot n_i$, 1/год.
Сумарна інтенсивність відмов, $\Lambda'_{км}$, (1/год.)				$0,475*10^{-6}$
Загальна інтенсивність відмов, $\Lambda'_{заг}$, (1/год.)				$87,475*10^{-6}$
Наробіток на відмову, T'_0 (год.)				0,01143

Таблиця 5.3 - Дані для побудування графіку залежності P' (t)

t год	0	0,5T'	T'_0	$1,5T'_0$	$2T'_0$	$2,5T'_0$	$3T'_0$	$3,5T'_0$	$4T'_0$
P' (t)	1	1,00 4*10 6	1,00921 $*10^6$	1,01385 $*10^6$	1,01851 $*10^6$	1,02319 $*10^6$	1,0279 $*10^6$	1,0326 $*10^6$	1,0374 $*10^6$

На рис. 5.3 наведено графік, який показує зменшення надійності системи при розрахунку наближеним методом.

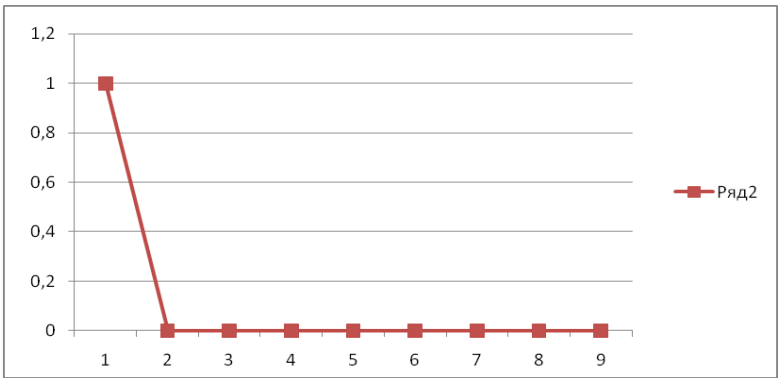


Рисунок 5.3 - Графік розрахунку наближеним методом

5.2.2 Розрахунок параметрів надійності з урахуванням режимів роботи елементів та впливом дестабілізуючих факторів (повний або уточнений розрахунок)

Для визначення коефіцієнтів навантаження елементів виконують розрахунки режимів роботи схеми або приймають рекомендовані коефіцієнти згідно статистичним даним. Вплив дестабілізуючих факторів враховується за поправними коефіцієнтами, які визначаються конкретними умовами експлуатації та технічними параметрами.

Алгоритм розрахунку:

- визначається кількість груп елементів (m) системи та кількість елементів у кожній групі (n_j), які мають однакові коефіцієнти навантаження $K_н$ та однакові інтенсивності відмов;

- згідно коефіцієнтам навантаження та максимальній температурі визначаються поправні коефіцієнти α_j.

- розраховується сумарна інтенсивність відмов з урахуванням електричного навантаження та температури нагріву для кожної групи елементів:

$$\lambda_{oj} \cdot n_j \alpha_j \left[\frac{1}{год}\right]; \qquad (5.6)$$

де n_j=1;

при α_j=0,85; $\lambda_{oj} \cdot n_j \alpha_j$=0,85*1=0,85 $\left[\frac{1}{год}\right]$;

при α_j=0,2; $\lambda_{oj} \cdot n_j \alpha_j$=0,2*1=0,2 $\left[\frac{1}{год}\right]$;

при α_j=0,35; $\lambda_{oj} \cdot n_j \alpha_j$=035 $\left[\frac{1}{год}\right]$;

при α_j=0,1, $\lambda_{oj} \cdot n_j \alpha_j$=0,1*1=0,1 $\left[\frac{1}{год}\right]$;

при α_j=0,2, $\lambda_{oj} \cdot n_j \alpha_j$=0,2*1=0,2 $\left[\frac{1}{год}\right]$;

при α_j=0,63, $\lambda_{oj} \cdot n_j \alpha_j$=0,63*1=0,63 $\left[\frac{1}{год}\right]$;

при α_j=0,72, $\lambda_{oj} \cdot n_j \alpha_j$=0,72*1=0,72 $\left[\frac{1}{год}\right]$;

при α_j=0,43, $\lambda_{oj} \cdot n_j \alpha_j$=0,43*1=0,43 $\left[\frac{1}{год}\right]$;

- вибираються поправні коефіцієнти $K_{\lambda 1}$; $K_{\lambda 2}$; $K_{\lambda 3}$ (див. табл. 5.6- 5.8), які визначаються умовами експлуатації та технічними параметрами САР;

- розраховується комплексний поправний коефіцієнт:

$K_{\lambda 1}$=1,04,

$K_{\lambda 2}$=1,

$K_{\lambda 3}$=1,2,

$$K_\lambda = K_{\lambda 1} \cdot K_{\lambda 2} \cdot K_{\lambda 3}; \qquad (5.7)$$

$$K_\lambda = K_{\lambda 1} \cdot K_{\lambda 2} \cdot K_{\lambda 3} = 1{,}04*1*1{,}2 = 1{,}248.$$

- розраховується сумарна інтенсивність відмов елементів САР з урахуванням поправних коефіцієнтів:

$$\Lambda''_{ел} = K \cdot K_\lambda \cdot \sum_{j=1}^{m} \lambda_{0j} \cdot \alpha_j \cdot n_j \quad \left[\frac{1}{год}\right]; \qquad (5.8)$$

$$\Lambda''_{ел} = K \cdot K_\lambda \cdot \sum_{j=1}^{m} \lambda_{0j} \cdot \alpha_j \cdot n_j = 2{,}5*1{,}248*2{,}0352 = 6{,}349824 \left[\frac{1}{год}\right];$$

- розраховується загальна інтенсивність відмов:

$$\Lambda''_{заг} = \Lambda''_{ел} + \Lambda_{км} \quad \left[\frac{1}{год}\right]; \qquad (5.9)$$

$$\Lambda''_{заг} = \Lambda''_{ел} + \Lambda_{км} = 6{,}3498 + 0{,}475 = 6{,}824824 \left[\frac{1}{год}\right];$$

- розраховується наробіток на відмову:

$$T_0'' = \frac{1}{\Lambda''_{заг}} \quad [год]; \qquad (5.10)$$

$$T_0'' = \frac{1}{\Lambda''_{заг}} = \frac{1}{6{,}824824} = 0{,}1465 \; [год];$$

- розраховується імовірність безвідмовної роботи САР:

$$P''(t) = e^{-\Lambda'_{заг} \cdot t} = e^{-\frac{t}{T_0'}} \qquad (0 \le t \le 3T_0''). \qquad (5.11)$$

Результати розрахунків занести у табл. 5.4 - 5.5.

Таблиця 5.4 - Дані та результати розрахунків параметрів надійності уточненим (повним) методом

Комплексний поправний коефіцієнт, K_λ	1,248
Сумарна інтенсивність відмов елементів, $\Lambda_{ел}''$,1/год	6,3498
Загальна інтенсивність відмов, $\Lambda_{заг}''$,1/год	6,8248
Наробіток на відмову, T_0'', год	0,1465

Таблиця 5.5 - Дані для побудування графіку залежності $P''(t)$

t, год	0	$0{,}5 \cdot T_0''$	T_0''	$1{,}5 \cdot T_0''$	$2 \cdot T_0''$	$2{,}5 \cdot T_0''$	$3 \cdot T_0''$	$3{,}5. \cdot T_0$	$4 \cdot T_0''$
$P''(t)$	1	0,032943	0,0010	3,57519	1,17778	3,88E-08	1,2782E	4,2107	1,38717

На рис. 5.4 наведено графік зміни надійності системи при розрахунку уточненим методом.

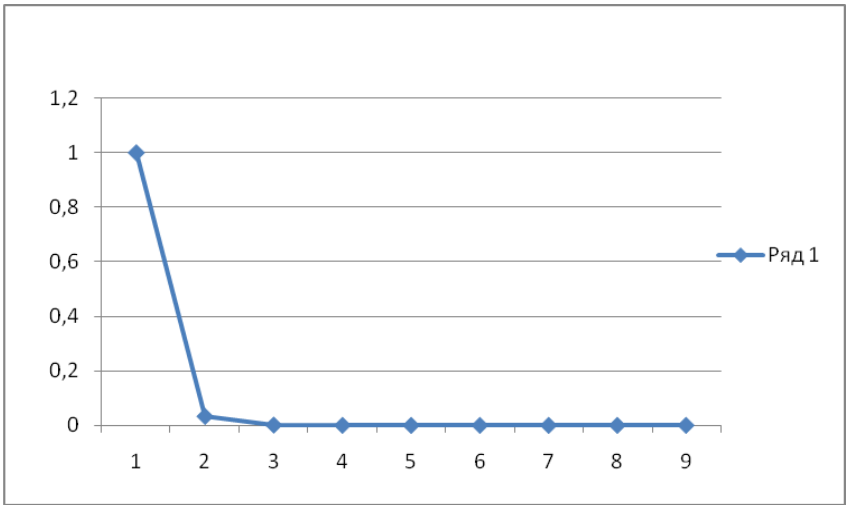


Рисунок 5.4 - Графік розрахунку надійності повним методом

Гарантійний термін роботи САР:

$$T_Г = \frac{T_0}{(4 \div 8) K_{дн} \cdot M} [год.], \qquad (5.12)$$

$$T_г = \frac{061465}{24 * 28 \cdot 1162} = 1{,}91427 \ \text{[год.]},$$

де 24 - середня кількість годин роботи САР на протязі доби

$К_{дн}$ =28– кількість днів роботи в місяць;

М=11,2- кількість місяців роботи за рік.

Середнє значення тривалості відновлення САР, якщо потрібне повне відновлення:

$$T_В = \sum_{j=1}^{q} T_{Bj} \cdot m_j \ \text{[год.]}, \qquad (5.13)$$

$$T_B = \sum_{j=1}^{q} 1{,}6 + 2{,}4 + 2{,}4 + 1{,}6 + 2{,}4 + 2{,}4 + 3{,}2 + 2{,}4 = 18{,}4 \ \text{[год.]},$$

де q – кількість груп елементів, які мають однакову тривалість відновлення;

T_{Bj} – середнє значення тривалості відновлення, год.;

m_j =8- кількість елементів у групі.

Дані для розрахунку занести у табл. 5.6.

Таблиця 5.6 - Дані для розрахунку тривалості відновлення

Найменування та типи елементів	Середнє значення тривал. відновл. T_{Bj} , год	Кількість елементів у групі, m_j
Датчик температури	T_{B1}=0.2	8
Вторинний прилад	T_{B2}=0,3	
Регулятор	T_{B3}=0,3	
Ручний задатчик	T_{B4}=0,2	
Перемикач	T_{B5}=0,3	
Пускач МЭО	T_{B6}=0,3 T_{B7}=0,4	
ДУП	T_{B8}=0,3	

Коефіцієнт готовності:

$$K_{Г} = \frac{1}{1 + \Lambda_{заг.} \cdot T_{В}}; \qquad (5.14)$$

$$K_{Г} = \frac{1}{1 + 6{,}8248 \cdot 18{,}4} = 0{,}0079.$$

За результатами розрахунку проведено аналітичний аналіз та порівняння параметрів надійності і працездатності, що розраховані наближеним та повним методами.

Визначено гарантійний термін роботи САР, яка складає 2 роки.

6 ОРГАНІЗАЦІЙНЕ ЗАБЕЗПЕЧННЯ

Для забезпечення нормальної роботи засобів виміру, засобів автоматизації, контролю та регулювання на котельнях функціонують спеціальні служби, які виконують свою роботу, підкоряючись адміністрації заводу за певною структурою керування. Задачі спеціальної служби залежать від структури керування заводом, від числа й типів установлених засобів виміру й засобів автоматизації, від обсягу виробництва продукції і т.д.

При плануванні організації праці необхідно дотримуватися організаційних принципів побудови таких служб необхідно дотримуватися «Укрупненими нормативами чисельності ІТП» службовців промислово-виробничого персоналу, типових структур керування, штатів і нормативів чисельності ІТП, й службовців структурних підрозділів металургійних підприємств.

Згідно з вимогами організаційних принципів у міських тепломережах існує служба автоматизації й механізації, завданням якої є впровадження й забезпечення надійної й безперебійної роботи засобів і систем автоматизації, механізації й вимірювальної техніки (включаючи обчислювальну техніку). Ціль служби - підвищення продуктивності праці, поліпшення якості продукції, розширення обсягу виробленої продукції, ліквідації важкої фізичної праці й поліпшення умов праці працюючих, широкого застосування автоматичних пристроїв, безпеки роботи персоналу.

Положення про службу автоматизації й механізації, розробляється й затверджується керівництвом заводу враховуючи свою специфіку. Відповідно робота служби здійснюється за планом автоматизації й механізації заводу з обліком, завдань, поставлених заводом і вищими організаціями.

Цех КВП і А є невід'ємною складовою для нормального протікання виробничого процесу. У ТЕЦ служба КВП і А забезпечує нормальне

функціонування засобів виміру і автоматизації. Крім того ця служба, у міру можливості, впроваджує й розробляє нове обладнання, прилади, засоби виміру.

Контроль і регулювання процесів у водогрійному котлі є дуже важливим для запобігання перевитрат енергоресурсів, і поліпшення якості. Служба КВП і А значно поліпшує процес виробленої продукції.

Без засобів автоматизації й вимірів неможливо досягти високої продуктивності й техніко-економічних показників. Тому наявність служби автоматизації необхідна й доцільна.

Цех КВП і А є самостійним структурним підрозділом заводу.

Структура управління службою КВП і А котельні представлено на рисунку 6.1.

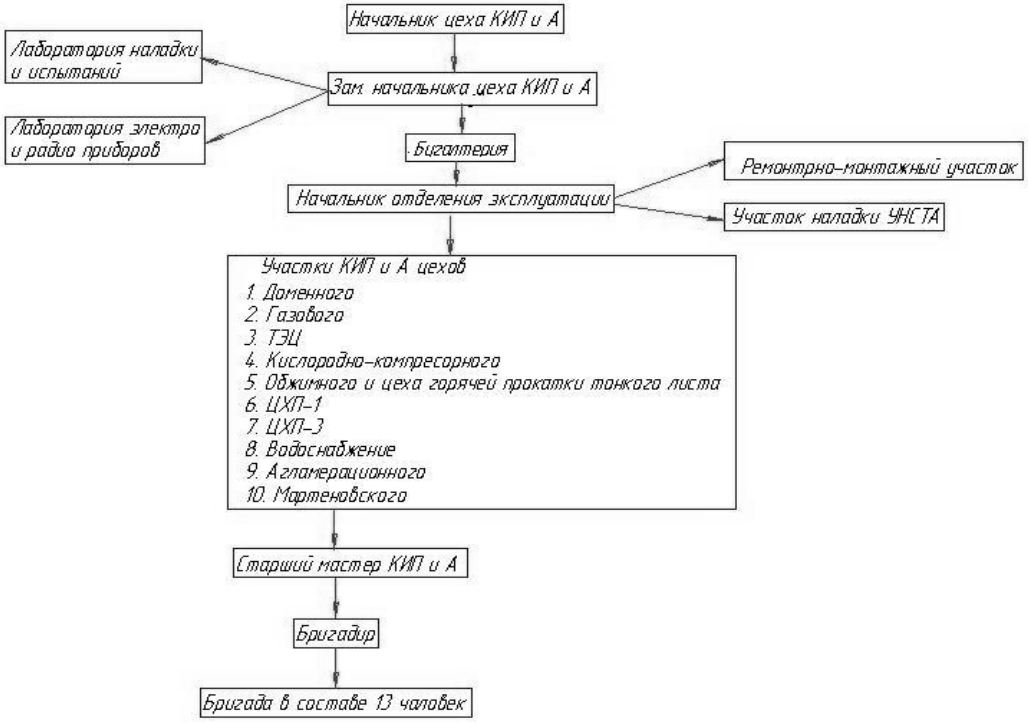


Рисунок 6.1 - Організаційна структура керування службою КВП і А котельні

7 АНАЛІЗ ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ І РОЗРАХУНОК ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ

Водогрійний котел входить до складу котельні. Кожна котельня є одним з підрозділів концерну «Міські теплові мережі». Котельня самостійно нараховує заробітну плату відповідно до прийнятої у концерні єдиної тарифної сітки. Котельня веде свій баланс і облік матеріально-технічних цінностей. Відпускні ціни на готову продукцію визначають відповідні структури котельні. Рішення по необхідності проведення модернізації та заміни застарілого обладнання визначаються правлінням цеху. Вищесказане відноситься також до заміни системи автоматичного регулювання на більш доскональне на базі контролера SIMATIC S7-300. Кошти на закупівлю і введення в експлуатацію системи відображаються на балансі цеху.

Автоматизація керування прокатним станом вимагає значних капітальних вкладень, експлуатаційних витрат, витрат живої праці. Доцільність таких заходів вимагає аргументації, що звичайно виконуються у виді розрахунків економічної ефективності.

Створення автоматизованої системи управління вимагає єдиночасних витрат на розробку і впровадження автоматизованої системи управління, а також поточних витрат на функціонування системи.

Єдиночасні витрати на розробку і впровадження автоматизованої системи управління включають: попередні витрати (тобто витрати на розробку автоматизованої системи управління); капітальні витрати на придбання (виготовлення), транспортування, монтаж і налагодження обчислювальної техніки, периферійних пристроїв, засобів зв'язку, допоміжного устаткування, оргтехніки, а також програмних засобів необхідних для функціонування автоматизованої системи управління; витрати на підготовку (перепідготовку) кадрів; зміна оборотних коштів у зв'язку з розробкою і впровадженням автоматизованої системи управління.

Ефективність автоматизованої системи управління визначають зіставленням результатів від функціонування і витрат усіх видів ресурсів, необхідних для її створення і розвитку.

Фактори, що визначають економічну ефективність автоматизованої системи управління:

- збільшення випуску продукції і підвищення її якості за рахунок більш раціонального використання виробничих потужностей.

- підвищення продуктивності праці виробничих робітників, внаслідок скорочення втрат робочого часу і простоїв обладнання.

При визначенні очікуваного річного економічного ефекту в якості бази для порівняння приймаються плановані в умовах відсутності автоматизованої системи управління показники виробничо-господарської діяльності виробництва в році впровадження системи.

7.1 Розрахунок одноразових витрат на створення та реалізацію автоматизованої системи управління

У запропонованому проекті проводиться закупівля контролера і його модулів, датчиків товщини. Вартісні показники закуповуваного устаткування занесені в табл. 7.1.

Таблиця 7.1 - Необхідне обладнання на реалізацію проекту

Найменування	Ціна за од., грн	Кількість	Сума, грн	Потужність (за паспортом),Вт
ПЛК SIMATIC S7-300	350000	1	402500	9
ПК Simatic PC	567000	1	652050	27
Блок живлення Siemens PS 405	12000	1	1380	48
CPU 416-2	8400	1	9660	8,6

Продовження таблиці 7.1

SM 422	5200	2	11960	8
IM 153 1	2100	1	2415	5
SM 431	4600	2	10580	8
ДИФ12	3000	13	44850	8
ВТ 501 – датчики товщини	6000	5	34500	6
Мережевий термінал PROFIBUS (RS485)	1600	1	1840	2,2
Монтажні елементи	1200	1	1380	
Шафа технологічна	760	1	874	
Оптичний кабель	1800		2070	6
Сума			1176059	172,8

Витрати на створення автоматизованої системи управління визначаються за формулою:

$$К^{А} = К_{П}^{А} + К_{К}^{А} \qquad (1.1)$$

де $К_{П}^{А}$ – довиробничі витрати, грн.;

Капітальні витрати - $К_{К}^{А}$, грн.

$$К^{А} = 5520 + 1293665 = 8205542 грн.$$

Довиробничі витрати на розробку АСУ розраховуються за формулою:

$$К_{П}^{А} = К_{ПР}^{А} + К_{ПО}^{А} + К_{ИО}^{А} \quad (1.2)$$

де $К_{ПР}^{А}$ – витрати на проектування АСУ, грн.;

$К_{ПО}^{А}$ – витрати на розробку програмного забезпечення, грн..;

$К_{ИО}^{А}$ – витрати на підготовку інформаційного забезпечення тривалого користування (створення бази даних АСУ), грн..

$$К_{П}^{А} = 0 + 2070 + 3450 = 5520 \text{ грн.}$$

Величина капітальних витрат визначається за формулою:

$$К_{К}^{А} = К_{КТС}^{А} + К_{монт}^{А} \quad (1.3)$$

де $К_{КТС}^{А}$ - кошторисна вартість комплексу технічних засобів (КТЗ), грн..;

$К_{монт}^{А}$ – витрати на установку, монтаж і запуск КТЗ в роботу, грн. (10% від вартості КТЗ).

$$К_{К}^{А} = 1176059 + (1176059 \times 0{,}1) = 1293665 \text{ грн.}$$

7.2 Розрахунок експлуатаційних витрат на функціонування автоматизованої системи управління

Розрахунок річних експлуатаційних витрат на функціонування автоматизованої системи управління здійснюється за формулою:

$$З_{експ} = З_{зп} + З_{ел} + З_{А} + З_{мат} + З_{рем}$$

де $З_{зп}$ – річні витрати на заробітну плату спеціалістів в умовах функціонування АСУ з відрахуваннями на соціальне страхування, грн..;

$З_{ел}$ – річна вартість електроенергії, споживаною АСУ, грн..;

$З_{А}$ – річна сума амортизаційних відрахувань, грн..;

$З_{мат}$ – річна вартість матеріалів, необхідних для функціонування АСУ (2% від вартості КТЗ), грн..;

$З_{рем}$ – річна вартість ремонту обладнання (7% від вартості КТЗ), грн.

Заробітна плата фахівців в умовах функціонування АСУ залежить від їх чисельності, часу роботи і тарифної ставки. Відрахування на соціальні потреби складають 22% (22% - ЄСВ).

Служба експлуатації контрольно-вимірювальних приладів і автоматики (КВП і А) виконує наступні функції: метрологічний нагляд; технічне обслуговування; ремонт і настройку контрольно-вимірювальних приладів і приладів автоматичного управління. Крім того, вона впроваджує нові засоби і системи автоматики (табл..7.2).

Таблиця 7.2 - Штатний розклад служби КВП і А ТЕЦ

Робочі	Кількість працюючих	Розряд робіт
Інженер-конструктор з ремонту і обслуговування обладнання	1	7
Інженер-електромонтер з ремонту і обслуговуванню обладнання	3	5
Інженер-електромонтер з ремонту і обслуговуванню обладнання (старший)	2	6
Слюсар КВП і А	3	4

Число фахівців які повинні забезпечити безперервну роботу АСУ прокатного стану 1680 протягом зміни – 2 чол.

Штатна чисельність робочих:

4 – кількість бригад.

$4 \times 2 = 12$ чол.

Списочна чисельність робочих знаходиться за формулою:

$$Ч_{сп} = Ч_{шт} \times К_{сп} \qquad (1.5)$$

де $Ч_{шт}$ — штатна чисельність робочих, чол.;

$К_{сп}$ = 1,16 — коеффіціент списочності:

$$К_{сп} = \frac{Т_{ном}}{Т_{еф}} \qquad (1.6)$$

де $Т_{ном}$ = 273,75 — номінальний фонд часу роботи одного робочого за рік, дні;

$Т_{эф}$ = 235,75 — ефективний фонд часу роботы одного робочого за рік, дні (див. таб. 2.3).

$Ч_{сп} = 7 \times 1{,}16 = 9$ чол.

$К_{сп}$ = 273,75/235,75 = 1,16 (табл. 7.3).

Для виявлення втрат робочого часу, визначення їх причин та шляхів усунення проводиться аналіз показників використання робочого часу робітниками на підставі даних балансу робочого часу (таблиця 7.3).

Таблиця 7.3 – Баланс робочого часу одного фахівця

Показники	Режим роботи
	Безперервний (трьохзмінний чотирьохбригадний
Календарний час	365
Вихідні	365/4 = 91,25
Номінальний час	272,75
Невиходи, в т.ч.:	37
по хворобі	1,0
Відпустка основна	34
Навчальна відпустка виконання держ. обов'язків по вирішенню адміністрації	1
Прогули	—
Ефективний фонд часу	235,75

Заробітна плата по тарифу:

$$З_{зп} = С_ч \times Т_{еф} \times Ч_{сп} \qquad (1.7)$$

лд $З_{зп}$ — зарабітна плата за тарифом, грн.;

$Т_{еф}$ — число відпрацьованих чоловіко-годин; 9 фахівців працюють по 12 годин, 16 змін за місяць відпрацьовує 1 робітник, отже $12 \times 16 = 192 \frac{год}{міс}$.

$$Т_{еф} = 192 \times 365 = 70080 \frac{чол}{год} \text{ в рік}$$

$С_ч$ — середня погодинна тарифна ставка, грн;

$Ч_{сп} = 9$ — кількість фахівців, чол.

Таблица 7.4 Тарифні ставки і заробітна плата

Розряд	Кількість, чол.	Тарифна ставка	Зарплата по тарифу, грн
4	3	8	1962240
5	3	8,7	2032320
6	2	9,3	1303488
7	1	10	1051200
Всього	9	—	6349248

Відрахування на соціальні потреби складають 22%, отже:

$$З_{зп} = 6349248 + 22\% = 7746082{,}6 \text{ грн.}$$

Річна вартість електроенергії визначається за формулою:

$$З_{ел} = W \times T_{еф} \times Ц_{е} \qquad (1.8)$$

де W – встановлена потужність КТЗ, кВт;

$T_{еф}$ – ефективний фонд часу роботи КТЗ, год.;

$Ц_{е}$ – вартість 1 кВт електроенергії, грн.

Таблиця 7.5 – Час роботи комплекса технічних засобів

Показники		
	Години	Сутки
Календарний час	8 760	365
Планово-попереджувальні роботи	480	20
Капітальні ремонти	0	0
Номінальний час	8 280	345
Поточні простої	780	32,5
Фактичний час	7 500	312,5
Середня продуктивність за годину, т/г	12,1	
Продуктивність стану за рік, т/рік	90750	

Фактичний час роботи стану за рік і продуктивність його в одиницю часу:

$$T_{еф} = T_{кал} - (T_{пп} + T_{кр} + T_{ппр}) = 8760 - (480 + 0 + 780) = 7500 \text{ год.}$$

де $T_{еф}$ – річний фонд робочого часу прокатного стану (КТЗ), год.

W – 172,8 Вт;

$Ц_е$ – 2,56 грн.

$$З_{ел} = 0{,}1728 \times 7500 \times 2{,}56 = 3317{,}76 \text{ грн.}$$

Річна сума амортизаційних відрахувань розраховується за формулою:

$$З_А = \frac{К \times Н_а}{100} \qquad (1.9)$$

де $Н_а$ – норма амортизації, % (10%).

$$З_А = 1176059 \frac{\times 0{,}1}{100} = 1176{,}05 \text{ грн.}$$

де $З_{мат}$ – річна вартість матеріалів, необхідних для функціонування АСУ (2% від вартості КТЗ), грн.:

$$З_{мат} – 1176059 \times 0{,}2 = 352118 \text{ грн.;}$$

де $З_{рем}$ – річна вартість ремонту обладнання (7% від вартості КТЗ), грн.:

$$З_{рем} – 1176059 \times 0{,}7 = 8232413 \text{ грн;}$$

де $З_{експ}$ – річні витрати на експлуатацію АСУ:

$$З_{експ} = 7746082{,}6 + 3317{,}76 + 652{,}48 + 130496 + 456736$$
$$= 7643509{,}46грн.$$

7.3 Розрахунок показників економічної ефективності автоматизованої системи управління

Пропонована система дозволяє реалізувати збільшення випуску гарячої води на 5% за рахунок регулювання спалювання природного газу і контролювання технологічного процесу за допомогою контролера.

Основними показниками економічної ефективності автоматизованої системи управління є:

- річна економія у зв'язку з функціонуванням автоматизованої системи управління;

- річний економічний ефект;

- ефективність витрат на створення і впровадження автоматизованої системи управління.

Річна економія (Е) від функціонування АСУТП використовується для розрахунку річного економічного ефекту.

Річний економічний ефект ($Е_{рік}$):

$$Е_{рік} = Е - З_{експ} \qquad (1.10)$$

де $В^{Б}$ – виручка від реалізації продукції до впровадження АСУ, грн.; 1 кубометр гарячої води коштує - 13150 грн., отже

$$В^{Б} = 13118 \times 90750 = 1193362500грн/рік.$$

Річна економія:

$$Е = В^{Б}х1{,}5\% = 17900437{,}5 \text{ грн.}$$

Річний економічний ефект:

$$Е_{рік} = 17900437,5 - 7643509,46 = 10256928 \text{ грн}$$

Термін окупності капітальних витрат (Т) визначаються за формулою:

$$Т = \frac{К^А}{Е_{рік}} \qquad (1.13)$$

$$Т = \frac{8205542}{10256928} = 0,8 \text{рік}$$

Рентабельність капітальних витрат $Е_р$ на створення АСУ:

$$Е_р = Е_{рік} \div К^А = \frac{10256928}{8205542} = 1,25$$

Результати розрахунку економічної ефективності наведені в таблиці 7.6.

Таблиця 7.6 – Показники ефективності проєкту

Найменування показника	Од. виміру	Рівень показника
Вартість КТЗ	грн.	1176059
Одноразові витрати на створення АСУ	грн.	8205542
Довиробничі витрати на розробку АСУ	грн.	5520
Капітальні витрати	грн.	1293665
Час роботи КТЗ	годин	7500
Продуктивність котла за рік	$м^3$/рік	90750
Річні витрати на заробітну плату спеціалістів	грн.	6349248
Річна сума амортизаційних відрахувань	грн.	1176,06
Річні експлуатаційні витрати АСУ	грн.	7643509,46
Річна економія	грн.	17900437,5

Річний економічний ефект	грн.	10256928
Термін окупності витрат	рік	0,8
Рентабельність капітальних вкладень		1,25

8 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА

8.1 Характеристика потенційно небезпечних та шкідливих виробничих факторів

Виробництво гарячої води в водогрійних котлах типу КВГМ є високотемпературним процесом.

Крім котлів на ділянці працюють електромостові крани. Котли обслуговують оператори, крім них на ділянці працюють ремонтні служби – електрики, слюсарі, слюсарі по КВП і А та ін.

У ТЕЦ можуть негативно діяти наступні фізичні шкідливі й небезпечні фактори:

- шкідливі хімічні речовини, надмірна запиленість і загазованість повітря в робочій зоні;

- підвищене інфрачервоне випромінювання;

- знижена вологість повітря;

- підвищений рівень шуму;

- небезпека поразки електричним струмом;

- відкриті обертові частини устаткування, що рухаються;

- недолік природного освітлення.

Шкідливі хімічні речовини: - 1 клас небезпеки ангідрид хромовий нормативне значення 0,01 мг/м^3, фактичне 0 мг/м^3. Нікелю оксиди - нормативне значення 0,05 мг/м^3, фактичне 0 мг/м^3. 3-4 класи небезпеки: кремнію діоксид азоту - нормативне значення 1,0 мг/м^3, фактичне 1,65 мг/м^3 - діоксид (NO_2) - нормативне значення 2 мг/м^3, фактичне 2,53 мг/м^3.

Підвищена запиленість приміщення ТЕЦ.

До хімічних шкідливих і небезпечних факторів, що постійно діють на слюсара по КВП та А відносять наступні [3]:

- дратівні (пил кремнийвмісна);

- дратівні (пил электрокорундовий).

Нормативне значення пилу: кремнійвмістного - 4,0 мг/м^3, електрокорундового - 6,0 мг/м^{3,} , фактичне значення кремнійвмістного - 24,9 мг/м^3, електрокорундового - 44,6 мг/м^3 , що може викликати легеневі захворювання в обслуговуючого персоналу [1].

Мікроклімат у робочій зоні на ділянці безперервної виробництва гарячої води: температура повітря становить 41°С; швидкість руху повітря 0,5 м/сек; відносна вологість повітря 46%. Перевищення норм параметрів мікроклімату приводить до порушення терморегуляції організму, може привести до зниження працездатності й профзахворюванням.

Тепло від гарячих поверхонь надходить у робочі зони, в основному, конвекцією й теплопередачею. При підвищенні температури середовища, терморегуляція організму порушується і температура тіла починає знижуватися, що може послужити причиною теплового удару, що приводить до втрати свідомості, а у важких випадках навіть до смерті людини [2].

У ТЕЦ генерується шум: аеродинамічного походження, що виникає в результаті руху газу в трубопроводах і обумовлений дією пульсації тиску через турбулентне переміщення потоків, що мають різні швидкості у вільних струменях і термічний шум, який виникає в газових пальниках при турбулізації потоку газу й флуктуації густини газу при горінні, механічного походження, при роботі кранів.

На робочих місцях промислового підприємства нормативне значення рівня звукового тиску становить 80 дб. При цьому рівень звукового тиску в на ТЕЦ 82 дб.

Вплив шуму викликає стомлення слухового органа й приводить до приглухуватості й глухоті. Шум на виробництві є причиною швидкого стомлення випалювачів, що приводить до зниження продуктивності праці й збільшенню браку. Звуковий подразник впливає не тільки на органі слуху, але й на органі зору, на функціональний стан вестибулярного аналізатора, на вищу та вегетативну нервову діяльність людини, на серцево-судинну систему.

Наявність обертових частин насосів і димососів може привести до затягування робітників, при безпосередній близькості від вище наведеного встаткування.

Паливом водогрійних котлов є змішаний газ (суміш доменного й природного газів). Газове опалення усуває ряд небезпечних моментів, у порівнянні із застосування твердого й рідкого палива (транспортування палива до котлов, очищення від шлаків і т.д.), знижується забруднення повітря твердими частками при неповному згорянні палива [4].

Але при газовім опаленні необхідно враховувати отруйні властивості змішаного газу й можливість утвору вибухових сумішей газу з повітрям. У результаті просочування природного газу назовні з газопроводів і газової арматури (запірних і запобіжних клапанів) можливі отруєння обслуговуючого персоналу. Фактори виробничого та трудового процесів зведені у таблицю 8.1.

Змішаний газ досить токсичний у зв'язку з високим змістом у ньому оксиду вуглецю. Використання газів сполучене з небезпекою утвору вибухонебезпечних сумішей і їх запалення при порушеннях технології й чинних правил безпеки.

Межа вибуховості для змішаного газу становить 25 - 60%, температура запалення: 400 - 650 ^{0}С. Джерелами запалення змішаного газу в цеху можуть бути відкрите полум'я, електрична іскра й т.п.

До психофізичних шкідливих і небезпечних факторів, що впливають на слюсаря по КВП і А можна віднести наступні: нервово-емоційні перевантаження, фізичні перевантаження, розумова напруга, а так само напруженість роботи (час спостереження за ходом технологічного процесу без активних дій). Самою потенційно небезпечною технологічною операцією при експлуатації котла є розпал.

Таблиця 8.1 - Оцінка факторів виробничого й трудового процесу для слюсарів по КВП і А котельного агрегату

Фактори виробничого середовища й трудового процесу	Нормативне значення	Фактичне значення	III клас: шкідливі й небезпечні умови, характер праці			Тривалість дії Фактора за зміну, %
			I ступінь	II ступінь	III ступінь	
1. Шкідливі хімічні речовини, мг/м^3: 1 клас небезпеки: ангідрид хромовий; Нікелю оксиди 2 клас небезпеки: 3-4 класи небезпеки: Кремнію діоксид азоту діоксид (NO_2).	 1,0 2,0	 1,65 2,53	 1,65р 1,27р			 93,7 93,7
2. Пил: кремневмісний електрокорундовий	 4,0 6,0	 24,9 44,6	 - -	 - -	 6,23 7,43	 93,7 93,7
3. Шум, дБа	80	82	2	-	-	100
4. Мікроклімат у приміщенні: температура повітря, ^{0}C швидкість руху повітря, м/с відносна вологість повітря, % інфрачервоне випромінювання, Вт/м^2	 21-15 0,2-0,5 75 140	 41 0,5 46 1823	 - - - -	 - - - 1823	 20 - - -	 93,7 93,7 93,7 93,7
5.Робоча поза: перебування в змушенім положенні нахили тулуба (>300) переходи обумовлені технологічним процесом	 300 10	 308 0,982	 -	 8	 -	 ФРД ФРД
6. Напруженість роботи: спостереження за технологічним процесом без активних дій	75	8	-	-	-	-
7. Важкість та напруженість праці	Середньої важкості 2б, помірно напружена					

Дані наведено в таблиці 8.2.

Таблиця 8.2 - Розпал котла

Етапи технологічного процесу	Потенційно небезпечні й шкідливі фізичні фактори
1	2
Включення живлення силового щита	Підвищене значення сили струму в електричнім колі
Подача газу в колектор котла й продувка газопроводу	Підвищена вибухонебезпечність і загазованість повітря робочої зони
Включення запальників	Підвищена вибухонебезпечність
Підпал пальників	Підвищена вибухонебезпечність
Технічне обслуговування котла	Підвищена температура робочої зони, підвищені рівні шуму

Біологічні шкідливі виробничі фактори в данім приміщенні відсутні.

Оцінка факторів виробничого й трудового процесу слюсара по КВП та А показала, що дана професія ставиться до II класу – шкідливі й небезпечні умови праці.

8.2 Заходи зі зменшення впливу небезпечних та шкідливих виробничих факторів

Основні засоби техніки безпеки. У ТЕЦ використовуються наступні основні засоби техніки безпеки [5].

Огороджувальна техніка – огородження суцільними бортами й переставними огородженнями. До захисної техніки відносять захисні екрани для запобігання травмування персоналу.

На ділянці застосовується попереджувальна сигналізація: світлова й звукова.

Блокувальні системи використовують при перевищенні тиском газу в газовому колекторі або повітря в повітряному колекторі норми.

Працездатність агрегату після спрацьовування запобіжної системи може бути відновлена ручним способом.

Для обслуговування випалювальних котлов використовують мостові крани.

Вантажопідйомні механізми обладнають запобіжними пристроями, до якім відносять:

- кінцеві вимикачі, що обмежують підйом вантажу й хід механізмів;

- обмежники вантажопідйомності, що охороняють кран від перевантаження шляхом вимикання механізму підйому;

- обмежники ходу моста (тупики);

- звукова сигналізація й блокувальні пристосування, що попереджають про настання небезпечного моменту при роботі крана.

Для безпечного переміщення персоналу по ТЕЦ ділянці, обладнані пішохідні доріжки [6].

8.3 Виробнича санітарія

8.3.1 Опалення та вентиляція

Для оператора, який стежить за технологічним процесом передбачене кондиціювання, яке призначено для створення оптимальних норм мікроклімату.

Внаслідок виділення великої кількості надлишкового тепла потрібен значний повітрообмін. Для видалення надлишків тепла в цеху використовується аерація за допомогою приливних отворів, розташованих у поздовжніх стінах будинку, і аераційних ліхтарів на покрівлі будинку. Джерела виділення тепла (котли) піддають теплової ізоляції за допомогою застосування теплоізоляційних матеріалів: вогнетривів, вогнетривких розчинів і обмазок, інших неорганічних теплоізоляційних матеріалів. Кладка із внутрішньої сторони котла екранується для зниження температури стінки. Поблизу від ділянки влаштовані місця відпочинку для працюючих, які

обладнані охолоджувальними пристроями, установками газованою підсоленою водою (від 0,2 до 0,5 % хлористого натрію).

8.3.2 Виробничий шум та вібрація

Джерелом шуму та вібрації в цеху є шум від механічних ударів, шум від роботи пальників котла, від роботи механічного обладнання та ін. [9, 10].

У число основних будівельно-акустичних заходів щодо зниження шуму в цеху входять засобу звукоізоляція.

Звукоізоляція досягається шляхом застосування звукоізолюючих перешкод і огороджень. На ТЕЦ ділянці перешкоди й огородження виконані з ефективних звукоізолюючих матеріалів: металу, бетону, скла. Для зменшення шуму установок і окремих вузлів застосовуються звукоізолюючі кожухи з листового металу зі звукоізолюючим облицюванням.

8.3.3 Освітлення

Приміщення ТЕЦ за умовами зорової роботи ставиться до II групі - приміщення, у яких проводиться розрізнення об'єктів при нефіксованій лінії зору й огляд навколишнього простору (виробничі приміщення, у яких ведеться тільки нагляд за роботою технологічного встаткування) [11].

Розряд зорової роботи для слюсаря КВПіА – V. Розряд зорової роботи для слюсара по КВП та А – VII. На ТЕЦ ділянці передбаченее штучне й природнє висвітлення. Природнє висвітлення комбіноване (верхнє й бічне). Освітлення забезпечується одночасно через світлові прорізи в стінах і аераційних ліхтарях.

У процесі експлуатації, внаслідок забруднення й старіння світлопрозорих заповнень у світлових прорізах, джерел світла (ламп), а також зниження властивостей, що відбивають, поверхонь приміщення знижується освітленість. Коефіцієнт запасу, що враховує зниження, ухвалюємо $К_з$=1,3.

Штучне висвітлення передбачає: робоче, аварійне, евакуаційне. Робоче висвітлення призначене для забезпечення корисної роботи у звичайних

умовах і становить 200 лк. Аварійне висвітлення має постійно діючий джерело живлення й автоматично включатися при аварії робочого висвітлення.

Висота виробничого приміщення значна – 12 м, доцільно застосувати лампи ДРЛ- 700 РСП07 (Р-Ртутна, З-Підвісна, П- Для промислових підприємств).

8.4 Електробезпека цеху

Котел оснащений електромережами й електричними установками. Для безпеки експлуатації електротехнічних установок вирішальні значення мають виробничі умови, які характеризуються особливостями навколишнього середовища [7].

Відповідно до ПБЕЕС по ступеню небезпеки поразки електричним струмом приміщення ТЕЦ є приміщенням особливо небезпечним, тому що є декілька небезпечних факторів: струмопровідна підлога, струмопровідний пил, можливість одночасного дотику до струмоведучих частин і до заземленого встаткування. Небезпека поразки електричним струмом виникає при експлуатації несправних електроустановок, порушенні ізоляції на силових кабелях, електродвигунах.

Електричні машини й апарати, застосовувані в електроустановках ТЕЦ, мають герметичне, вибухозахищене виконання. Для підведення електроживлення до електроустановок застосовується закрита електропроводка кабелями марок: АППР, АПВ, ПВ, прокладені у вінілпластикових трубах, рідше в сталеві.

Крім цього керування двигунами, насосами й допоміжними агрегатами здійснюється дистанційно з постів керування. У цеху застосовані двигуни закритого типу. Відкриті струмоведучі частини двигунів (колектори, щітки, кільця) обгороджені щоб уникнути випадкового дотику до них.

З'єднання кінців кабелю з обмотками статора двигуна поміщені у відповідні коробки із кришками. Кінці жил кабелю, що виходять із вирви, ретельно ізольовані й закриті кожухом. Повну безпеку від поразки електричним струмом забезпечують магнітні пускачі. Для захисту електроустановок від перевантажень застосовані плавкі запобіжники й автоматичні вимикачі.

Для захисту персоналу, що може опинитися під напругою в результаті порушення ізоляції, у приміщенні цеху всі електроустановки напруги більш 42 В заземлені. Крім того, для захисту від поразок струмом при переході напруги на корпуси струмоприймачів застосоване захисне відключення струмоприймачів від мережі спеціальними реле, вбудованими у звичайні магнітні пускачі.

Засобами, що служать для ізолювання робітника від землі, є ізолюючі підставки, гумові килимки, гумові калоші й боти, гумові рукавички.

8.5 Протипожежна безпека. Техногенна безпека

Приміщення ТЕЦ належить до категорії Г. Категорія Г – виробництва, у яких в процес супроводжується виділенням променистого тепла, іскор і полум'я; тверді рідкі й газоподібні речовини, які спалюються або утилізуються в якості палива [12].

По вибухонебезпечні приміщення ТЕЦ ставиться до класу В-Іа.

До класу В-1а ставляться зовнішні установки утримуючі вибухонебезпечності: гази гарячої води горючі й легко займисті рідини [12].

Умови розвитку пожежі в будинках і спорудженнях багато в чому визначається ступенем їх вогнестійкості.

Тому, що приміщення ТЕЦ виконано переважно з каркасною, конструктивною схемою, елементи каркаса - сталевих конструкцій; конструкції, що обгороджують, - зі сталевих профільованих аркушів і інших

негорючих матеріалів із важкогорючим утепленням, те привласнюємо ступінь вогнестійкості IIIа.

Межі вогнестійкості будівельних конструкцій і максимальні межі поширення вогню зводено в таблицю 8.3.

Таблиця 8.3 - Межі вогнестійкості будівельних конструкцій і максимальні межі поширення вогню по них

Ступінь вогнестійкості будівлі - IIIа	Максимальні межі вогнестійкості будівельних конструкцій (над рисою) і максимальні межі поширення вогню по них (під рисою)
Стіни: - Несучі й сходових кліток - Саме-несущі - зовнішні несучі (з навісних панелей) - Внутрішня несуча (перегородка)	 1/0 0,5/0 0,25/40 0,25/40
Колони	0,25/0
Сходові майданчики, сходи, балки та марші сход. кліток	1/0
Плити, настили (з утеплювачем), несучі конструкції	0,25/0
Елементи покриттів: - плити, настили (з утеплювачем), прогони - балки, ферми, арки, рами	 0,25/25 0,25/0

На ділянці можливі пожежі класу Е – пожежа пов'язаний з горінням електроустановок, С – пожежі газів.

У кабельних відсіках і тунелях цеху застосовується система автоматичної сигналізації й система пожежогасіння дренчерними установками. На території електричних підстанцій цеху застосовується система автоматичного пожежогасіння.

У ТЕЦ відповідно до норм передбачені наступні первинні засоби пожежогасіння: вогнегасники, пожежне обладнання (покривала з негорючого теплоізоляційного полотна, грубошерстої тканини або повсті, ящики з піском, совкові лопати); пожежний інструмент (багри, ломи, сокири й ін.).

У ТЕЦ передбачене встановлення трьох пожежних щитів. У комплект засобів пожежогасіння, розташовуваних на них, слід включати: вогнегасники

ВВК-10 - 3 шт., ящик з піском - 1шт., п,окривало з негорючого теплоізоляційного матеріалу або повсті розміром до 2х2м. - 1 шт., ломи — 1шт., багри - 3 шт., сокири — 2шт., лопати - 2шт [12].

Одне з найважливіших місць у системі пожарно – профілактичних заходів займає блискавкозахист. Під блискавкозахистом розуміють комплекс захисних заходів від блискавки будинків, що забезпечують схоронність, і споруджень, устаткування й матеріалів від вибухів, загорянь, руйнувань. У цьому випадку застосовується блискавкозахист II категорії. У якості блискавковідвідувачів використовуються металеві конструкції будинку цеху: труби, дефлектори, покрівля, ґрати, що піднімаються над спорудженням. У якості блискавковідводів застосовуються металеві сітки із дроту діаметром 6-8 мм із гніздами 5м на 5м, із площею до 25 м^2. Вузли сітки добре проварені, а сама сітка покладена під шаром гідроізоляції. У якості струмовідводів використовують металеві конструкції будинку цеху: рами, арматури залізобетонних елементів. Обов'язковим є дотримання безперервного металевого зв'язку в з'єднаннях, яка забезпечується зварюванням вузлів. Для захисту від замету високих потенціалів наземні й підземні металеві комунікації (трубопроводи, кабелі, протяжні конструкції) приєднують на введеннях у спорудження до заземленням захисту від електростатичної індукції [5].

У випадку вибуху або пожежі необхідно організувати негайну евакуацію робітників, які не беруть участь у пожежогасінні. Для цього розроблений план швидкої евакуації співробітників, що передбачає різні виходи з будинку залежно від розташування вогнища пожежі. Сигналом до евакуації служить пожежна сигналізація.

Евакуація - процес організованого самостійного руху людей безпосередньо назовні або в безпечну зону із приміщень, у яких є можливість впливу на людей небезпечних факторів пожежі.

Для підготовки до евакуації завчасно проводять підготовчі заходи:

- розробка евакуації на підприємствах, погоджених з органами влади й ГО; план включає маршрут руху, транспортні засоби евакуації, забезпечення засобами індивідуального захисту, перелік посадових осіб, відповідальних за евакуацію і т.д.;
- підготовка виробничого персоналу й населення до евакуації шляхом проведення спеціальних занять і навчань;
- розробка схеми евакуації - нанесення на план місцевості маршрутів, пунктів медичного обслуговування, засобів індивідуального захисту і т.д.

ВИСНОВКИ

Метою виконання кваліфікаційнрї роботи бакалавра є автоматизація водогрійного котла КВГМ. В ході реалізації поставленої задачі розглянуто опис технологічного агрегату та алгоритм роботи котла. На основі цих знань була розроблена схема матеріальних потоків, на якій представлені необхідні сигнали для управління та індикації параметрів.

Проаналізовано існуючий рівень автоматизації на підприємстві. Розроблено технічне завдання з вимогами до проектуємої системи. В даному розділі були виділені: основні рівні управління та обробки інформації, необхідні рішення для ПТК, необхідні режими управління системою, визначені необхідні вимоги до безпеки та необхідність резервування інформації.

У проекті обрані необхідні прилади автоматизації для реалізації поставленої задачі та умов експлуатації. В якості контролера обрано Siemens S7-200, який підходить під систему автоматизації своїми можливостями.

На основі даних розраховано та підібрано необхідний регулюючий орган та виконавчий механізм.

В розділі техніки безпеки та охорони праці проаналізовані небезпечні фактори пов’язані з роботою по обслуговуванню даної системи. Та знайдені рішення по зменшенню впливу небезпечних факторів на здоров’я.

Під час аналізу техніко-економічних показників, підібрана необхідна кількість та кваліфікація персоналу. Виконаний розрахунок балансу часу роботи, річного фонду заробітної плати та середньої плати за місяць. Приведена загальна сума капіталовкладень для реалізації спроектованої СА, розрахований економічний ефект та економічна ефективність для даної СА. Визначено строк окупності та рентабельність проекту.

ВИКОРИСТАНІ ДЖЕРЕЛА

1. Метрологія, інформаційно – вимірювальна техніка та цифрова обробка сигналів. URL: https://conf.ztu.edu.ua/wp-content/uploads/2019/05/5.pdf (дата звернення: 10.03.2025).

2. Опис конструкції автоматизації випалювальної печі. URL: https://referat.co/ref/383048/read?p=11 (дата звернення: 13.06.2020).

3. Манько О. О. Методичні вказівки та завдання до виконання контрольної роботи з дисципліни “Основи проектування систем автоматизації” за напрямом підготовки 6.050202 “Автоматизація та комп’ютерно – інтегровані технології ” для студентів заочної форми навчання. Рівне, 2012. 40 с.

4. Вимоги до системи. URL: https://mydocx.ru/2-120435.html (дата звернення: 13.03.2025).

5. Манько О. О., Кутя В. М. Методичні вказівки до виконання розрахунково – графічної роботи з дисципліни “Основи проектування систем автоматизації” для студентів, які навчаються за напрямом підготовки 6.050202 “ Автоматизація та комп’ютерно – інтегровані технології ”. Рівне, 2010. 31 с.

6. Вимоги до ергономіки та технічної естетики. URL: http://wikipage.com.ua/1x400f.html (дата звернення: 22.04.2025).

7. Захист від несанкціонованого доступу. URL: https://infopedia.su/3x73fa.html (дата звернення: 13.03.2025).

8. Технічне та програмне забезпечення системи автоматизації колони отбензінівання нафти. URL: https://ukrbukva.net/page,11,111104-Tehnicheskoe-i-programmnoe-obespechenie-sistemy-avtomatizacii-kolonny-otbenzinivaniya-nefti.html (дата звернення: 13.03.2025).

9. Створення автоматизованої інформаційної системи. URL: https://ukrbukva.net/page,6,73565-Sozdanie-avtomatizirovannoiy-informacionnoiy-sistemy.html (дата звернення: 13.03.2025).

10. Розробка інформаційної системи &Облік і контроль замовлень фірми & Вікна Mapio &. URL: https://ukrbukva.net/page,4,92492-Razrabotka-informacionnoiy-sistemy-Uchet-i-kontrol-zakazov-firmy-Okna-Mario.html (дата звернення: 13.03.2025).

11. Вимоги до захисту від впливу зовнішніх впливів. URL: http://ni.biz.ua/6/6_14/6_14732_trebovaniya-k-zashchite-ot-vliyaniya-vneshnih-vozdeystviy.html (дата звернення: 13.03.2025).

12. Вимоги до видів забезпечення. URL: https://mydocx.ru/2-120437.html (дата звернення: 13.03.2025).

13. КП-1Е, КП-140Е – реєстратори технологічні. URL: https://www.elemer.ru/production/rmt/tehnolog/kp_140e.php (дата звернення: 13.03.2025).

14. Блок живлення БП – 906. URL: https://www.elemer.ru/production/bp/bp_906.php (дата звернення: 13.03.2025).

15. Проектне компонування контролера. URL: https://vuzlit.ru/740869/proektne_komponuvannya_kontrolera_wago (дата звернення: 13.03.2025).

16. Пускач безконтактний реверсивний ПБР-2М. URL: https://ukrbukva.net/page,4,10165-Sintez-sistemy-avtomaticheskogo-upravleniya-processom-elektricheskoiy-ochistki-gaza.html (дата звернення: 13.03.2025).

17. Промислові мікропроцесорні мережі. URL: http://um.co.ua/8/8-11/8-110801.html (дата звернення: 13.03.2025).

18. Сідлецький В. М., Трегуб В. Г. Проектування систем автоматизації : методичні рекомендації до виконання курсового проекту для студентів напряму 6.050202 “Автоматизація та комп’ютерно – інтегровані технології ” денної та заочної форм навчання. Київ, 2013. 46 с.

19. Про охорону праці : Закон України від 14.10.1992 р. № 2694-XII *Голос України*. 2022. 19 серпня. С. 10–22.

20. Жидецький В. Ц. Основи охорони праці : підручник вид. 5-те, доп. К. : Знання, 2014. 373 с.

21. ДСанПіН 3.3.2.007-98. Державні санітарні правила і норми роботи з візуальними дисплейними терміналами електронно-обчислювальних машин. [Чинний від 1998-12-10]. Вид. офіц. Київ, 1998. 18 с. (Інформація та документація).

22. 90/270/ЄЕС. Про мінімальні вимоги безпеки та здоров'я при роботі з екранними пристроями. [Чинний від 1990-05-29]. Брюссель : Рада Європейських співтовариств, 1990. 14 с. (Інформація та документація).

23. ПУЕ-2021. Правила улаштування електроустановок. [На заміну ПУЕ-86; чинний з 2021-01-01]. Київ : Міненерговугілля України, 2021. 617 с. (Інформація та документація).

24. ДСТУ Б В.2.5-82:2016. Електробезпека в будівлях і спорудах. Вимоги до захисних заходів від ураження електричним струмом. [На заміну ДБН В.2.5-27-2006 ; чинний від 2017-04-01]. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2016. 109 с. (Інформація та документація).

25. НПАОП 40.1-1.32-01. Правила будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок. [На заміну глав 5.4 5.5 7.1 7.2 7.3 7.4 7.6 Правил устройства электроустановок, затв. Міненерго СРСР 06.07.1984 р. ; чинний від 2002-01-01]. Київ : Мінпраці України, 2001. (Інформація та документація).

26. НАПБ А.01.001-14. Правила пожежної безпеки в Україні. [На заміну НАПБ А.01.001-04 ; чинний від 2014-12-30]. Київ : МВС України, 2014. 91 с. (Інформація та документація).

27. НПАОП 40.1-1.01-97. Правила безпечної експлуатації електроустановок. [На заміну НАОП 1.1.10-1.01-85 ; чинний з 1997-10-06]. Київ : Держнаглядохоронпраці, 1997. 97 с. (Інформація та документація).

28. НПАОП 40.1-1.21-98. Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів. [На заміну ДНАОП 0.00.1.21-84 ; чинний з 1998-01-09]. Київ : Мінпраці України, 1998. 89 с. (Інформація та документація).

29. НПАОП 0.00-7.15-18. Вимоги щодо безпеки та захисту здоров’я працівників під час роботи з екранними пристроям. [На заміну НПАОП 0.00-1.28-10 ; чинний від 2018-05-18]. Київ : Мінсоцполітики України, 2018. 6 с. (Інформація та документація).

30. ДБН В.2.5-28-2018. Природне і штучне освітлення. [На заміну ДБН В.2.5-28-2006 ; чинний з 2019-03-01]. Київ : Мінрегіон України, 2018. 133 с. (Інформація та документація).

31. ДСН 3.3.6.042-99. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. [Чинний від 1999-12-01]. Київ : МОЗ України, 1999. 106 с. (Інформація та документація).

32. ДБН В.2.5-67:2013. Опалення, вентиляція та кондиціонування. [На заміну СНиП 2.04.05-91 ; крім розділу 5 та додатка 22. ; чинний від 2014-01-01]. Київ : Мінрегіонбуд України, 2013. 149 с. (Інформація та документація).

33. ДСТУ EN 2:2014. Класифікація пожеж (EN 2:1992; EN 2:1992/A1:2004, IDT). [На заміну ГОСТ 27331-87; чинний з 01.01.2016]. Київ : Мінекономрозвитку України, 2014. 7 с. (Інформація та документація).

34. ДСТУ Б В.1.1-36:2016. Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою. [На заміну НАПБ Б.03.002-2007 ; чинний від 2017-01-01]. Київ: Мінрегіонбуд України, 2016. 66 с. (Інформація та документація).

35. ДБН В.1.1-7:2016. Пожежна безпека об’єктів будівництва. Загальні вимоги. [На заміну ДБН В.1.1.7-2002 ; чинний від 2017-06-01]. Київ Мінрегіон України, 2017. 47 с. (Інформація та документація).

36. ДБН В.2.5-56:2014. Системи протипожежного захисту. [На заміну ДБН В.2.5-56:2010 ; СНиП 2.04.05-91 (розділи 5 та 22) ; чинний від 2015-07-01]. Київ : Мінрегіон України, 2014. 191 с. (Інформація та документація).

37. Правила експлуатації та типових норм належності вогнегасників. [На заміну НАПБ Б.03.001-2004 ; чинний від 2018-02-23]. Київ : МВС України, 2018. 23 с. (Інформація та документація).