

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 (проект)

другий (магістерський)

(рівень вищої освіти)

на тему Дослідження та підвищення якості роботи системи автоматизації генератора турбінного відділення енергоблоку атомної електростанції

Виконав: студент 2 курсу, групи 8.1511-3
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)

Жацова Анастасія Сергіївна

(ініціали та прізвище)

Керівник К.Т.Н., Т.доц. Баріщенко О.М.

(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

Рецензент доц. директора ТОВ „Альтера Запоріжжя”

(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

Крат О.С.

Запоріжжя 2022

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

Кафедра електричної інженерії та кібернетичних систем
Рівень вищої освіти другий (магістерський)
Спеціальність 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології»
(код спеціальності)
Спеціалізація _____
(код спеціалізації)
Освітня програма Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

« _____ » _____ 20 _____ року

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ (ПРОЕКТ) СТУДЕНТОВІ (СТУДЕНТЦІ)

Усацькій Анастасії Сергіївні

(ПРІЗВИЩЕ, ІМ'Я ТА ПОБІЛІТТЯ)

1. Тема роботи (проекту) Дослідження та підвищення якості роботи системи автоматизації генератора турбінного відділення енергоблоку атомної електростанції

керівник роботи Баріщенко Олена Миколаївна, канд. техн. наук, доцент

(ПРІЗВИЩЕ, ІМ'Я ТА ПОБІЛІТТЯ, НАУКОВИЙ СТУПІНЬ, ВІСНОВІТТЯ)

затверджені наказом ЗНУ від « 02 » червня 2022 року № 598-с

2. Строк подання студентом роботи 05.12.2022р.

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) опиє об'єкт управління, вибір налаштувань регулятора, розробка ФСА, вибір технічних засобів автоматизації, розробка програмного забезпечення

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

Технічна схема енергоблоку АЕС, конструкція генератора, призначення функцій, технічні характеристики генераторної установки, ФСА контурів управління, структурна схема АСУ, алгоритм перехідного процесу, структурна схема АСУ тиску, ланка схема технологічного процесу, експлуатаційний витрата.

6 Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1	Баріменко О.М., доц.		
2	Баріменко О.М., доц.		
3	Баріменко О.М., доц.		
4	Баріменко О.М., доц.		
5	Баріменко О.М., доц.		
6	Баріменко О.М., доц.		
7-8	Баріменко О.М., доц.		

7 Дата видачі завдання 02 червня 2022 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Визначення особливостей технологічного процесу генератора	04.07 - 24.07.2022 р.	Виконано
2	Аналіз стану об'єкту та енергетичних систем автоматичних регуляторних установок	25.07 - 14.08.2022 р.	Виконано
3	Побудова математичної моделі технологічного процесу	15.08 - 04.09.2022 р.	Виконано
4	Моделювання АСР	05.09 - 25.09.2022 р.	Виконано
5	Вибір технічних засобів автоматизації для підготовки системи керування	26.09 - 16.10.2022 р.	Виконано
6	Вибір функцій техніко-економічних показників процесу	17.10 - 06.11.2022 р.	Виконано
7	Розробка презентації роботи, виконання нормокоментарію	07.11 - 27.11.2022 р.	Виконано
8	Підготовка доповіді	27.11 - 10.12.2022 р.	Виконано

Студент
(підпис)

Жауцова А.С.
(ініціали та прізвище)

Керівник роботи (проекту)
(підпис)

Баріменко О.М.
(ініціали та прізвище)

Нормоконтроль пройдено

Нормоконтролер
(підпис)

Коваленко Т.А.
(ініціали та прізвище)

АННОТАЦІЯ

Випускна кваліфікаційна робота магістра: 86 сторінок, 12 таблиць, 23 рисунків, 11 використаних джерел літератури.

Мета дослідження: дослідити та підвищити якості роботи системи автоматизації деаератора турбінного відділення атомного енергоблоку в умовах ВП «Запорізька АЕС».

Об'єкт дослідження: деаератор.

Предмет дослідження: технологічне вирішення питання удосконалення роботи деаератора.

Деаераційна установка атомної електростанції є одним з найбільш складних і відповідальних елементів обладнання теплової схеми блоку, виконуючи кілька функцій. У ній відбувається процес термічної деаерації, вона умовно є перехідним компонентом, зв'язуючою ланкою конденсатно-живильного тракту, також вона служить акумулюючою ємністю, що забезпечує надійну роботу системи живлення парогенераторів. У свою чергу працездатність деаераційної установки залежить від працездатності багатьох технологічних систем енергоблоку. Чітке уявлення впливу порушень в роботі деаераційної установки на роботу енергоблоку в цілому є важливим чинником підвищення безпеки АЕС.

В роботі розглянуто автоматизовану систему управління технологічними процесами в деаераторі енергоблоку 1000 МВт атомної електростанції.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: ДЕАЕРАТОР, ХІМІЧНА ВОДА, ТИСК, ТЕПЛОВА СХЕМА БЛОКУ, ПАРОГЕНЕРАТОР.

ABSTRACT

Graduation qualification of the master's work: 86 pages, 12 tables, 23 drawings, 11 selections of literature.

Relevant meta: to increase the efficiency of the robotic automation system of the deaerator of the turbine inlet of the nuclear power unit in the minds of the Zaporizka NPP.

Follow-up object: deaerator.

Subject of research: technological improvement of the power supply of the improved robotic deaerator.

The deaeration installation of a nuclear power plant is one of the most foldable and powerful elements of a thermal circuit block, with many functions. It has the process of thermal deaeration, it is mentally a transitional component that connects the condensate-living tract, it also serves as a storage tank, which ensures the safety of the work of the steam generators' living system. The practicality of the deaeration installation should be left behind in the practicality of the rich technological systems of the power unit. A clear indication of the damage in the robotic deaeration installation on the robotic power unit as a whole is an important official in the promotion of AEC safety.

In the robot, an automated control system for technological processes in the deaerator of a 1000 MW power unit of a nuclear power plant is considered.

KEY WORDS: DEAERATOR, CHEMICAL WATER, VICE, THERMAL SCHEME OF THE UNIT, STEAM GENERATOR.

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

АСУТП	- автоматизована система управління технологічними процесами;
АСР	- автоматична система регулювання;
АРМ БЩУ	- автоматизоване робоче місце блокового щита управління;
АРМ ІС	- автоматизоване робоче місце інструментальної системи;
БРУ	- блок ручного управління;
БЩУ	- блоковий щит управління;
ДЖЕН	- допоміжний живильний насос;
ВР	- верхній рівень;
ГЦН	- головний циркуляційний насос;
Д-7ата	- деаератор;
ВМ	- виконавчий механізм;
ВП	- вимірювальний перетворювач;
КГП	- конденсат грючої пари;
КЗ	- конденсатозбірник;
КВП	- колектор власних потреб;
ЛОС	- локальна обчислювальна система;
МК	- мікропроцесор;
НР	- нижній рівень;
ОК	- основний конденсат;
ПВТ	- підігрівач високого тиску;
ПГ	- парогенератор;
ЗК	- запобіжний клапан;
ПНТ	- підігрівач низького тиску;
ПТК АСР ТВ	- програмно-технічний комплекс автоматизованої системи регулювання турбінного відділення;

ПЗ	- програмне забезпечення;
ПЕОМ	- персональна електронно-обчислювальна машина;
ПСБУ	- пуско-скидні пристрої конденсатора турбіни;
РК	- регулюючий клапан;
РО	- регулюючий орган;
СВО	- спецводоочистка;
СПП	- сепаратори пароперегрівачі;
СРК	- стопорно - регулюючі клапана;
СУ	- система управління;
СУЗ	- система управління і захисту реактора;
ТАВ	- теплова автоматика і вимірювання;
ТЗ	- технічних засобів;
ТГ	- турбогенератор;
ТО	- турбінне відділення;
ТП	- турбопривід;
ТЖН	- турбоживильний насос;
УОС	- управляюча обчислювальна система;
УКТС	- уніфікований комплекс технічних засобів;
УП	- показчик положення;
УЗО	- пристрій зв'язку з об'єктом;
ХОВ	- химобессолена вода;
ЦР	- цифрові регулятори;
ШУ	- шафа управління

ЗМІСТ

ВСТУП.....	9
1 ОПИС ОБ'ЄКТА УПРАВЛІННЯ.....	13
2 ОЦІНКА ДИНАМІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ДЕАЕРАЦІЙНІЙ УСТАНОВЦІ.....	23
3 РОЗРОБКА ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ СИСТЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ	26
4 ВИБІР ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ АВТОМАТИЗАЦІЇ.....	31
5 РОЗРАХУНОК РЕГУЛЮЮЧОГО ОРГАНУ.....	36
6 РОЗРАХУНОК КОНСТРУКТИВНИХ ПАРАМЕТРІВ ПРИСТРОЮ ДЛЯ ЗВУЖЕННЯ ПОТОКУ ХІМІЧНО ОЧИЩЕНОЇ ВОДИ.....	47
7 РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ.....	53
8 РОЗРАХУНОК КАПІТАЛЬНИХ ВКЛАДЕНЬ У ЗВ'ЯЗКУ З МОДЕРНІЗАЦІЄЮ АСР АЕС.....	59
9 ОХОРОНА ПРАЦІ.....	69
ВИСНОВКИ.....	85
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	115

ВСТУП

АКТУАЛЬНІСТЬ РОБОТИ

Основним завданням Запорізької АЕС є забезпечення безперебійного постачання споживачів електричною та тепловою енергією вироблених з дотриманням вимог правил і норм безпеки в атомній енергетиці.

Деаераційна установка атомної електростанції є одним з найбільш складних і відповідальних елементів обладнання теплової схеми блоку, виконуючи кілька функцій. У ній відбувається процес термічної деаерації, вона умовно є перехідним компонентом, зв'язуючою ланкою конденсатно-живильного тракту, також вона служить акумулюючою ємністю, що забезпечує надійну роботу системи живлення парогенераторів. У свою чергу працездатність деаераційної установки залежить від працездатності багатьох технологічних систем енергоблоку. Чітке уявлення впливу порушень в роботі деаераційної установки на роботу енергоблоку в цілому є важливим чинником підвищення безпеки АЕС.

В роботі розглянуто автоматизовану систему управління технологічними процесами в деаераторі енергоблоку 1000 МВт атомної електростанції.

МЕТА І ЗАДАЧІ ДОСЛІДЖЕННЯ

Мета роботи: дослідити та підвищити якості роботи системи автоматизації деаератора турбінного відділення атомного енергоблоку в умовах ВП «Запорізька АЕС».

Об'єкт дослідження: деаератор - призначений для деаерації основного конденсату шляхом нагрівання його до температури насичення, при якій розчинність газів (O_2 , CO_2 та інших) прагне до нуля; створення необхідного запасу води в баках акумуляторів RL21,22B01 для компенсації небалансу

між витратою живильної води і витратою основного конденсату на період перехідних режимів.

Предмет дослідження: технологічне вирішення питання заміни регулюючого клапану, для розрахунку якого проведено оцінку динамічних властивостей деаераційного процесу.

Відповідно до поставленої мети досліджень в роботі сформульовані наступні задачі:

- виключення випадків відмов у роботі вузла РРД, можливих нештатних ситуацій, пов'язаних з розвантаженням енергоблоків;
- підвищення надійності експлуатації трубопроводів системи основного конденсату, живильної води і деаераційної установки в цілому;
- зробити розрахунок пропонованої заміни регулюючого органу для заміни пускового клапану регулятора рівня в деаераторі основного RM50S01;
- за допомогою графіку перехідного процесу регулювання рівня в деаераторі, що краще використати П-регулятор чи Пі-регулятор;
- описати функціональну схему регулювання рівня і тиску деаераційної установки;
- розробити програмне забезпечення (Scada-система);
- сформулювати основні вимоги до охорони праці та пожежної безпеки згідно існуючих норм України;
- розрахувати конструктивні параметри пристрою для звуження потоку хімводоочистки (метрологія);
- розрахувати капітальні вкладення у зв'язку з модернізацією АСР АЕС (економіка).

МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Використано методи емпіричного дослідження: порівняння, опитування, розрахунки економічних показників, функції Тейлора, передавальна функція інерційної ланки 1-го порядку, формули Копеловіча,

експертна оцінка, факторний аналіз, кореляційний аналіз. Для розрахунку регулюючого органу використано: число Рейнольдса, коефіцієнт місцевих опорів, коефіцієнт пропускної здатності.

НАУКОВА НОВИЗНА ОТРИМАНИХ РЕЗУЛЬТАТІВ

1. Автором запропоноване рішення заміни регулюючого клапану, для розрахунку якого проведено оцінку динамічних властивостей деаераційного процесу.

2. Розроблена функціональна схема регулювання рівня в деаeratorі з урахуванням вибраних засобів автоматизації для підтримання заданого рівня, а саме 2000 ± 200 мм; тиск пари в деаeratorі, а саме 0,6 МПа; температури конденсату та живильної води; витрата основного конденсату в деаerator; тиск ХОВ на натиску насоса підживлення деаeratorів та в трубопроводі аварійного підживлення.

3. Розроблений комплекс заходів по підвищенню надійності експлуатації трубопроводів системи основного конденсату, живильної води і деаераційної установки в цілому.

ПРАКТИЧНЕ ЗНАЧЕННЯ

Практичне значення отриманих результатів роботи полягає в тому, що проведено розрахунок пропонованої заміни регулюючого органу для заміни пускового клапану регулятора рівня в деаeratorі основного RM50S01 для отриманих витратних характеристик регулюючий клапан більш надійної конструкції типу «Диск» DN700 НОМ-K0026.700.040-01 А-Э^а, УЗ з електроприводом типу МЕОФ-1600/25-0,25У-01КА потужністю 320 Вт для установки безпосередньо на клапані.

ОСОБИСТИЙ ВНЕСОК

Теоретичні дослідження виконані автором самостійно. Його особистий внесок полягає в інноваційній розробці програмного забезпечення (Scada-система), та розрахуванню капітальних вкладень у зв'язку з проведенням модернізації АСР АЕС.

АПРОБАЦІЯ РЕЗУЛЬТАТІВ

Матеріали магістерської роботи були повідомлені та обговорені на наукових конференціях ЗНУ.

ПУБЛІКАЦІЇ

Основні результати магістерської роботи опубліковані в друкарських роботах, а саме в тезах в працях і матеріалах наукових конференцій ЗНУ.

СТРУКТУРА МАГІСТЕРСЬКОЇ РОБОТИ

Магістерська робота складається з вступу, дев'яти розділів, загальних висновків, списку літератури із 9 найменувань і вміщує 74 сторінки основного тексту, 12 таблиць, 23 рисунків, усього 86 сторінок.

1 ОПИС ОБ'ЄКТА УПРАВЛІННЯ

1.1 Призначення деаераційної установки

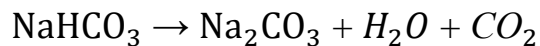
Деаераційна установка призначена для:

- деаерації основного конденсату шляхом нагрівання його до температури насичення, при якій розчинність газів (O_2 , CO_2 та інших) прагне до нуля;
- створення необхідного запасу води в баках акумуляторах RL21,22B01 для компенсації небалансу між витратою живильної води і витратою основного конденсату на період перехідних режимів;
- використання її як джерела постійного тиску для забезпечення безкавітаційного режиму роботи предвключених насосів і ВПЕН;
- живлення паром основних ежекторів, ежектора ущільнень і подачі пари на кінцеві ущільнення ТГ і ТПН;
- підігріву живильної води.

У сучасних паротурбінних установках АЕС пред'являються високі вимоги до змісту в живильній воді кисню і вуглекислого газу, тобто агресивних газів, здатних викликати корозію парогенераторів і всього устаткування конденсатно-живильної системи. У живильній воді можуть бути розчинені різні гази: кисень, вуглекислота, азот і аміак. Корозійно-агресивними є кисень і вуглекислота, азот - практично нейтральний, а аміак в певних умовах навіть корисний. Корозійна активність аміаку проявляється в основному щодо мідних сплавів і тільки при наявності у воді певної кількості кисню. Тому видалення з води кисню перешкоджає як загальної кисневої корозії сталей, так і аміачної корозії латуні. Парогенератори АЕС виготовлені з матеріалів нержавіючих аустенітних сталей, які схильні до корозії під напругою, тому видалення кисню з живильної води є актуальною проблемою.

Кисень в конденсат надходить з повітрям в основному через нещільності в елементах ПТУ, які перебувають під вакуумом. Кисень може надходити в конденсат і від системи підживлення конденсаторів і деаераторів хімічищеною водою.

Причиною надходження вільної вуглекислоти в воду другого контуру є розкладання бікарбонатів NaHCO_3 і карбонатів Na_2CO_3 , що надходять з присосом охолоджуючої води в конденсаторах, а також з живильною водою, якщо вона не пройшла повного знесолення. Бікарбонати розкладаються з утворенням карбонатів і вільної вуглекислоти:



Розкладання бікарбонатів і карбонатів відбувається в процесі підігріву води, тобто після конденсатора. Тому в конденсатно-живильній системі встановлюють деаератор, основне призначення якого - видалити з конденсату кисень і вуглекислоту.

В деякій мірі розкладання бікарбонатів з виділенням вільної вуглекислоти продовжували і після деаератора в зв'язку з підвищенням температури живильної води в підігрівачах високого тиску № 6, 7 і в парогенераторах. У цьому причина присутності вуглекислоти в парі, не дивлячись на наявність деаераторів в конденсатно-живильній системі. Однак при відсутності деаераторів або при порушенні оптимального режиму їх роботи корозія елементів живильної системи, парогенераторів та паропроводів з арматурою була б значною.

1.2 Склад системи

Деаераційна установка турбіни включає в себе:

- два деаератора;

- насос підживлення деаератора UA20D01;
- регулюючі клапани RQ21S08, RQ22S08, RQ22S09 тиску в деаератори;
- трубопроводи обв'язки і запірну арматуру деаераційної установки;
- контрольно-вимірювальні прилади;
- регулюючі клапани для підтримки рівнів живильної води в деаераційних баках;
- запобіжні клапани RQ20S01 ÷ 12.

Деаератор типу ДП - 3200 / 185А є теплообмінний апарат підвищеного тиску ($P = 6 \text{ кгс / см}^2$) з двоступеневою деаерацією води і складається з двох вертикальних деаераційних колонок, які встановлені на баку-акумуляторі.

Цифри і букви в умовному позначенні деаератора вказують:

ДП - деаератор підвищеного тиску;

- 3200 - максимальна витрата основного конденсату, т / ч;
- 185 - робочий об'єм баку-акумулятора, м³;
- Буква "А" в типорозмірі деаератора означає, що він застосовується на АЕС.

АЕС.

Кожен з деаераторів складається з:

- двох деаераційних колонок RL21 (22) W01, RL21 (22) W02;
- деаераційного баку RL21 (22) B01.

1.3 Призначення основних елементів системи

1.3.1 Деаераційна колонка

Деаераційна колонка струменево - барботажного типу ДП-1600-2 призначена для двох-ступінчастою деаерації основного конденсату та інших потоків, що надходять в деаераційну колонку, для регенеративного підігріву основного конденсату, а також для безперервного відводу пароповітряної суміші з деаератора.

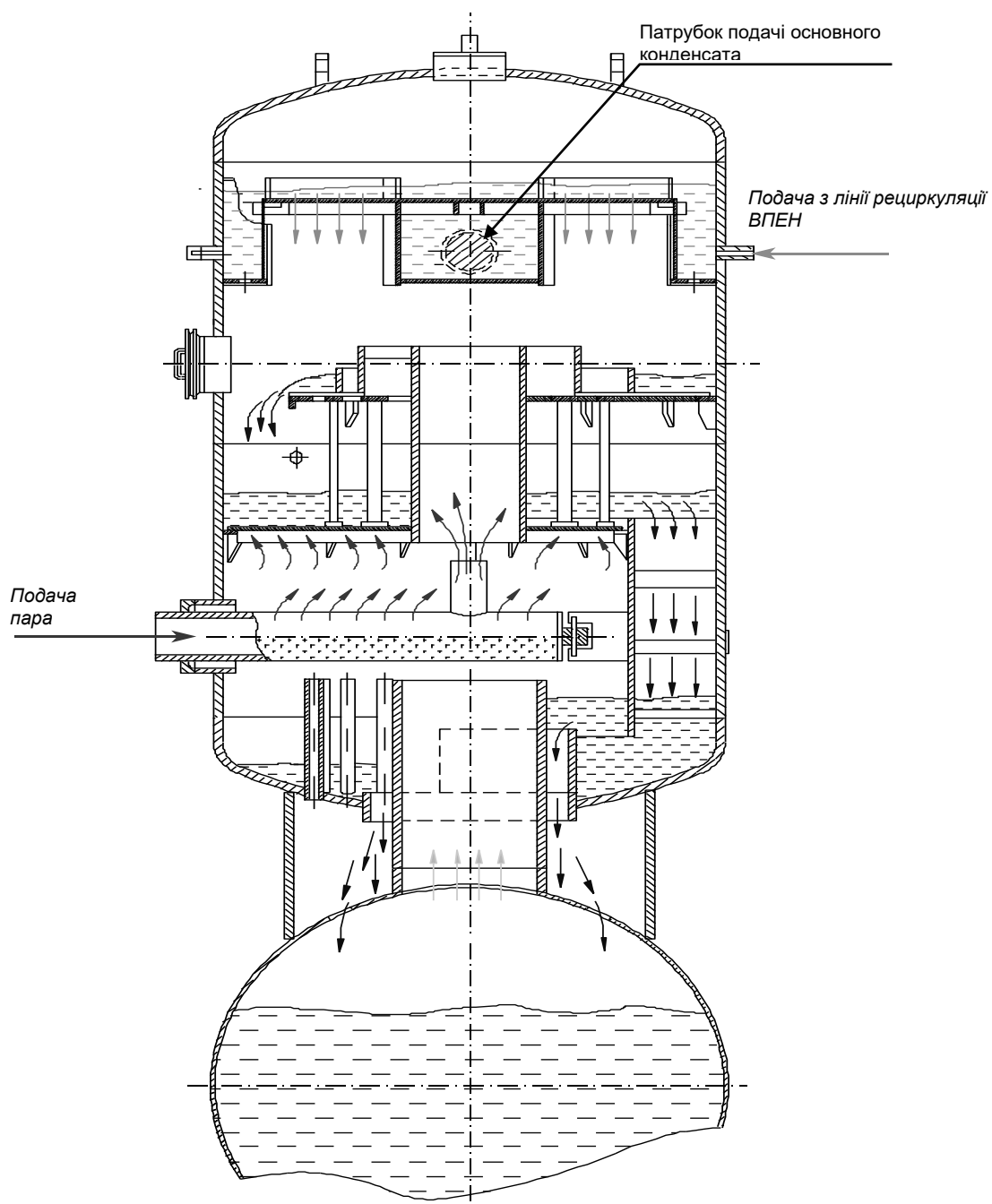


Рисунок 1.1 - Деаераційна колонка

1.3.2 Деаераційний бак

Баки - акумулятори RL21,22B01 призначені для створення необхідного запасу води з метою компенсації небалансу між витратою живильної води і витратою основного конденсату на період перехідних режимів. Вони служать джерелом постійного тиску для забезпечення безкавітаційного режиму роботи бустерних насосів і ВПЕН. У баках відбувається залишкова деаерація води, а саме: виділяється дисперсний кисень і відбувається розкладання бікарбонатів.

1.3.3 Насос підживлення деаератора

Насос підживлення деаератора UA20D01 використовується для наповнення деаератора хімоочищеною водою від системи UA.

1.3.4 Регулюючі клапани тиску в деаератори

Тиск в деаераторі в стаціонарному режимі підтримується впливом на регулятори тиску в Д-7ата RQ21,22S08 на підводі граючої пари в деаератори.

У режимах пуску і розігрівання тиск підтримується впливом пускового регулятора на РК RQ22S09.

1.3.5 Регулюючі клапани рівня живильної води в деаераційних баках

Рівень в баках - акумуляторах підтримується у всьому діапазоні навантажень цифровими регуляторами: основним (ОРУД) RM50C01 і пусковим (ПРУД) RM53C01. Основний регулятор рівня в деаератори (ОРУД) впливає на регулюючий клапан RM50S01, а ПРУД - на клапан RM53S01.

1.3.6 Імпульсно-запобіжний пристрій

Для запобігання підвищенню тиску пара в деаераторах вище допустимого на паропроводах гріючого пара встановлено 12 запобіжних клапанів RQ20S01 ÷ 12, які налаштовані на спрацьовування при підвищенні тиску в деаераторі до значення 6,6 кгс / см².

1.4 Опис технологічної схеми

На енергоблоці знаходиться в експлуатації два деаератора RL21,22B01 пов'язаних між собою зрівняльними трубопроводами по пару і воді.

Кожен деаератор типу ДП - 3200/185-А являє собою теплообмінний апарат підвищеного тиску ($P = 6 \text{ кгс} / \text{см}^2$) з двоступеневою деаерацією води і складається з двох вертикальних деаераційних колонок, які встановлені на баку-акумуляторі.

У режимі номінальної потужності основний конденсат після ПНД-4 з параметрами $T = 156 \text{ }^\circ \text{C}$, $P = 20 \text{ кгс} / \text{см}^2$ надходить у верхню частину деаераційних колонок в змішувальну камеру. Далі конденсат розподіляється по дірчастим тарілках і водонаправляючим листам, проходить через барботажий пристрій і направляється в бак-акумулятор.

Гріючий пар заводиться підводящим колектором в нижню частину деаераційної колонки. Усередині деаератора парової колектор перфоровано, і паровий потік прямує з нижньої частини деаераційної колонки в верхню. Пара подається через регулятори тиску пара в деаератор від КСН.

Основний конденсат протivoтоком до основного пару надходить з верхньої частини деаераційної колонки в нижню. Контактуючи безпосередньо з паровим потоком, конденсат нагрівається і досягаючи температури насичення виділяє розчинені у воді гази. Гази разом з паровим потоком через відвідний колектор як робоче тіло направляються в ежектори турбоустановки і потім видаляються в атмосферу через вихлоп ежекторів.

У деаераційні колонки надходять:

- основний конденсат після ПНД - 4;
- випар розширювача продування (через колектор гріючого пару деаераторів);
- очищене продування ПГ;
- рециркуляція ВПЕН;

- гріючий пар КСН після регуляторів RQ21,22S08;
- конденсат.

У деаераторні баки надходять:

- деаерована вода з деаераційних колонок;
- конденсат гріючого пара з ПВД -6;
- рециркуляція ТПН;
- конденсат з КС -1 і КС -2 ступенів СПП.

З деаераторних баків відводяться:

- живильна вода на всас ТПН і ВПЕН ;
- злив (спорожнення) деаераторних баків в бак розширювач дренажів;

При номінальному режимі роботи деаератори використовуються як джерела постійного тиску води з $T = 164 \text{ }^\circ \text{C}$ для бустерних насосів, забезпечуючи їх бескавітаційний режим роботи, як джерела постійного тиску пара $P = 6 \text{ кгс / см}^2$ для ежекторів і кінцевих ущільнень турбіни. Випарувати з деаераційних колонок видаляється в атмосферу при розігріві - розхолоджування деаератора або подається на парові ежектори ТГ при $Ne \text{ ТГ}$ більше 30%. Через парорівняльну лінію пар від деаератора подається на ущільнення турбіни при $Ne \text{ ТГ}$ більше 30%.

1.4.1 Взаємодія деаераційної установки з іншими системами енергоблоку

Деаераційна установка пов'язана з наступними системами:

- RM - основний конденсат;
- RQ - пар власних потреб;
- RL - живильна вода;
- RN – конденсат граючого пара ПВД і СПП 1 і 2 ст .;
- RV - конденсат СВО - 3;
- RY - очищена продувка ПГ;
- UA - хімочищена вода;

- RT - система дренажів машзалу;
- RX - система відбору проб;
- SG - система ущільнень ТГ і паропостачання ежекторів;
- VC - система циркуляційного водопостачання .

1.4.2 Вплив системи на безпеку енергоблоку

Відповідно до класифікації технологічних систем, обладнання та трубопроводів за впливом на безпеку по "Загальних положень забезпечення безпеки атомних станцій" деаераційні установки відносяться до систем нормальної експлуатації, важливих для безпеки.

Режими роботи деаераторів впливають на витрату, тиск і температуру живильної води, яка подається в ТПН і потім в ПГ, змінюючи умови їх роботи. Це може привести до зміни теплообміну між першим і другим контурами і, отже, в цілому на режим роботи енергоблоку.

Перед розігрівом і пуском енергоблоку повинні бути працездатні:

- деаератори живильної води;
- арматура, регулятори, сигналізація захисту і блокування по обладнанню деаераційної установки.

1.4.3 Технічні характеристики деаераційної установки

Таблиця 1.1 Технічні характеристики деаераційної установки

Робочий тиск	0,6±0.1 МПа
Робоча температура	160-165 °С
Допустима температура стінки	172 °С
Тиск, допустимий при роботі ПК	7,5 кгс/см ²
Тиск гідровипробувань	9 кгс/см ²
Температура води при гідровипробуваннях	10 °С
Геометричний об'єм деаераційної колонки	58 м ³
Робочий об'єм бака-акумулятора	185 м ³
Геометричний об'єм бака-акумулятора	208 м ³

1.5 Постановка задачі дослідження

В даній магістерській роботі була розглядається робота автоматизованої системи управління технологічними процесами в деаераційній установці.

1) Проведений аналіз відмов обладнання системи регулювання рівня в деаераторі пов'язані з відмовою керування виконуючим механізмом, як в автоматичному режимі керування так і в дистанційному, що є важливою проблемою якості систем автоматичного керування експлуатованих на енергоблоці ВВЕР-1000. Обурюючими діями на рівень є витрата пари, конденсату і живильної води. Обурюючими діями на тиск пари в деаераторі є витрата пари та конденсату, температура конденсату, тиск пари. Цю проблему можливо вирішити шляхом заміни регулюючого клапану (основного) RM50S01, для цього проведемо оцінку динамічних властивостей деаераційного процесу.

2) Для розрахунку регулюючого органу найліпшим способом є застосування «Число Рейнольдса», функції Тейлора, формули Копеловіча, та передавальну функцію інерційної ланки 1-го порядку.

3) Удосконалення системи управління за рахунок визначення параметрів та налаштувань для управляючих пристроїв дозволить підтримувати якість управління, а впровадження контурів управління замість контурів контролю забезпечити необхідні показники роботи деаератора.

2 ОЦІНКА ДИНАМІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ДЕАЕРАЦІЙНОЇ УСТАНОВКИ

2.1 Виведення рівняння динаміки в деаераторі по витраті конденсату

Рівняння збереження маси для деаератора:

$$dm/dt = G_n + G_k - G_{nv}$$

де m - маса конденсату у деаераторному баку;

G_n – витрата гріючого пару;

G_k – витрата конденсату;

G_{nv} - витрата живильної води.

Представимо масу конденсату через об'єм і густину

$$m = V * \rho$$

У свою чергу

$$V = F_3 * h$$

де F_3 - площа дзеркала води;

h – висота рівня конденсату.

Тоді

$$dF_3 * h * \rho / dt = G_n + G_k - G_{nv}$$

Вважатимемо, що при невеликих відхиленнях рівня від номінального

$$F_3 = \text{const}$$

$$F_3 * \rho (dh / dt) = G_n + G_k - G_{n\epsilon}$$

Представимо змінні h , G_n , G_k , $G_{n\epsilon}$ у вигляді суми сталих значень і їх відхилень

$$h = h_0 + \Delta h$$

$$G_n = G_n + \Delta G_n$$

$$G_k = G_k + \Delta G_k$$

$$G_{n\epsilon} = G_{n\epsilon} + \Delta G_{n\epsilon}$$

Запишемо рівняння збереження маси у відхиленнях

$$F_3 * \rho * (d\Delta h / dt) = \Delta G_n + \Delta G_k - \Delta G_{n\epsilon}$$

$$d\Delta h / dt = (1 / F_3 * \rho) * (\Delta G_n + \Delta G_k - \Delta G_{n\epsilon})$$

Проінтегрував це рівняння отримаємо

$$\Delta h = (1 / F_3 * \rho) * \int_0^t \Delta G_n + (1 / F_3 * \rho) * \int_0^t \Delta G_k - (1 / F_3 * \rho) * \int_0^t \Delta G_{n\epsilon}$$

Отже, деаератор по будь-якому з трьох каналів (по каналу витрати пари, витрати конденсату і витрати живильної води) описується рівнянням інтегральної астатичної ланки з однаковим коефіцієнтом передачі, рівним $1 / F_3 * \rho$.

Передавальна функція деаератора по каналу "витрата конденсату G_k - рівень H_d "

$$W(S) = K\delta / S$$

де $K\partial = 1 / F_3 * \rho$

Знайдемо значення F_3 :

довжина бака-акумулятора $l=23,415$ м

діаметр бака $d=3,442$ м

$$F_3 = 23,415 * 3,442 = 80,6 \text{ м}^2$$

$$K\partial = 1 / (80,6 * 903,3) = 1,37 * 10^{-5} \text{ м/кг}$$

$$W(S) = 1,37 * 10^6 / S$$

2.2 Виведення математичної моделі ділянки живильного тракту

Рівняння збереження енергії для живильного тракту:

$$P_k - P_\partial + \Delta P_n = \Delta P_l + \Delta P_m$$

де P_k – тиск в конденсаторі;

P_∂ – тиск в деаераторі;

ΔP_n - перепад тиску в насосі;

ΔP_l - втрати тиску по довжині;

ΔP_m - втрати тиску на РК.

При несталому русі потік води швидшає або сповільнюється, тоді

$$P_k - P_\partial + \Delta P_n = \Delta P_l + \Delta P_m + \Delta P_y$$

де ΔP_y - втрати тиску на прискорення рідини.

Запишемо рівняння збереження енергії у відхиленнях:

$$\Delta P_K - \Delta P_\partial + \Delta \Delta P_H = \Delta \Delta P_l + \Delta \Delta P_M + \Delta \Delta P_y$$

Розглянемо, від чого залежать змінні рівняння:

$$\Delta P_H = f(G, n)$$

$$\Delta P_l = a_l * G^2$$

$$\Delta P_M = a_m * G^2 / F_m^2$$

де a_l, a_m - коефіцієнти пропорційності;

F_m - площа прохідного перетину РК.

$$\Delta P_y = K_y * dG / dt$$

де K_y - коефіцієнт пропорційності.

$$K_y = L / F_{mp}$$

де L - довжина трубопроводу;

F_{mp} - площа поперечного перетину трубопроводу.

$$F_{mp} = \pi * d^2 / 4 = 3.14 * 0.7^2 / 4 = 0.385 \text{ м}^2$$

Для отримання приростів функцій скористаємося розкладанням нелінійної функції в ряд Тейлора:

$$\begin{aligned}\Delta\Delta P_K &= \left(\frac{\partial P_K}{\partial G}\right) * \Delta G = 2a_l * G_0 * \Delta G \\ \Delta\Delta P_M &= \left(\frac{\partial \Delta P_M}{\partial G}\right) * \Delta G + \left(\frac{\partial \Delta P_M}{\partial F_M}\right) * \Delta F_M = \left(2a_m * G_0 / F_{M0}^2\right) * \Delta G - \\ &- \left(2a_m * G_0^2 / F_{M0}^3\right) * \Delta F_M = \kappa_{M1} * \Delta G - \kappa_{M2} * \Delta F_M \\ \Delta\Delta P_H &= \left(\frac{\partial \Delta P_H}{\partial G}\right) * \Delta G + \left(\frac{\partial \Delta P_H}{\partial n}\right) * \Delta n = \kappa_{H1} * \Delta G + \kappa_{H2} * \Delta n\end{aligned}$$

де κ_{H1} і κ_{H2} визначаються графічно.

Отримаємо рівняння:

$$Ky * \partial G / \partial t + (\kappa_{M1} + \kappa_l - \kappa_{H1}) * \Delta G = \Delta P_K - \Delta P_\partial + \kappa_{H2} * \Delta n + \kappa_{M2} * \Delta F_M$$

Одержане рівняння характеризує динаміку зміни витрати води при зміні тиску в конденсаторі і деаэраторі, швидкості обертання насоса і ступеня відкриття клапана.

Якщо швидкість обертання насоса незмінна, а тиск в конденсаторі і деаэраторі постійний, тобто регулювання витрати води здійснюється зміною ступеня відкриття клапана, то можна записати

$$Ky * \Delta G' + (\kappa_{M1} + \kappa_l - \kappa_{H1}) * \Delta G = \kappa_{M2} * \Delta F_M$$

Розділивши обидві частини рівняння на коефіцієнт при ΔG , одержимо

$$T_{CM} * \Delta G' + \Delta G = K_{FG} * \Delta F_M$$

де

$$\begin{aligned}T_{CM} &= Ky / (\kappa_{M1} + \kappa_l - \kappa_{H1}) \\ K_{FG} &= \kappa_{M2} / (\kappa_{M1} + \kappa_l - \kappa_{H1})\end{aligned}$$

Передавальна функція ділянки ПНТ по каналу ” $F_M - G$ ”

$$W_{F_M-G}(S) = K_{FG} / (T_{cm} * S + 1)$$

Коефіцієнт передачі можна представити помноженням двох коефіцієнтів $K_{po} * K_{tp}$, де K_{po} - коефіцієнт передачі регулюючого органу, $\%K_{po} * c / кг$, K_{tp} - коефіцієнт передачі трубопроводу, $кг * c / кг * c$. Причому $K_{tp} = 1$.

Тоді передавальна функція ділянки ПНТ по каналу «витрата конденсату на вході G_k - витрата конденсату на виході G_k »

$$W_{G_k-G_k}(S) = 1 / (T_{cm} * S + 1)$$

Таким чином, ділянка ПНТ по даному каналу описується передавальною функцією інерційної ланки 1-го порядку.

Розрахуємо значення коефіцієнтів:

$$\kappa_{M1} = 2 * a_M * G_0 / F_{M0}^2$$

де

$$a_M = \xi_{\kappa1} / 2 * \rho = 1 / (\mu^2 * 2 * \rho) = 1 / (0,7^2 * 2 * 965,3) = 1,05 * 10^{-3},$$

$$\kappa_g = 0,99 * 10^{-2} * M / \sqrt{\Delta P_{pk} * \rho} = 0,99 * 10^{-2} * 1500000 / \sqrt{0,417 * 965,3} = 740 \text{ м}^3 / \Gamma$$

$$F_M = \kappa_g * 10^{-4} / (5,04 * 0,7) = 740 * 10^{-4} / (5,04 * 0,7) = 0,021 \text{ м}^2$$

$\xi_{\kappa1}$ - коефіцієнт опору клапана при повному його відкритті.

Тоді

$$\kappa_{M1} = 2 * 1,05 * 10^{-3} * 416 / 0,021^2 = 1981 \text{ 1/м} * c$$

$$\kappa_l = 2 * a_l * G_0$$

де a_l - коефіцієнт пропорційності

$$a_l = \Delta P_H / M^2 = 276000 / 416^2 = 1,59 \text{ 1/кг*м}$$

Тоді

$$\kappa_l = 2 * 1,59 * 416 = 1327 \text{ 1/м*с}$$

Коефіцієнт $\kappa_{н1}$ знаходимо графічно. $\kappa_{н1} = 12000 \text{ Па*с/кг}$

$$T_{см} = L / F_{тр} * (\kappa_{м1} + \kappa_l + \kappa_{н1}) = 286 / 0,385 * (1981 + 1327 + 12000) = 0,165 \text{ с}$$

2.3 Динамічні властивості деаератора по тиску пари

Для виведення рівняння динаміки деаератора по тиску пари запишемо рівняння збереження енергії для парового простору:

$$d[(V_n - V_k) * \rho'' * i''] / dt = M_n * (i_n - i') + Q_u - M_c * i'' - M_k (i' - i_k)$$

де V_n, V_k – об'єм парового простору і водяних крапель в ньому відповідно;

M_n, M_k, M_c – масова витрата пари, конденсату і пароводяної суміші;

Q_u – кількість теплоти, що поступає в паровий простір за рахунок самовипаровування конденсату;

i'', i', i_n, i_k – ентальпія сухої насиченої пари, води на лінії насичення, пари і конденсату;

ρ'' – густина насиченої пари.

При цьому акумуляцією теплоти в металі нехтуємо. Оскільки рівень живильної води в баку, як правило, стабілізується автоматичним регулятором, то впливом рівня води на об'єм V_n також нехтуємо.

Запишемо рівняння у відхиленнях:

$$\begin{aligned} (V_n - V_k) * d(\rho'' * i'') / dt + \rho'' * i'' * (dV_n / dt) = (i_n - i') * \Delta M_n - \\ - i'' * \Delta M_c - (i' - i_k) * \Delta M_k + M_n * \Delta i_n * (M_n + M_k) * \Delta i' - \\ - M_c * \Delta i'' + M_k * \Delta i_k + Q_u \end{aligned}$$

У цьому рівнянні густина і ентальпія насиченої пари визначаються тиском пари Рд в деаераторі. Ентальпія пари визначається тиском в камері відбору турбіни. Ентальпія конденсату $i_k = c * t_k$, де с – питома теплоємність конденсату.

Витрата теплоти за рахунок самовипаровування конденсату змінює свою величину і знак залежно від напрямку зміни тиску dP_d/dt . При підвищенні тиску в деаераторі частина акумульованої пари в ньому конденсується, відносячи в одиницю часу з парового простору у водяне кількість теплоти

$$\Delta Q_u = (V_v * \rho' * i' / r) * (di' / dP_d) * dP_d / dt,$$

де r – питома теплота паротворення;

V_v - об'єм перегрітої води.

Отже, можна записати:

$$Q_u = -A * dP_d / dt,$$

де

$$A = (V_n - V_k) * \rho'' * di'' / dP_d \text{ при } dP_d / dt > 0$$

$$A = (V_v * \rho' * i' / r) * (di' / dP_d) \text{ при } dP_d / dt < 0$$

Таким чином, деаератор є нелінійним об'єктом регулювання. Витрата пароводяної суміші в атмосферу залежить від тиску в деаераторі.

З урахуванням того, що в рівноважних режимах

$$(i' - i_k) * \overline{Mk} = (i_n - i'') * \overline{Mn}, \text{ одержимо:}$$

$$T * \Delta P' + \Delta P = Kn * \Delta Mn - Kk * \Delta Mk + Kp * \Delta Pn + Kt * \Delta t_k,$$

де

$$T = T \partial i / Z \partial$$

$$T \partial i = [(Vn - Vk) * \partial(\rho'' * i'') / \partial P + Ai] * \overline{P} / [(i' - i_k) * \overline{Mk}]$$

$$Z \partial = [(Mn + Mk) * \partial i' / \partial P + \partial(Mc * i'') / \partial P] * \overline{P} / [(i' - i_k) * \overline{Mk}]$$

$$Kn = \overline{P} / Z \partial * \overline{Mn}$$

$$Kk = \overline{P} / Z \partial * \overline{Mk}$$

$$Kp = (\partial i_{om\bar{o}} / \partial P_{om\bar{o}}) * \overline{P}_{om\bar{o}} * \overline{Mn} / [(i' - i_k) * \overline{Mk} * Z \partial]$$

$$Kt = i_k * \overline{P} / [(i' - i_k) * Z \partial * t_k]$$

Тут $i_{om\bar{o}}$, $P_{om\bar{o}}$ - ентальпія і тиск пари у відборі турбіни.

Таким чином, динаміка деаератора по всіх чотирьох каналах описується диференціальним рівнянням 1-го порядку.

Знайдемо значення коефіцієнтів передавальних функцій.

Запишемо початкові дані:

$$i' (P_d=0,6 \text{ МПа})=616,15 \text{ кДж/кг}$$

$$i'' (P_d=0,6 \text{ МПа})=2761,9 \text{ кДж/кг}$$

$$\rho' (P_d=0,6 \text{ МПа})=908,64 \text{ кг/м}^3$$

$$\rho'' (P_d=0,6 \text{ МПа})=3,125 \text{ кг/м}^3$$

$$t' (P_d=0,6 \text{ МПа})=159 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

У першу чергу знайдемо значення приватних похідних, для чого визначимо значення i' , i'' , ρ' , ρ'' , t' при тиску в деаераторі $P_d=0,5 \text{ МПа}$

$$i' (P_d=0,5 \text{ МПа})=641,5 \text{ кДж/кг}$$

$$i'' (P_d=0,5 \text{ МПа})=2751,6 \text{ кДж/кг}$$

$$\rho' (P_d=0,5 \text{ МПа})=930 \text{ кг/м}^3$$

$$\rho'' (P_d=0,5 \text{ МПа})=2,68 \text{ кг/м}^3$$

$$t' (P_d=0,5 \text{ МПа})=152 \text{ }^{\circ}\text{C}$$

Значення $i_{отб}$ при тиску пари в камері відбору турбіни $P_{отб}=0,9 \text{ МПа}$

$$i_{отб} (P_d=0,9 \text{ МПа})=3325,6 \text{ кДж/кг}$$

$$\frac{\partial(\rho'' * i'')}{\partial P_d} = \frac{[(3,125 * 2761,9) * 10^3 - (2,86 * 2751,6) * 10^3]}{[(0,6 - 0,5) * 10^6]} = 12,57 \text{ Дж/ м}^3 * \text{Па}$$

$$\frac{di'}{dP_d} = \frac{[(641,5 - 616,15) * 10^3]}{[(0,7 - 0,6) * 10^6]} = 0,25 \text{ Дж/кг} * \text{Па}$$

$$\frac{di''}{dP_d} = \frac{[(2761,9 - 2751,6) * 10^3]}{[(0,6 - 0,5) * 10^6]} = 0,103 \text{ Дж/кг} * \text{Па}$$

$$\frac{\partial(M_c * i'')}{\partial P} = \frac{[(1,27 * 2761,9 - 0,96 * 2751,6) * 10^3]}{[(0,6 - 0,5) * 10^6]} = 8,66 \text{ Дж/с} * \text{Па}$$

$$\frac{\partial i_{отб}}{\partial P_{отб}} = \frac{[(3365,4 - 3325,6) * 10^3]}{[(1,3 - 0,9) * 10^6]} = 0,11 \text{ Дж/кг} * \text{Па}$$

$$\frac{\partial t'}{\partial P_d} = \frac{(164 - 159)}{[(0,69 - 0,6) * 10^6]} = 5,55 * 10^{-5} \text{ }^{\circ}\text{C/Па}$$

Далі обчислимо значення $Z\partial$ и $T\partial$:

$$Z\partial = [[(7,83 + 416) * 0,25 + 8,66] * 0,6 * 10^6] / [(616,15 - 581,71) * 10^3 * 416] = 4,8$$

При підвищенні тиску в деаераторі

$$A = A1 = (14,84 - 0) * 3,125 * 0,103 = 4,78 \text{ Дж/Па}$$

При зниженні тиску

$$A = A2 = (1,27 * 908,64 * 616,15 / 2071) * 0,25 = 86 \text{ Дж/Па}$$

Тоді відповідно при підвищенні тиску

$$Td1 = [(14,84 * 12,57 - 4,78) * 0,6 * 10^6] / [(616,15 - 581,71) * 10^3 * 416] = 7,6 \text{ с}$$

$$Td2 = [(14,84 * 12,57 + 85) * 0,6 * 10^6] / [(616,15 - 581,71) * 10^3 * 416] = 11,38 \text{ с}$$

Розрахуємо значення

$$\begin{aligned} d_{2\partial} &= i_k / (i' - i_k) = 581,71 / (616,15 - 581,7) = 16,9 \\ d_{1\partial} &= [(\partial i_{\text{отб}} / \partial P_{\text{отб}}) * P_{\text{отб}} * Mn] / [(i' - i_k) * Mk] = \\ &= [0,11 * 1,3 * 10^6 * 7,83] / [(616,15 - 581,71) * 10^3 * 416] = 0,078 \end{aligned}$$

Постійна часу при підвищенні $P\partial$

$$T = Td1 / Z\partial = 7,6 / 4,8 = 1,6$$

$$T = Td2 / Z\partial = 11,38 / 4,8 = 2,4$$

$$Kn = 0,6 * 10^6 / (4,8 * 7,83) = 15964$$

$$Kk = 0,6 * 10^6 / (4,8 * 416) = 300,5$$

$$Kp = 0,6 * 10^6 * 0,078 / (4,8 * 1,3 * 10^6) = 0,0075$$

$$K_t = 16,9 * 0,6 * 10^6 / (4,8 * 159) = 13286$$

Оскільки постійна часу відрізняється трохи, то можна застосовувати усереднене значення $T=2$ с.

Передавальні функції деаератора мають вигляд:

- по каналу «витрата пари - тиск»

$$W_{\Delta Gn - \Delta P}(S) = 15964 / (2 * S + 1)$$

- по каналу «витрата конденсата- тиск»

$$W_{\Delta Gk - \Delta P}(S) = 300 / (2 * S + 1)$$

- по каналу «тиск пари - тиск в деаераторі»

$$W_{\Delta Pn - \Delta P}(S) = 0.075 / (2 * S + 1)$$

- по каналу «температура конденсата- тиск»

$$W_{\Delta tk - \Delta P}(S) = 13286 / (2 * S + 1)$$

2.4 Висновки до розділу 2

1) Деаератор по будь-якому з трьох каналів (по каналу витрати пари, витрати конденсату і витрати живильної води) описується рівнянням

інтегральної астатичної ланки з однаковим коефіцієнтом передачі, рівним $1/F_3 * \rho$, де F_3 - площа дзеркала води.

2) Математична модель ділянки живильного тракту характеризує динаміку зміни витрати води при зміні тиску в конденсаторі і деаераторі, швидкості обертання насоса і ступеня відкриття клапана.

Якщо швидкість обертання насоса незмінна, а тиск в конденсаторі і деаераторі постійний, тобто регулювання витрати води здійснюється зміною ступеня відкриття клапана.

3) Динамічні властивості деаератора по тиску пари, для чого вивели рівняння динаміки деаератора по тиску пари вирішили рівняння збереження енергії для парового простору.

З'ясували, що густина і ентальпія насиченої пари визначаються тиском пари P_d в деаераторі. Також Ентальпія пари визначається тиском в камері відбору турбіни.

4) При підвищенні тиску в деаераторі частина акумульованої пари в ньому конденсується, відносячи в одиницю часу з парового простору у водяне кількість теплоти.

Таким чином, деаератор є нелінійним об'єктом регулювання. Витрата пароводяної суміші в атмосферу залежить від тиску в деаераторі.

5) Знайшли значення приватних похідних, для чого визначимо значення i' , i'' , ρ' , ρ'' , t' при тиску в деаераторі $P_d = 0,5$ МПа. Оскільки постійна часу відрізняється трохи, то можна застосовувати усереднене значення $T = 2$ с.

Визначили значення передавальних функцій деаератора по каналам, а саме: «витрата пари - тиск», «витрата конденсата - тиск», «тиск пари - тиск в деаераторі», «температура конденсату - тиск».

3 РОЗРОБКА ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ СИСТЕМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ

3.1 Вибір настройок регулятора рівня в деаераторі

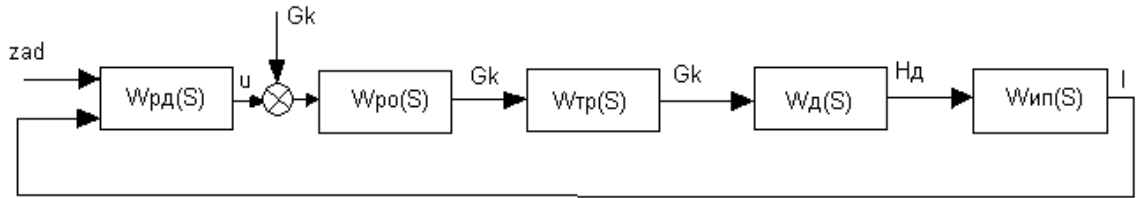


Рисунок 3.1 - Структурна схема АСР рівня в деаераторі

де

$W_{рд}(S)$ - передавальна функція РРД;

$W_{ро}(S)$ - передавальна функція РО;

$W_{тр}(S)$ - передавальна функція трубопроводу;

$W_{д}(S)$ - передавальна функція деаератора;

$W_{ип}(S)$ - передавальна функція вимірювального перетворювача.

Передавальна функція РО:

$$W_{ро}(S) = K_{ро}$$

Коефіцієнт передачі регулюючого органу знайдемо з витратної характеристики РО:

$$K_{ро} = \Delta Gk / \Delta u = 150 / 15,36 = 9,76 \text{ кг/с} * \% \text{хро}$$

Передавальна функція ВП:

$$W_{ип}(S) = K_{ип}$$

Як вимірювальний перетворювач використовується «Сафір» - 2440 з вихідним сигналом 0-5 мА.

Максимальний вимірюваний діапазон зміни рівня живильної води – 1,4 м.

Тоді,

$$K_{un} = \Delta I / \Delta H_{\max} = 5 / 1,4 = 3,6 \text{ мА/м}$$

Для регулятора рівня в деаераторі об'єкт по каналу $G_k-H\delta$ описується наступною передавальною функцією:

$$W(S) = K\delta / [(T_{cm} * S) * S]$$

$G_k-H\delta$

Побудуємо криву розгону деаератора по рівню.

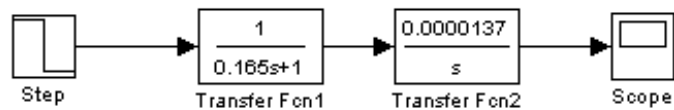


Рисунок 3.2 - Структурна схема об'єкту по каналу $G_k-H\delta$

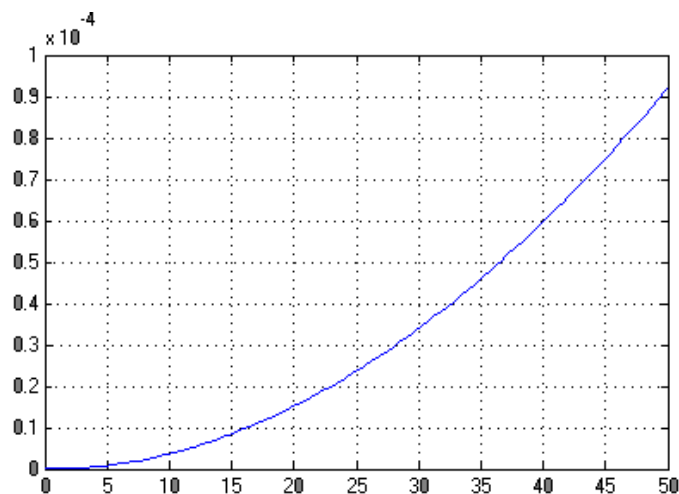


Рисунок 3.3 - Крива розгону об'єкту по каналу $G_k-H\delta$

По кривій розгону визначимо коефіцієнт передачі об'єкту

$$K_{об} = \Delta H \partial / \Delta t = 0,11 / 5 = 0,022 \text{ м/с}$$

$$T_{об} = 1 / K_{об} = 1 / 0,022 = 45,5 \text{ с}$$

$$\tau = 4 \text{ с}$$

Підставимо значення у формули Копеловіча для знаходження настройок регулятора:

- для П-регулятора:

$$K_p = 0,7 / \tau * T = 0,7 / [4 / 45,5] = 8$$

- для ПІ-регулятора:

$$K_p = 0,7 / \tau * T = 0,7 / [4 / 45,5] = 8$$

$$T_i = 3 * \tau = 3 * 4 = 12 \text{ с}$$

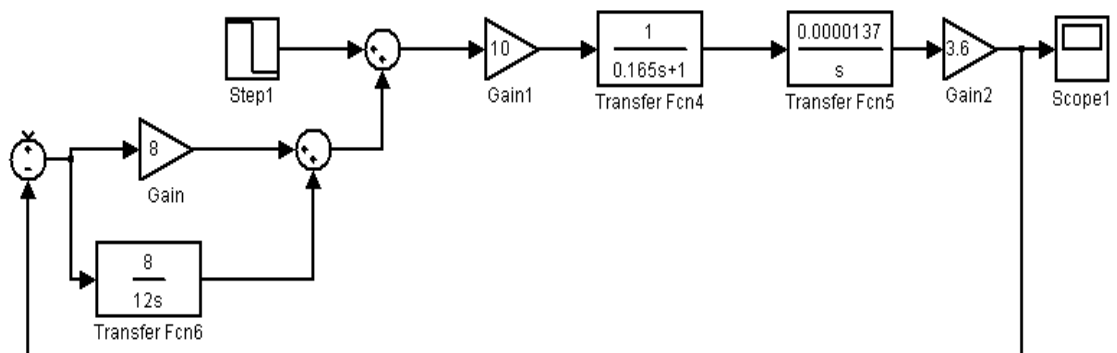


Рисунок 3.4 - Структурна схема замкнутої АСР рівня в деаэраторі з ПІ-регулятором

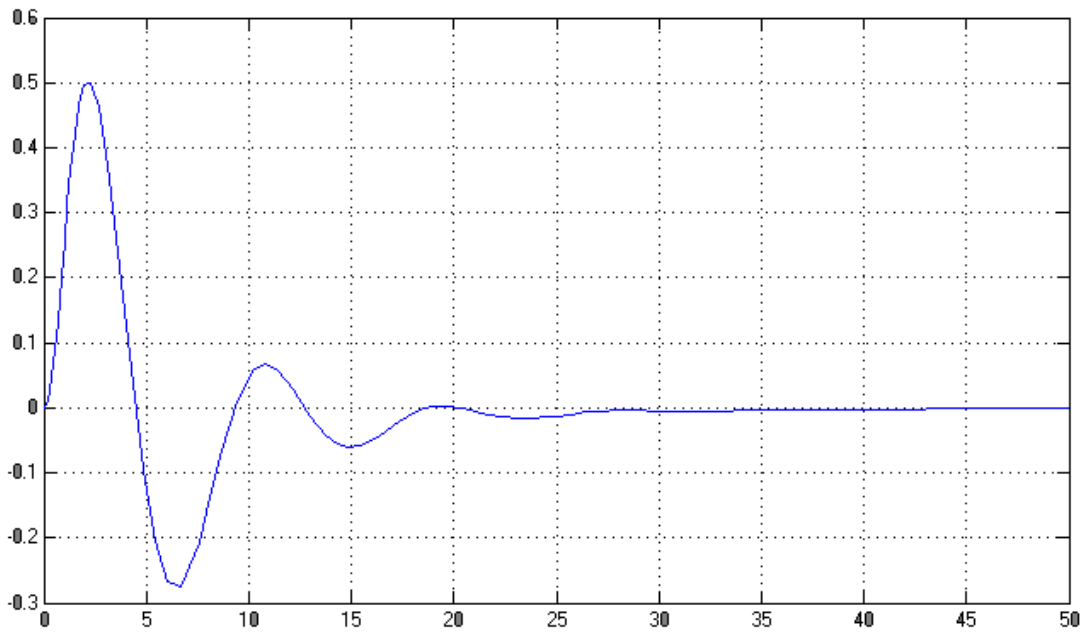


Рисунок 3.5 - Графік перехідного процесу
регулювання

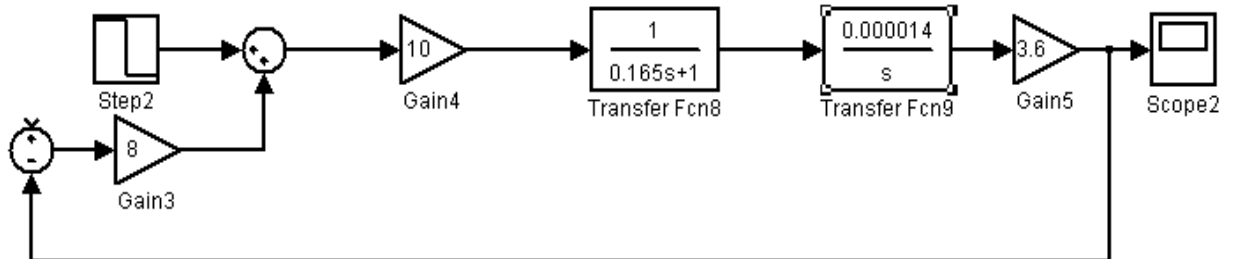


Рисунок 3.6 - Структурна схема замкнutoї АСР
рівня в деаэратoрі з П-регулятором

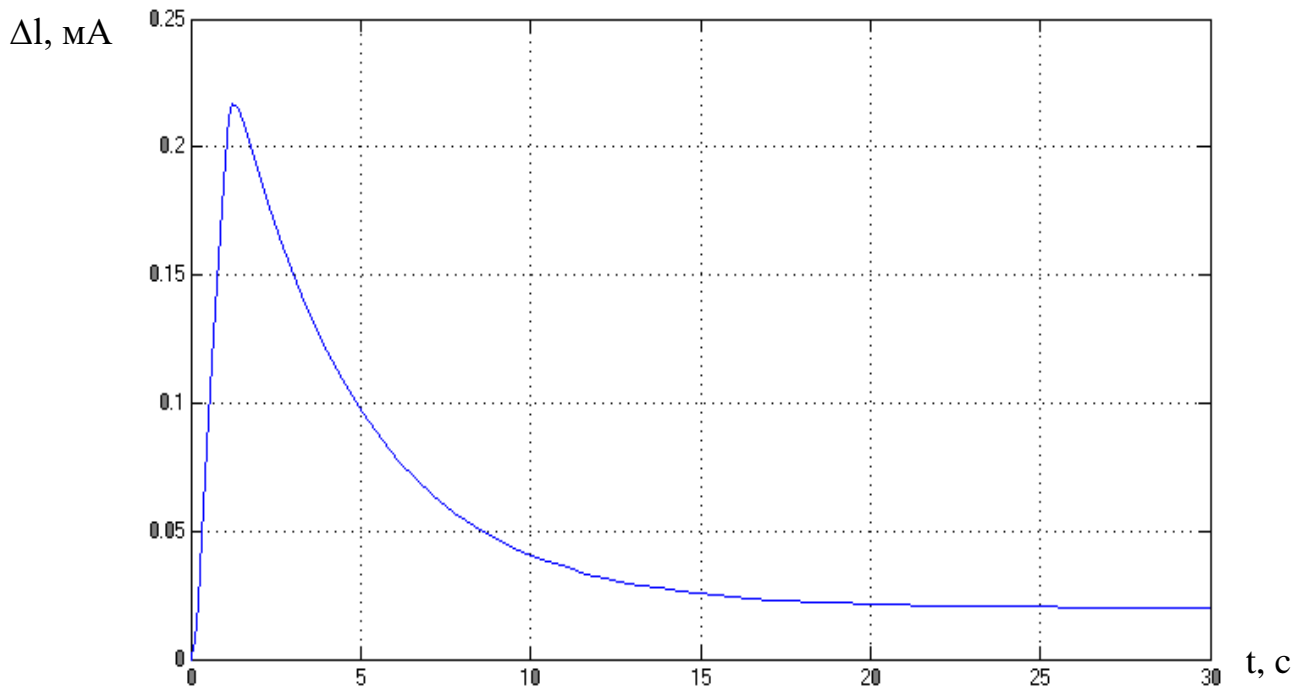


Рисунок 3.7 - Графік перехідного процесу регулювання

3.2 Вибір настройок регулятора тиску в деаераторі

Розглянемо АСР тиск в деаераторі. Регулюючою дією, як вже указувалося, є витрата пари D_p . Обурюючими діями на тиск пари є: витрата конденсату G_k , його температура T_k і тиск гріючої пари P_p .

Зміна тиску в паропроводі приводить до зміни витрати пари.

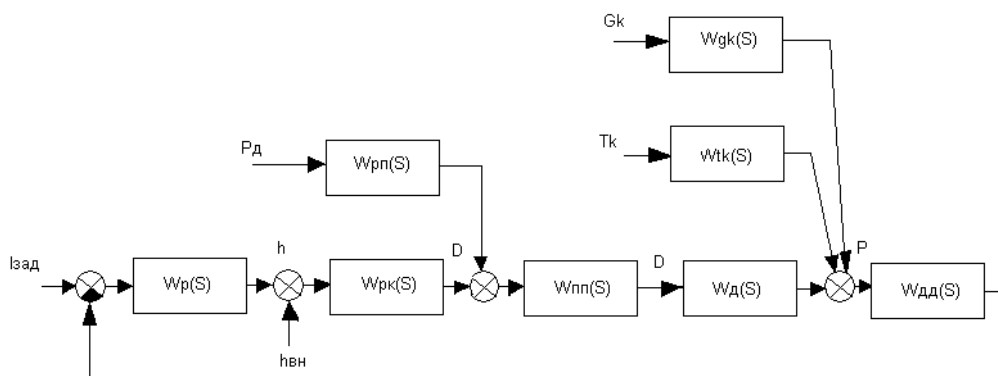


Рисунок 3.8 - Структурна схема АСР тиску в деаераторі

де

$W_p(S)$ – передавальна функція регулятора;

$W_{pk}(S)$ – передавальна функція РК;

$W_{пп}(S)$ – передавальна функція паропроводу;

$W_{д}(S)$ – передавальна функція деаератора по витраті пари;

$W_{дд}(S)$ – передавальна функція датчика тиску;

$W_{рп}(S)$ – передавальна функція РК по тиску пари;

$W_{gk}(S)$ – передавальна функція деаератора по витраті конденсату;

$W_{tk}(S)$ – передавальна функція по температурі конденсату.

Передавальна функція РК визначається по витратній характеристиці клапана:

$$K_{po} = \Delta G_k / \Delta u = 1,95 / 15 = 0,13 \text{ кг/с}^{\circ}\text{хро}$$

Виведемо передавальну функцію клапана по каналу тиску пари.

Витрата пари через РК визначається виразом

$$D = \alpha_{кл} * S_{кл} * \sqrt{2 * \rho_n (P_n - P_d)}$$

Залежність витрати пари від тиску нелінійна. Після лінеаризації одержимо:

$$K_p = \alpha_{кл} * S_{кл} * \sqrt{\rho_n} / \sqrt{2 * [P_n - P_d]} = 0,7 * 19,26 * \sqrt{3,125} / \sqrt{2 * (7 - 6)} = 18$$

Передавальна функція ВП:

$$W_{un}(S) = K_{un}$$

Як вимірювальний перетворювач використовується «Сапфір-22ДИ», 2151 з вихідним сигналом 0-5 мА.

Максимальний вимірюваний діапазон зміни тиску пари - 0,8 МПа.

Тоді

$$K_{un} = \Delta I / \Delta H_{\max} = 5 / 0,8 = 6,25 \text{ мА/МПа}$$

Динаміка деаератора по всіх каналах описується передавальною функцією інерційної ланки 1-го порядку.

Оскільки регулюючий клапан встановлюється на паропроводі на деякій відстані від колонки деаератора, то ділянка паропроводу від РК до деаератора є динамічною ланкою з передавальною функцією $W_{nn}(S)$.

$$W_{nn}(S) = 1 / (TS + 1),$$

де

$$T = T_n * \alpha_l * \overline{D} / \overline{Pe}$$

$$\alpha_l = 2 * K_l * D$$

$$K_l = \left(\lambda * L / D_{вн} + \sum \xi_i \right) * \left(1 / \left(2 * 3,125 * 19,6^2 \right) \right) = \\ = \left(0,0295 * 20 / 0,05 + 1,8 \right) * \left(1 / \left(2 * \rho_n * S_{nn}^2 \right) \right) = 0,009$$

тоді

$$\alpha_l = 2 * 0,009 * 7,83 = 0,14 \text{ 1/м*с}$$

$$T = 164 * 0,14 * 7,83 / 7 = 25,8 \text{ с}$$

$$W_{nn}(S) = 1 / (25,8S + 1)$$

Побудуємо структурну схему об'єкту і збурюючим каналам.

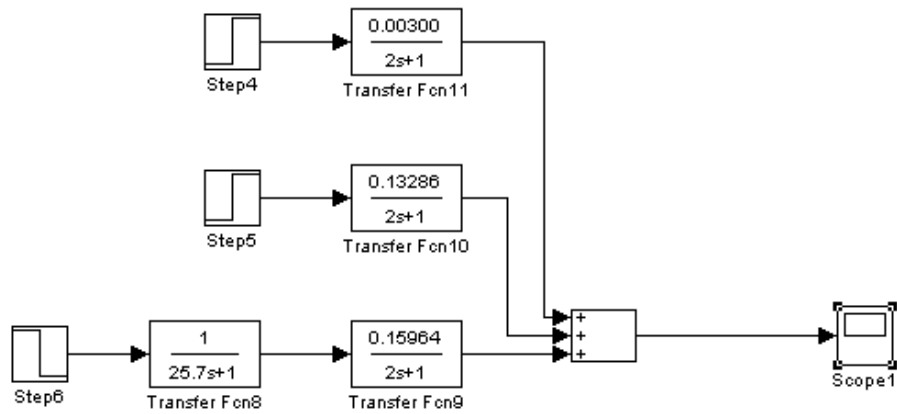


Рисунок 3.9 - Структурна схема об'єкта

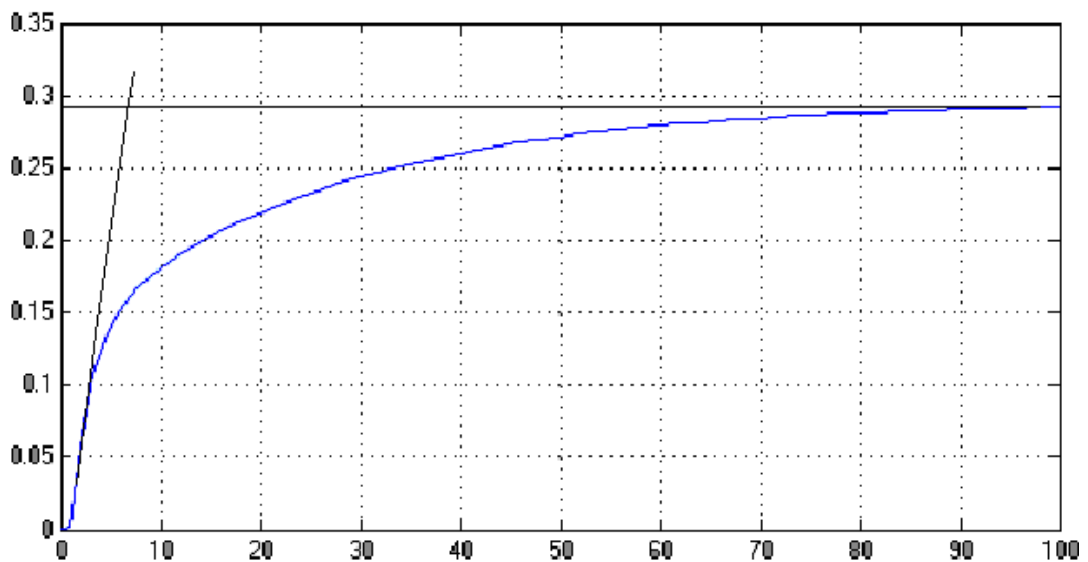


Рисунок 3.10 - Крива розгону об'єкту по каналу Гп-Рд

По кривій розгону об'єкту визначимо $T_{об}=6$ с, $\tau = 1$ с.

Підставимо ці значення у формули Копеловіча для знаходження налаштувань регулятора:

- для П-регулятора:

$$K_p = 0,7 / \tau * T = 0,7 / [1/6] = 4,2$$

- для ПІ-регулятора:

$$K_p = 0,7 / \tau * T = 0,7 / [1/6] = 4,2$$

$$T_i = 3 * 1 = 3 * 1 = 3 \text{ с}$$

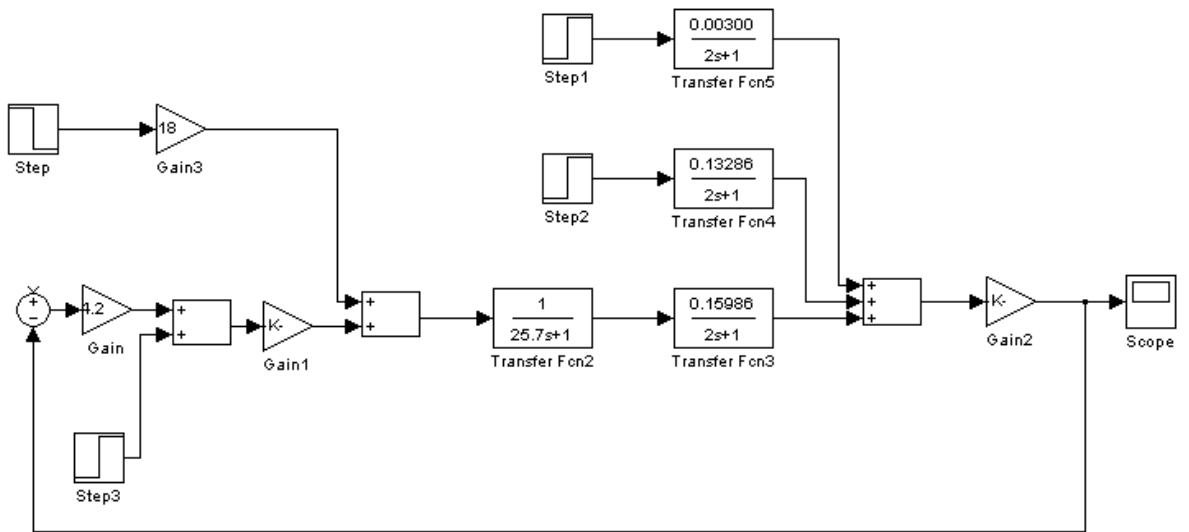


Рисунок 3.11 - Структурна схема замкнутої АСР тиску в деаераторі з П-регулятором

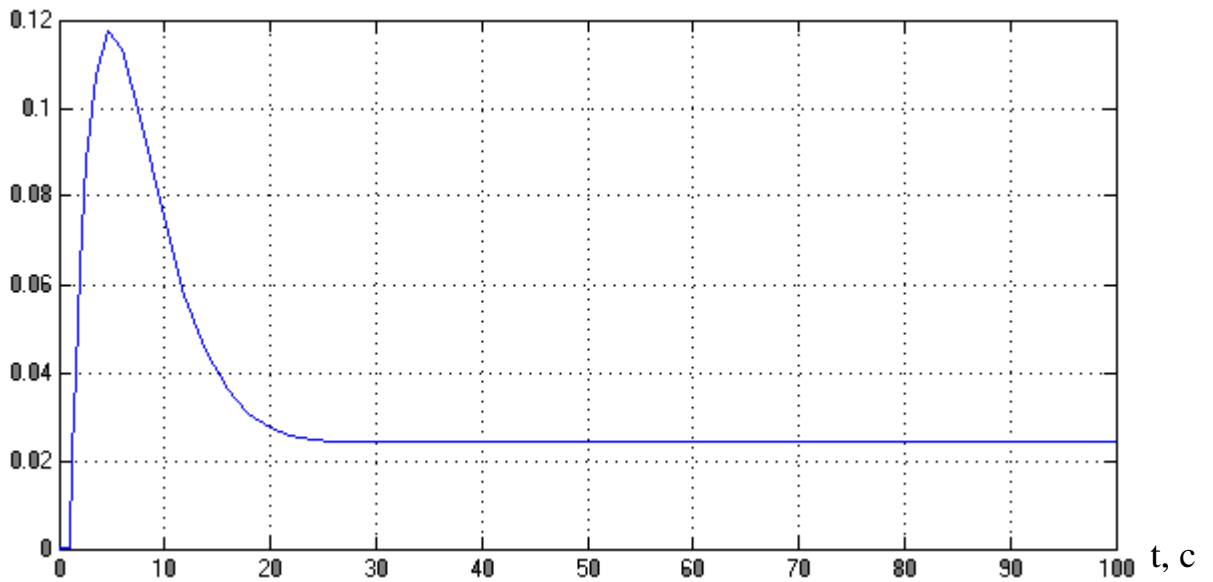


Рисунок 3.12- Графік перехідного процесу регулювання

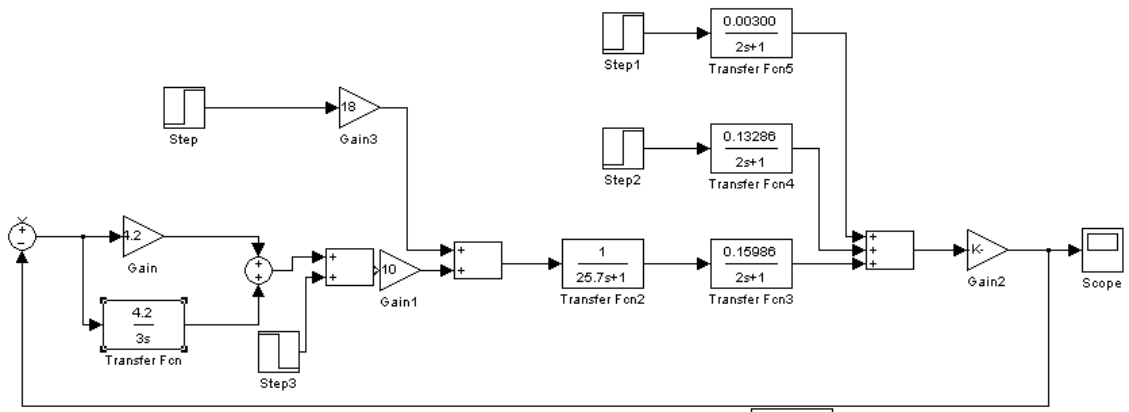


Рисунок 3.13 - Структурна схема замкнутої АСР тиску в деаераторі з ПІ-регулятором

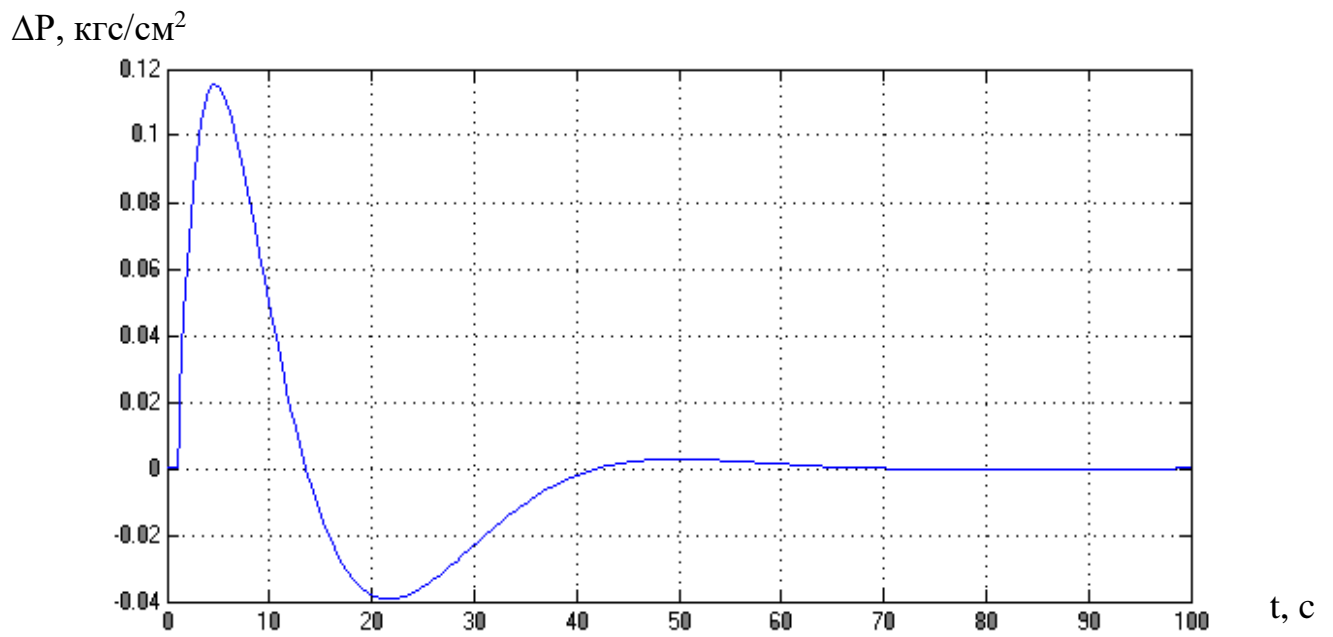


Рисунок 3.14 - Графік перехідного процесу регулювання

3.3 Опис функціональної схеми регулювання рівня тиску де аераційної установки

3.3.1 Програмно-технічний комплекс АСР ТВ

Призначення ПТК АСР ТВ

ПТК АСР ТВ (програмно-технічний комплекс АСР турбінного відділення) є управляючою системою великої потужності, розрахованій на тривале функціонування в режимі реального часу і призначений для виконання управляючих, інформаційних і допоміжних функцій.

Управляючі функції:

- автоматичне регулювання технологічних параметрів;
- технологічні блокування;
- дистанційне керування виконавчими механізмами

Інформаційні функції:

- індикація стану АСР і ВМ на БЩУ;
- індикація стану АСР і ВМ на фрагментах АРМ ІС (АРМ БЩУ);
- збір інформації про стан об'єктів автоматизації;
- передача інформації в УВС
- Допоміжні функції:
- збір, обробка даних і діагностика стану і функціонування технічних і

програмних засобів ПТК АСР ТВ;

- контроль достовірності і реєстрація відмов вхідній інформації;
- контроль вихідних команд управління ВМ;
- контроль реалізації команд управління;
- забезпечення сервісу обслуговуючому персоналу за допомогою
- автоматизованих робочих місць обслуговуючого персоналу і

персоналу БЩУ.

Комплекс ПТК АСР ТВ забезпечує взаємодію з вищими, по відношенню до турбоустановки, системами (енергосистемою, системою

управління і захистів реактора, протиаварійної автоматики та ін.). Упровадження ПТК АСР ТВ забезпечує підвищення економічності роботи устаткування, збільшення вироблення електроенергії за рахунок оптимізації нестационарних режимів роботи турбоустановки, підвищення її технічної готовності і зменшення вірогідності помилкових дій оператора.

Програмно-технічна структура АСР ТВ

АСР ТВ реалізована на базі розподіленого програмно-технічного комплексу, побудованого за магістрально-модульним принципом з використанням локальних обчислювальних мереж (ЛОС).

Основу ПТК АСР складають розподілені обчислювальні комплекси, кожний з яких включає певну кількість технічних засобів (ТЗ), які виконують функції пристроїв зв'язку з об'єктом (ПЗО) - введення-виведення сигналів, регулювання, управління і контролю.

ПТК АСР ТВ є дворівневою системою. Нижній рівень (НР) системи реалізує функції введення-виведення інформації, регулювання, управління і контролю, верхній рівень (ВР) - підтримку оперативної бази даних, представлення необхідної інформації (у тому числі діагностичної) на відеотерміналах АРМ, реєстрацію і архівацію інформації, передачу необхідної інформації в ІВС.

До складу ПТК АСР ТВ входять шафи управління (ШУ), що реалізують функції введення-виведення інформації, контролю і управління, і персональні ПЕВМ в промисловому виконанні, що реалізують функції верхнього рівня.

Таким чином, функції НР реалізуються шафами ШУ на базі технічних засобів ТСА М2002 ТУ У 33.3-14315500-028-2003, функції ВР - персональними ЕОМ і мережними засобами.

Зв'язок НР з ВР виконується на базі дубльованої локальної обчислювальної мережі типа Fast Ethernet.

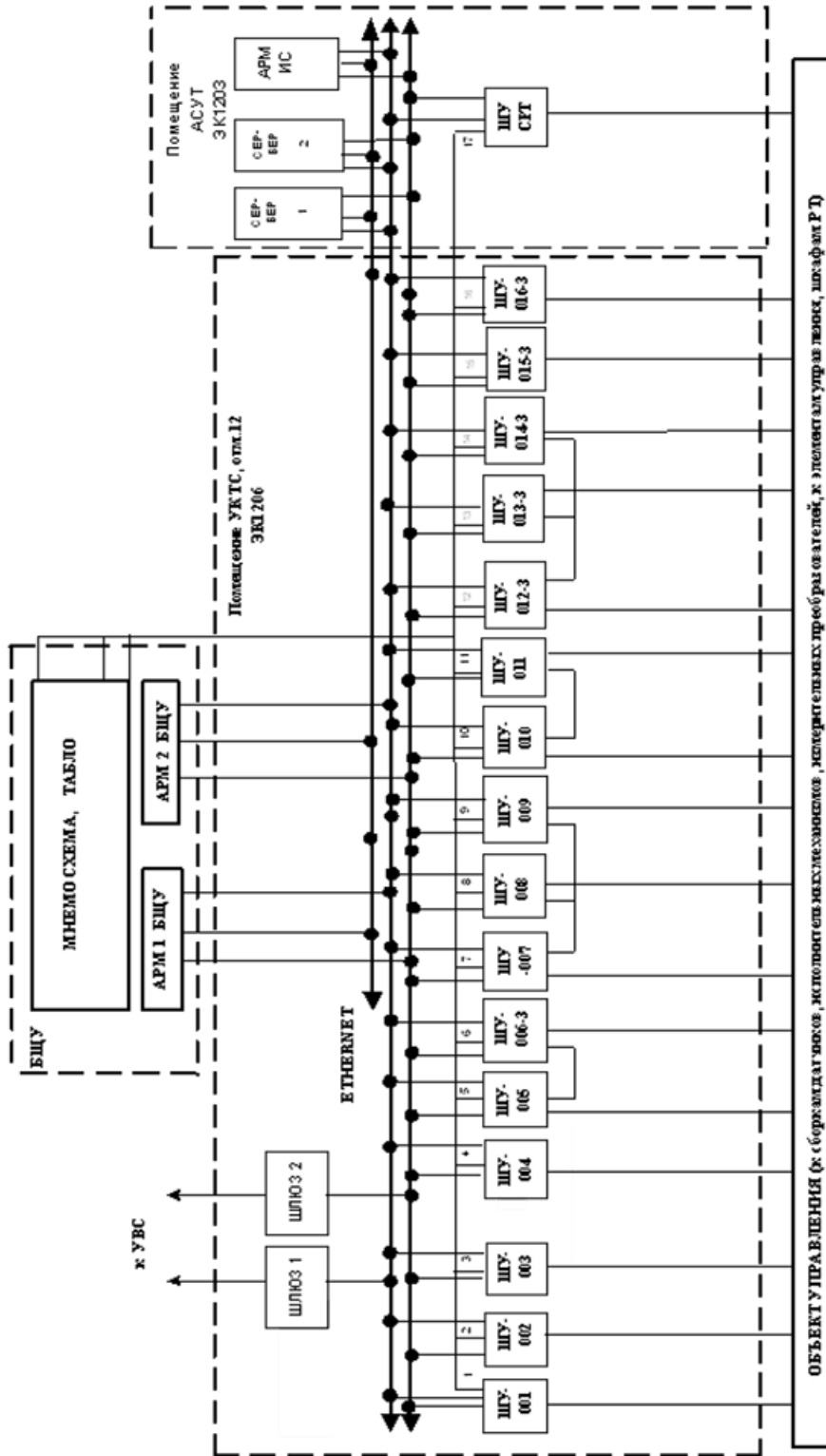


Рисунок 3.15 - Структурна схема АСР ТВ

ВР включає:

- сервер (С-АСР-ТВ);
- інструментальна система (АРМ ІС - 3 шт.);
- автоматизоване робоче місце АРМ АСУТ;
- робочі місця ВІУТ (АРМ БЩУ - 2 шт.);
- Шлюз 1, Шлюз 2 - 2 шт.;
- комплект мережного устаткування;
- принтери.

Всі технічні засоби ВР з'єднані трьома локальними обчислювальними мережами (ЛОМ): дві керуючих і одна інформаційна. ШУ включені тільки в дві управляючі мережі.

Все АРМ і сервер підключені одночасно до всіх трьох мереж. Шлюзи підключені до першої і другої мережам і забезпечують зв'язок ВР з ІВС.

Перша мережа забезпечує зв'язок ВР з контроллерами МК, встановленими в крейтах "В" шаф ШУ і СРТ.

Друга мережа забезпечує зв'язок ВР з контроллерами МК, встановленими в крейтах "D" шаф ШУ і СРТ.

Третя мережа забезпечує додатковий резервний зв'язок між комп'ютерами, що входять до складу ВР, і дозволяє забезпечити обмін даними між ними, не завантажуючи першу і другу мережі і не створюючи перешкод для роботи шаф ШУ і СРТ.

ЛОС організована за допомогою типових мережних засобів (мережні карти, з'єднувачі і т.п.). Підключення ВР і НР до ЛОС проводиться за допомогою комутаторів, що забезпечують зв'язок між абонентами однієї мережі.

3.3.2 Опис схеми регулювання рівня і тиску деаераційної установки

Регулювання рівня живильної води в баку-акумуляторі здійснюється зміною витрати основного конденсату шляхом дії на РК подачі конденсату в ПНТ.

Сигнал від ВП вимірювання рівня, гідростатичних рівнемірів, подається на регулятор рівня в деаераторі і порівнюється із завданням. Туди ж поступають сигнали від датчиків вимірювання витрати конденсату в деаераторі, рівня в конденсаторах та витрати живильної води за ТЖН.

Формується сигнал непогодження і команда виконавчому механізму на зміну витрати ОК.

При аварійному пониженні рівня живильної води в деаераторі включається аварійний регулятор подачі ХОВ, який відкриває РК на трубопроводі подачі ХОВ в деаератор.

Регулювання тиску в колонці деаератора здійснюється зміною витрати гріючої пари шляхом дії на РК подачі гріючої пари в деаератор.

Сигнал від ВП вимірювання тиску, діфманометра, поступає на регулятор тиску в деаераторі і порівнюється із завданням. Регулятор формує сигнал непогодження і команду виконавчому механізму на зміну витрати гріючої пари.

3.3.3 Цифрові регулятори рівня в деаераторі, реалізовані в ПТК АСР ТВ на ТСА М2002

Цифрові регулятори другого контуру призначені для автоматизації управління устаткуванням другого контуру і реалізують функції автоматичного багатозв'язаного регулювання технологічних параметрів, блокувань і контролю справності виконавчих механізмів і інформації, що використовується.

Регулятор рівня в деаераторах РРД (основний) (RM50C01)

Регулятор рівня в деаераторах RM50C01 (РРД) призначений для підтримки рівня живильної води в деаераторах. Даний режим роботи є основним. Окрім основного, регулятор має два додаткові режими роботи:

- підтримка рівня в конденсаторі;
- підтримка тиску в напірному колекторі КЕН ступеня.

У будь-якому з трьох режимів регулятор впливає на клапан RM50S01.

Регулятор реалізує пропорційний закон регулювання за рахунок обхвату ПІ регулятора зворотним зв'язком по витраті основного конденсату в деаератори в основному режимі і режимі підтримки рівня в конденсаторах, пропорційно-інтегральний - в режимі підтримки тиску в напірному колекторі КЕН ступеня.

Регулятор використовує наступні вхідні сигнали:

- рівень в деаераторах (ВП RL21,22L02B1 - основні і ВП RL21,22L01B1 - контрольні);
- витрата конденсату в деаератори (ВП RM60F01,F02B1) - зворотний зв'язок для формування пропорційного закону регулювання;
- витрата живильної води за ТЖН (ВП RL61,62F01B1) або сумарна витрата пари з ПГ1 ÷ 4 (по мережі Ethernet) - задаючий сигнал по тепловому навантаженню;
- рівень в конденсаторах (ВП SD11,12,13L01B1);
- тиск конденсату в напірному колекторі КЕН ст. (ВП RM50P03B1);
- поточне значення електричної потужності (ВП GT01E03B1 (з СРТ), GT01Q10B1, GT01Q11B1) (для формування ознаки скидання потужності).

Залежно від режиму роботи регулятор підтримує:

- рівень в деаераторі, рівний (2200 ± 200) мм;
- рівень в конденсаторі, рівний (1200 ± 200) мм;
- тиск на натиску КЕН, рівний $16,5 \text{ кгс/см}^2$.

Рівень в деаераторах визначається як середньоарифметичне значення

свідчень справних ВП RL21L02B1, RL22L02B1, при відмові одного з ВП значення рівня визначається, як свідчення справного ВП. Окрім первинного контролю для робочих ВП рівня в деаераторах (RL21L02B1, RL22L02B1), здійснюється контроль по розузгодженню значень рівня в деаераторах (RL21L02B1, RL22L02B1) з урахуванням свідчень контрольних ВП (RL21L01B1, RL22L01B1), за умови справності обох контрольних ВП.

У будь-якому з трьох режимів регулятор змінює витрату основного конденсату з конденсатора турбіни в деаератори, імпульсною дією на клапан RM50S01 і засувку RM50S02.

Регулятор рівня в деаераторах (пусковий) (RM53C01)

Регулятор рівня в деаераторах пусковий RM53C01 (РРДП) призначений для підтримки рівня в деаераторах в пускових режимах роботи енергоблока, а також при роботі енергоблока в стаціонарному режимі на будь-якому із значень рівня потужності у разі відключення основного регулятора рівня в деаераторі.

Регулятор реалізує пропорційний закон регулювання за рахунок обхвату ПІ-регулятора зворотним зв'язком по положенню РК.

Регулятор використовує наступні вхідні сигнали:

- рівень в деаераторах (ВП RL21,22L02B1 - основні і ВП RL21,22L01B1 - контрольні);
- положення регулюючого клапана RM53S01.

Регулятор RM53C01 підтримує рівень в деаераторі, рівний (2200 ± 200) мм.

Управляюча дія - зміна витрати основного конденсату з конденсатора турбіни, дією на клапан RM53S01.

Регулятор рівня в деаераторі аварійного підживлення ХОВ

Регулятор UA20C03 призначений для запобігання пониження рівня в деаераторі шляхом дії на РК UA20S03, змінюючий витрату ХОВ в деаератор.

Регулятор реалізує пропорційний закон регулювання за рахунок обхвату ПІ-регулятора зворотним зв'язком по положенню РК.

Вхідними сигналами для регулятора є:

- рівень в деаераторі (ВП RL21L01B1, RL22L01B1);
- положення РК UA20S03.

Регулюємий параметр - рівень в Д-7.

Управляюча дія - зміна витрати хімічно-несоленої води в деаератор, дією на регулюючий клапан UA20S03.

Регулятор підтримує рівень в деаераторі із заданим значенням 1800 мм.

При відмові вимірювання положення РК регулятор переходить на роботу з модельованим значенням положення РК.

Регулятори тиску в деаераторах (RQ21C08, RQ22C08, RQ22C09)

Регулятори тиску в деаераторах RQ21C08, RQ22C08, RQ22C09 призначені для підтримки тиску в деаераторах, збільшення тиску в режимі розігрівання деаераторів, зменшення тиску в режимі розхолодження деаераторів.

У статичних режимах в роботі може знаходитися один з регуляторів RQ21C08, RQ22C08, RQ22C09. Решта двох регуляторів знаходиться в режимі, що стереже, при умові що вони включені.

Регулятори реалізують пропорційно-інтегральний закон регулювання.

Вхідними сигналами для регулятора є:

- тиск пари в деаераторах (ВП RL21P01B1, RL22P01B1);
- температура води в деаераторах (ВП RL21T01B1, RL22T01B1);
- положення регулюючого клапана RQ21S08;
- положення регулюючого клапана RQ22S08;
- положення регулюючого клапана RQ22S09;
- поточне значення електричної потужності (ВП GT01E03B1 (від СРТ), GT01Q10B1, GT01Q11B1) (для формування ознаки скидання

навантаження).

Регулюємий параметр - тиск пари в деаэраторах

Управляюча дія - зміна витрати пари, що подається з КСН в деаератор, дією на РК різної пропускної здатності:

- основний РК тиску RQ21S08, RQ22S08;
- пусковий РК тиску RQ22S09.

Задане значення тиску в деаераторі встановлюється 6 кгс/см² за умови, що у момент включення першого регулятора воно було не менше 5,9 кгс/см², інакше завданням є поточне значення тиску на момент включення регулятора.

На пульті оператора встановлені кнопки збільшення тиску «Підвищення тиску», зменшення тиску «Пониження тиску» і кнопка «Стоп змін.тиску» для блокування збільшення і зменшення тиску.

Режим збільшення тиску використовується для розігрівання деаератора. Після того, як регулятор вступив в роботу, при необхідності збільшення тиску необхідно натискувати кнопку «Підвищення тиску», при цьому спалахує відповідне табло. Швидкість збільшення тиску забезпечує швидкість розігрівання 1 °С/хв при температурі води в деаэраторе більше 104 °С. У випадку, якщо температура води в деаераторі менш даної уставки, швидкість прогрівання рівна 0,25 °С/ хв. При цьому швидкість підйому тиску не перевищує 0,1 кгс/см² в хвилину (зміна завдання від 3,5 кгс/см² до 6,0 кгс/см² складає 0,1 кгс/см² в хвилину). Щоб припинити розігрівання, необхідно натискувати кнопку «Стоп змін.тиску». Регулятор підтримує поточне значення тиску на момент натиснення кнопки «Стоп змін.тиску». Щоб продовжити розігрівання, необхідно повторним натисненням кнопки «Стоп змін.тиску» відключити блокування. Режим розігрівання відключається повторним натисненням кнопки «Підвищення тиску» або автоматично після досягнення заданого значення тиску 6 кгс/см².

При необхідності зменшення тиску необхідно натискувати кнопку

«Пониження тиску», при цьому спалахує відповідне табло. Режим зменшення тиску використовується для розхолодження деаератора із швидкістю 1⁰ С/хв.

Режим зменшення тиску автоматично відключається після зменшення завдання по тиску в деаераторі менше 0,4 кгс/см² або повторним натисненням кнопки.

Режими збільшення або зменшення тиску автоматично відключаються при відмові вимірювання температури води в деаераторах (ВП RL21T01B1, RL22T01B1) або при відключенні регуляторів.

3.3.4 Захисти і блокування по перевищенню рівня в деаераторі

При підвищенні рівня в деаераторах автоматично проводяться операції:

- при підвищенні рівня до 1-ої межі(2700мм):

a) на БЩУ подається попереджувальний сигнал «Захист деаератора 1-а межа»;

b) закриваються із заборною відкриття засувки UA11S01,UA12S01, клапани UA11,12S02 і вентиль UA20S03. Заборна знімається при відновленні нормального рівня.

- при підвищенні рівня вище за 2-у межу(2870мм):

a) на БЩУ подається аварійний сигнал «Захист деаератора межа»;

b) імпульсний відкриваються із заборною закриття засувки RM52S01, RM52S02. Заборна знімається при відновленні нормального рівня в деаераторі. Закриття засувок проводиться оператором;

c) відкривається засувка SG20S05 (пара на ежектори від РОУ 14/6), після її відкриття закривається засувка SG20S01(пара на ежектори від Д-7ата). Зворотне перемикання проводиться оператором;

d) відкривається засувка SG10S02(пара на ущільнення турбіни від РОУ 14/6), після її відкриття закривається засувка SG10S01 (пара на ущільнення турбіни від Д-7ата). Зворотне перемикання проводить оператор.

е) при підвищенні рівня в деаераторі до 2-ої межі і рівня в конденсаторі до 2200мм відкривається засувка RM31S01 і регулюючий клапан RM31S02 на скиданні ОК в БГК. При відновленні рівня в конденсаторі 1100мм засувка RM31S01 і клапан RM31S02 закривається з витримкою часу 10сек.

ф) закривається засувка RT40S03 на лінії скидання з БНТ в конденсатор турбіни і після її закриття відкривається засувка RT40S02 на скиданні конденсату з БНТ в БГК. Зворотний перехід при відновленні рівня проводить оператор;

- при підвищенні рівня в деаераторі до 3-ої межі (3060мм):

а) на БЦУ подається аварійний сигнал «Захист деаератора - 3-а межа» «Відключення КН»

б) відключаються всі КН.(RM41,42,43D01);

с) подається команда на закриття засувок RM50S02,RM53S02,RM54S01.Після повного закриття засувок допускається включення в роботу КН для подачі конденсату на ПСБУ (пуско-скидні пристрої конденсатора турбіни). Відкриття засувок проводить оператор після відновлення рівня в деаераторі.

При скиданні електричної потужності більше 160 МВт із швидкістю більше 20 МВт/сек і рівні в деаераторах більше 200 см RM50S01 (ПК рівня в деаераторі) закривається. При зниженні рівня в Д-7 до 200 см або закритті RM50S01 команда на закриття знімається, і регулятор вступає в роботу на підтримку рівня в Д-7. Дія блокування на закриття RM50S01 автоматично виводиться за відсутності протягом 30 сек з моменту скидання потужності підвищення рівня в деаераторі більше 220 см.

При зниженні рівня в конденсаторі турбіни до величини 100 см і рівень в деаераторі більш 190см РРД перемикається в режим підтримки рівня в конденсаторі. При підвищенні рівня в конденсаторі до величини 110 см РРД перемикається в режим підтримки рівня в деаераторі.

При зниженні тиску на натиску КН на 1кгс/см^2 менше уставки АВР(15кгс/см^2) регулятор RM50C01 перемикається в режим підтримки тиску на натиску КН.

Регулятор виходить з режиму підтримки тиску на натиску КН в будь-якій з режимів підтримки рівня (в деаераторі або конденсаторі) при підвищенні Р на натиску КН вище уставки АВР КН. на 1кгс/см^2 і видачі команди на «менше» по функції підтримки рівня.

При підвищенні рівня в будь-кому деаераторі до першої межі (2700 мм) і при включеному регуляторі рівня в деаераторі аварійного підживлення ХОВ РК UA20S03 примусово закривається з переключенням регулятора в режим, що стереже.

3.3.5 Захисти і блокування по перевищенню тиску в деаераторі

Для запобігання аварійного підвищення тиску пари в деаераторах на паропроводах гріючої пари встановлено 12 запобіжних клапанів RQ20S01-12, які налаштовані на спрацьовування при підвищенні тиску в Д-7ата до 6.6кгс/см^2 .

При зменшенні тиску в деаераторах на $0,2\text{кгс/см}^2$ від заданого значення і включеному в роботу будь-якому з регуляторів RQ21,22C08, основному і пусковому РРД в режимі підтримки рівня в деаераторах формується заборона команд «більше».

Заборона команд «більше» знімається при одній з умов:

- поява тенденції збільшення тиску (на $0,2\text{кгс/см}^2$ більш мінімально досягнутого тиску);
- зменшення рівня в деаераторі менше 1500 мм;
- різниця заданого і поточного тиску в деаераторі менше $0,2\text{кгс/см}^2$

При збільшенні тиску в деаераторах на $0,2\text{кгс/см}^2$ від заданого значення і включеному в роботу будь-якому з регуляторів RQ21,22C08,

основному і пусковому регуляторам рівня в деаераторах формується заборона команд «менше».

Заборона команд «менше» знімається при одній з умов:

- збільшення рівня в деаераторі більше 2600 мм;
- різниця поточного і заданого тиску в деаераторі менше $0,2 \text{ кгс/см}^2$

3.3.6 Типи вимірювальних перетворювачів, що використовуються для контролю і регулювання технологічних параметрів в деаераторі

Типи вимірювальних перетворювачів, що використовуються для контролю і регулювання технологічних параметрів в деаераторі, наведені в таблиці 2.

Таблиця 3.1 - Перелік вимірювальних перетворювачів

Ідентифікатор	Найменування сигналу	Тип ВП
RM60F01B1	F конденсату до Д-7	«Сафір», 2440, 0.5-160 кПа, 4-20 А
RM60F02B1	F конденсату до Д-7	«Сафір», 2440, 0.5-160 кПа, 4-20 А
RL61F01B1	F води перед ПВТ	«Сапфір -22ДД», 2440, 0.5-100 кПа, 4-20 мА
RL21L02B1	L води в Д-7	«Сафір», 2440, 0.25-25 кПа, 0-5 мА
RL22L02B1	L води в Д-7	«Сафір», 2440, 0.25-25 кПа, 0-5 мА
RL21L01B3	L води в Д-7	«Сафір», 2440, 0.25-40 кПа, 0-5 мА
RL22L01B3	L води в Д-7	«Сафір», 2440, 0.25-40 кПа, 0-5 мА
RL21P01B1	P в деаераторі	«Сапфір-22ДИ», 2151, 0.5-1 МПа, 5 мА

3.3.7 Об'єм теплотехнічного контролю деаераційної установки

Об'єм теплотехнічного контролю деаераційної установки приведений в таблиці 3.2

Таблиця 3.2 - Об'єм теплотехнічного контролю деаераційної установки

Контрольований параметр	Од. вимірювання	Ідентифі- катор	Ном. значення
Тиск в деаераторном баку	кгс/см ²	RL21P01	6
Рівень в деаераторном баку	мм	RL21L01	2200
	мм	RL22L01	2200
Температура живильної води на виході з деаератора	°С	RL21T01	156
		RL21T02	156
		RL21T03	156
Температура живильної води на виході з деаератора	°С	RL22T01	165
		RL22T02	165
		RL22T03	165
Температура основного конденсату на вході в деаератори	°С	RM60T07	150
Витрата основного конденсату в деаератор	т/год	RM60F01	2500
		RM60F02	2500
Тиск ХОВ на натиску насоса підживлення деаераторів UA20D01	кгс/см ²	UA20P02	19
Тиск ХОВ в трубопроводі аварійного підживлення	кгс/см ²	UA20P01	8

3.4 Висновки до розділу 3

У даному розділі розглянули настройки регуляторів рівня і тиску в деаераторі, як вони працюють та на що і як саме впливають.

Знайшли коефіцієнт передачі регулюючого органу з витратної характеристики передавальної функції РО, розглянули структурну схему АСР рівня в деаераторі.

Коефіцієнт передачі регулюючого органу знайдемо з витратної характеристики РО: встановили, що як вимірювальний перетворювач використовується «Сафір» - 2440 з вихідним сигналом 0-5 мА. Максимальний вимірюваний діапазон зміни рівня живильної води становить

– 1,4 м. Побудували криву розгону деаератора по рівню, а також розглянули структурну схему замкнутої АСР рівня в деаераторі з ПІ та П-регуляторами. Встановили, що зміна тиску в паропроводі приводить до зміни витрати пари, а також, що залежність витрати пари від тиску нелінійна. Після лінеаризації отримали дані, щояк вимірювальний перетворювач використовується «Сапфір-22ДИ», 2151 з вихідним сигналом 0-5 мА. Максимальний вимірюваний діапазон зміни тиску пари - 0,8 МПа.

Далі зробили детальний опис функціональну схему регулювання рівня і тиску деаераційної установки.

При аварійному пониженні рівня живильної води в деаераторі включається аварійний регулятор подачі ХОВ, який відкриває РК на трубопроводі подачі ХОВ в деаератор.

Регулювання тиску в колонці деаератора здійснюється зміною витрати гріючої пари шляхом дії на РК подачі гріючої пари в деаератор.

Цифрові регулятори другого контуру призначені для автоматизації управління устаткуванням другого контуру і реалізують функції автоматичного багатозв'язаного регулювання технологічних параметрів, блокувань і контролю справності виконавчих механізмів і інформації, що використовується.

У будь-якому з трьох режимів регулятор змінює витрату основного конденсату з конденсатора турбіни в деаераторі, імпульсною дією на клапан RM50S01 і засувку RM50S02.

Встановили типи вимірювальних перетворювачів, що використовуються для контролю і регулювання технологічних параметрів в деаераторі.

Розглянули об'єм теплотехнічного контролю деаераційної установки по контрольованим параметрам.

До складу шаф управління входить набір функціонально закінчених модулів (субблоків) зв'язку з об'єктом (МЗО) з вбудованим дубльованим

інтерфейсом RS-485 і контролери управління з вбудованим PC-сумісним мікропроцесором. Залежно від команд, що поступили, У23, міняючи порядок фаз, приводить в рух виконавчий механізм - електродвигун з механізованою сигналізацією положення МАМ.

4 ВИБІР ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ АВТОМАТИЗАЦІЇ

4.1 Конструктивне виконання ТЗ ПТК АСР ТО

ШУ забезпечують виконання управляючих функцій:

- формування на ВМ управляючих дій для підтримки технологічних параметрів відповідно до заданих алгоритмів регулювання;
- реалізацію технологічних блокувань авторегуляторів;
- реалізацію технологічних блокувань засувки, пов'язаних з роботою регуляторів;
- реалізацію алгоритмів ФГУ систем ПВТ;
- синхронізацію декількох паралельно працюючих ВМ;
- контроль справності датчиків і реалізацію заданих алгоритмів управління за наявності відмов ВП;
- дистанційне керування ВМ

До складу шаф управління входить набір функціонально закінчених модулів (субблоків) зв'язку з об'єктом (МЗО) з вбудованим дубльованим інтерфейсом RS-485 і контролери управління з вбудованим PC-сумісним мікропроцесором. Перелік субблоків приведений в таблиці 4.

Таблиця 4.1 - Перелік субблоків

Позначення	Код	Характеристика субблока
ЯЕВІ.426419.187	МК-187	<p>Субблок має:</p> <ul style="list-style-type: none"> • до 128 Мбайт ОЗП; • до 32 Мбайт ППЗП типа FLASH; • 1 канал зв'язку RS-232; • 6 каналів зв'язку RS-485; • 8 незалежних входів прийому дискретних сигналів; • 8 незалежних виходів видачі дискретних сигналів; • незалежні входи прийому синхронізації; • незалежні виходи видачі синхронізації; • один канал зв'язку Ethernet.
ЯЕВІ.426429.124	КСК-124	<p>КСК забезпечує контроль:</p> <ul style="list-style-type: none"> основних і резервних фідерів електроживлення; основного і резервного джерела вторинного живлення; подачі живлення і контролю працездатності блоків вентиляції; температури повітря усередині шафи; стану дверей; зв'язки з корпусом кожного полюса джерел обтікання дискретних сигналів; управління світловою сигналізацією на дверях шафи.

Позначення	Код	Характеристика субблока
ЯЕВІ.426429.112	ПАВС-112	<p>Субблок має 8 незалежних входів прийому струмових вхідних сигналів в діапазонах від 4 до 20 мА і від 0 до 5 мА.</p> <p>Діапазон встановлюється програмно.</p>
ЯЕВІ.426419.189	ДВВ-189	<p>Субблок має:</p> <p>16 входів прийому сигналів 24 В; 8 дубльованих виходів з комутуючою здатністю до 60 В, 300 мА</p>
ЯЕВІ.426419.195	МР-195	<p>Субблок має:</p> <p>12 незалежних дискретних входів 24 В; 9 дискретних виходів із здатністю навантаження 300 мА, 60 В; 4 дискретні виходи для управління виконавчими механізмами (ВМ) 300 мА, 60 В з контролем спрацьовування ключів управління.</p>
ЯЕВІ.426429.118	ПВС-118	<p>Субблок має:</p> <p>чотири тракти перетворення сигналів 220 В/24 В; чотири входи для сигналів змінного струму напругою 220 В; чотири виходи 24 В.</p>

Позначення	Код	Характеристика субблока
ЯЕВІ.426429.120	ПВ-120	<p>Субблок має:</p> <p>два тракти перетворення сигналів 220 В/24 В:</p> <p>два входи змінного струму напругою 220 В;</p> <p>два виходи 24 В;</p> <p>два тракти перетворення сигналів управління 24 В/220 В:</p> <p>два входи (24 В);</p> <p>два виходи ключів управління 220 В, 1 А (3 А короткочасно);</p> <p>два виходи видачі сигналів контролю спрацьовування ключів управління (24 В);</p>

Всі модулі введення-виведення містять високопродуктивні мікропроцесори, призначені як для первинної обробки інформації, так і для вирішення функціональних задач. Програми записуються у вбудовану FLASH пам'ять.

Модулі введення-виведення забезпечують:

- гальванічну розв'язку входних і вихідних електричних сигналів;
- введення інформації від датчиків уніфікованого струмового сигналу;
- введення-виведення дискретної інформації типу «сухий» контакт або потенційних сигналів напругою =24 В.

ШУ-005 відповідають за регулювання рівня в деаераторі. Перелік виконавчих механізмів, якими керують ШУ-005 наведений в таблиці 5.

Таблиця 4.2 - Перелік виконавчих механізмів

№ п/п	Ідентифікатор	Найменування	Тип ИМ
ШУ-005			
1	RM50S01	РК уровня в Д-7 основной	К
2	RM53S01	РК уровня в Д-7 пусковой	К
3	RM52S01	Задвижка на линии ОК в РБ (рециркуляция ЭН-2 ст.)	З
4	RM52S02	Задвижка на линии ОК в РБ (рециркуляция ЭН-2 ст.)	З

4.2 Висновки до розділу 4

Мікропроцесор МР, що знаходиться в ШУ формує команди «Відкрити», «Закрити» і передає ці команди на пристрій контролю зв'язку КС У2.

КС У2 передає команди управління на виконавчий автомат У23, до якого підходять три фази живлення. Залежно від команд, що поступили, У23, міняючи порядок фаз, приводить в рух виконавчий механізм - електродвигун з механізованою сигналізацією положення МАМ.

Блок сигналізації положення БСПТ/1 передає інформацію про положення РК в БРУ, УВС і ШУ.

Від кінцевих вимикачів передається інформація про положення РК у вигляді повідомлень не «відкрито» і не «закрито» на пристрій контролю зв'язку КС БСУ2 шафи управління.

Від блоку ручного управління БРУ-32 поступають команди ручного управління «Відкрити», «Закрити» на КС У2 шафи управління, які передаються на виконавчий автомат.

5 РОЗРАХУНОК РЕГУЛЮЮЧОГО ОРГАНУ

5.1 Регулюючий клапан рівня в деаераторі (основний) RM50S01

Конструктивне виконання регулюючого клапана рівня в деаераторі (основного) RM50S01 представлено на рисунок 17.

Регулюючий клапан складається із зварного корпусу, кришки і кронштейна. В корпусі запресовано сідло з вікнами А, Б, В і двома поясочками запорів. Вікно А сполучено з порожниною підведення основного конденсату до регулюючого клапана. Вікна Б і В сполучені з порожниною відведення основного конденсату з регулюючого клапана. Усередині сідла розміщено два клапани одночасно прилеглих до поясочків запорів. Клапани за допомогою шпонок, дистанціуючої втулки і гайки закріплені на штоку. Шток сполучений із зубчатою рейкою, яка входить в зачеплення з шестернею. Зубчата рейка спирається на барабан, який встановлений на вісь. Шестерня приводиться в рух через систему важелів за допомогою електродвигуна. Ущільнення штока в корпусі проводиться за допомогою притискної втулки і сальникового набивання. Переміщення клапанів контролюється по покажчику, розміщеному на зубчатій рейці, і лінійці, розміщеній на кронштейні.

Принцип роботи регулюючого клапана наступний. При зміні рівня в конденсаторі включається в роботу електропривод регулюючого клапана і через систему важелів приводить в рух шестерню. Шестерня приводить в рух зубчатую рейку, яка жорстко сполучена з штоком. Шток, рухаючись, переміщає закріплені на ньому клапана, які змінюють зазор між поясочками запорів і клапанами. Зміна цього зазора приводить до зміни витрати основного конденсату, що проходить через регулюючий клапан. Зміна витрати основного конденсату приводить до зміни рівня в деаераторі. Повний хід регулюючого клапана складає 90 мм.

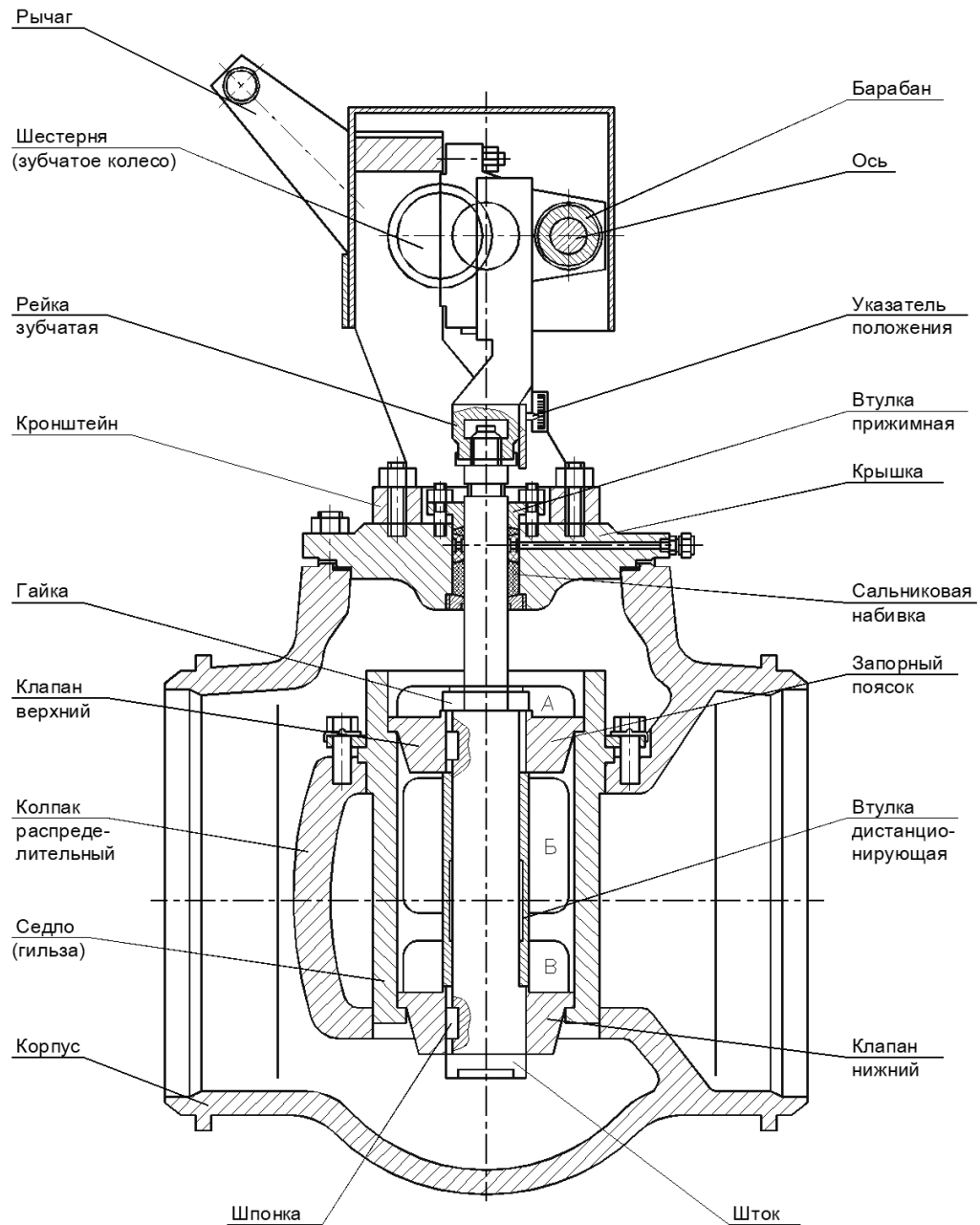


Рисунок 5.1 - Клапан регулирующий Ду600 RM50S01

5.2 Регулирующий клапан уровня в деаэраторе (пусковой) RM53S01

Клапан, регулирующий Ду-250 серии 810 шибберного типа, предназначен для регулирования уровня в деаэраторе в пусковых режимах (рисунок 5.2).

Электродвигун через червячную передачу приводит в обертальный рух

втулку бугеля. Втулка бугеля через трапецієдальне різьблення передає обертальний рух в поступальну ходу штока. На штоку закріплений повзун, який перешкоджає обертальному руху штока, забезпечуючи його поступальну ходу. Повзун одночасно є показчиком положення регулюючого органу, пересуваючись під час роботи уздовж шкали, нанесеної на бугелі. На кінці штока закріплений шиббер, яким регулюється витрата основного конденсату.

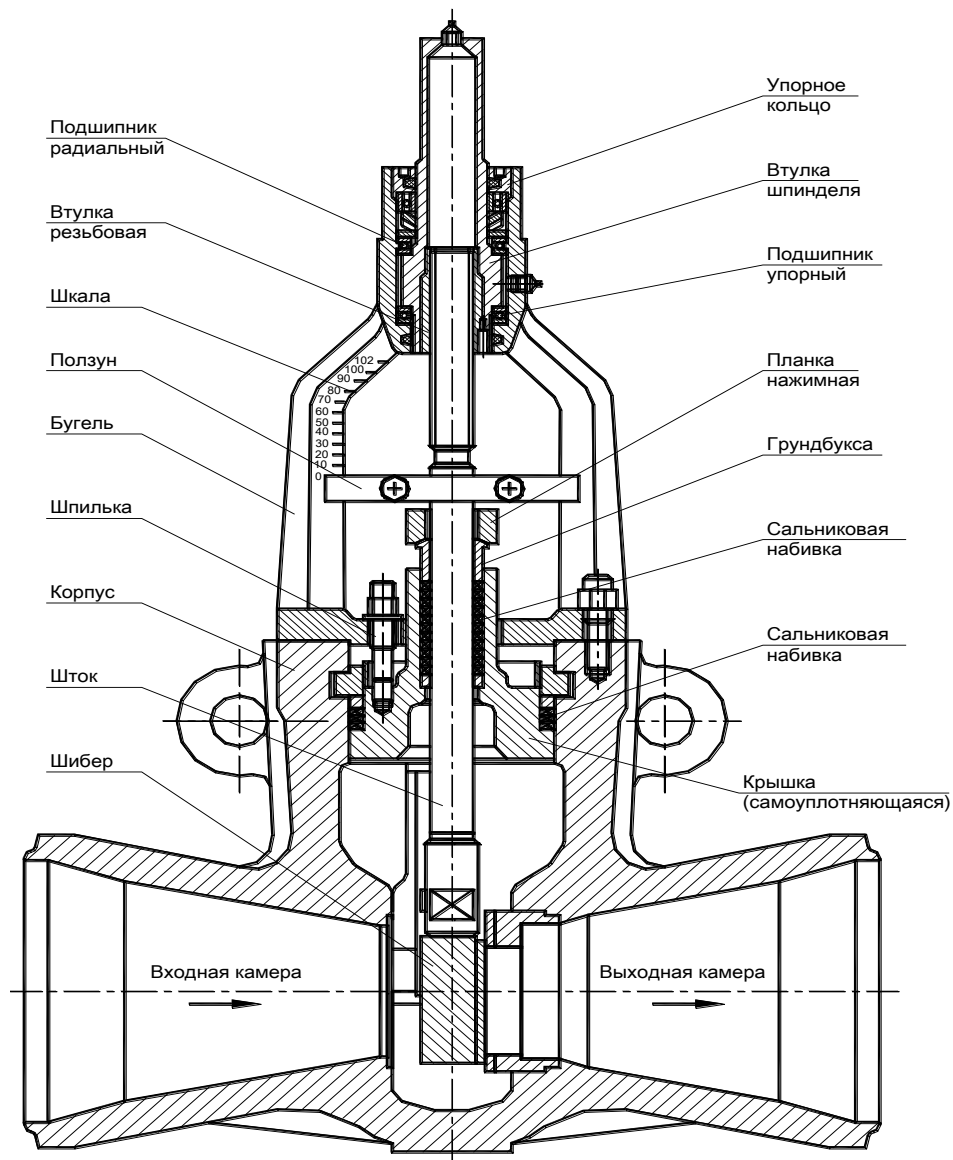


Рисунок 5.2 - Клапан регулюючий Ду250 серії 810 RM53S01

5.3 Регулятори тиску в деаераторах (RQ21C08, RQ22C08, RQ22C09)

Регулятори тиску в деаераторах RQ21C08, RQ22C08, RQ22C09 призначені для підтримки тиску в деаераторах, збільшення тиску в режимі розігрівання деаераторів, зменшення тиску в режимі розхолодження деаераторів.

У статичних режимах в роботі може знаходитися один з регуляторів RQ21C08, RQ22C08, RQ22C09. Решта двох регуляторів знаходиться в режимі, що стереже, при умові що вони включені.

Регулятори реалізують пропорційно-інтегральний закон регулювання.

Вхідними сигналами для регулятора є:

- тиск пари в деаераторах (ВП RL21P01B1, RL22P01B1);
- температура води в деаераторах (ВП RL21T01B1, RL22T01B1);
- положення регулюючого клапана RQ21S08;
- положення регулюючого клапана RQ22S08;
- положення регулюючого клапана RQ22S09;
- поточне значення електричної потужності (ВП GT01E03B1 (від СРТ), GT01Q10B1, GT01Q11B1) (для формування ознаки скидання навантаження).

Регулюємий параметр - тиск пари в деаераторах

Управляюча дія - зміна витрати пари, що подається з КСН в деаератор, дією на РК різної пропускної здатності:

- основний РК тиску RQ21S08, RQ22S08;
- пусковий РК тиску RQ22S09.

Задане значення тиску в деаераторі встановлюється 6 кгс/см² за умови, що у момент включення першого регулятора воно було не менше 5,9 кгс/см², інакше завданням є поточне значення тиску на момент включення регулятора.

На пульті оператора встановлені кнопки збільшення тиску

«Підвищення тиску», зменшення тиску «Пониження тиску» і кнопка «Стоп змін.тиску » для блокування збільшення і зменшення тиску.

Режим збільшення тиску використовується для розігрівання деаератора. Після того, як регулятор вступив в роботу, при необхідності збільшення тиску необхідно натискувати кнопку «Підвищення тиску», при цьому спалахує відповідне табло. Швидкість збільшення тиску забезпечує швидкість розігрівання $1\text{ }^{\circ}\text{C/хв}$ при температурі води в деаераторе більше $104\text{ }^{\circ}\text{C}$. Щоб припинити розігрівання, необхідно натискувати кнопку «Стоп змін.тиску ». Регулятор підтримує поточне значення тиску на момент натиснення кнопки «Стоп змін.тиску ». Щоб продовжити розігрівання, необхідно повторним натисненням кнопки «Стоп змін.тиску » відключити блокування. Режим розігрівання відключається повторним натисненням кнопки «Підвищення тиску» або автоматично після досягнення заданого значення тиску 6 кгс/см^2 .

При необхідності зменшення тиску необхідно натискувати кнопку «Пониження тиску», при цьому спалахує відповідне табло. Режим зменшення тиску використовується для розхолоджування деаератора із швидкістю $1\text{ }^{\circ}\text{C/хв}$.

Режим зменшення тиску автоматично відключається після зменшення завдання по тиску в деаераторі менше $0,4\text{ кгс/см}^2$ або повторним натисненням кнопки.

Режими збільшення або зменшення тиску автоматично відключаються при відмові вимірювання температури води в деаераторах або при відключенні регуляторів.

5.4 Захисти і блокування по перевищенню тиску в деаераторі

Для запобігання аварійного підвищення тиску пари в деаераторах на паропроводах гріючої пари встановлено 12 запобіжних клапанів RQ20S01-12, які налаштовані на спрацьовування при підвищенні тиску в Д-7ата до 6.6

кгс/см².

При зменшенні тиску в деаераторах на 0,2 кгс/см² від заданого значення і включеному в роботу будь-якому з регуляторів RQ21,22C08, основному і пусковому РРД в режимі підтримки рівня в деаераторах формується заборона команд «більше».

Заборона команд «більше» знімається при одній з умов:

- поява тенденції збільшення тиску (на 0,2 кгс/см² більш мінімально досягнутого тиску);
- зменшення рівня в деаераторі менше 1500 мм;
- різниця заданого і поточного тиску в деаераторі менше 0,2 кгс/см²

При збільшенні тиску в деаераторах на 0,2 кгс/см² від заданого значення і включеному в роботу будь-якому з регуляторів RQ21,22C08, основному і пусковому регуляторам рівня в деаераторах формується заборона команд «менше».

Заборона команд «менше» знімається при одній з умов:

- збільшення рівня в деаераторі більше 2600 мм;
- різниця поточного і заданого тиску в деаераторі менше 0,2 кгс/см².

5.5 Розрахунок регулюючого органу

Вхідні дані:

- максимальна витрата води – $M_{\text{макс}} = 2000$ т/год
- мінімальна витрата води – $M_{\text{мін}} = 1088$ т/год
- тиск в магістралі – $P_{\text{м}} = P_1 = 1.79$ МПа
- тиск в деаераторі – $P_{\text{д}} = P_2 = 0.67$ МПа
- температура води – $T = 433$ К
- внутрішній діаметр паропроводу – $D = 700$ мм
- довжина паропроводу – $L = 50$ м

- динамічна в'язкість пари – $\nu = 0.1 \text{ Па}\cdot\text{с}$
- густина води – $\rho_{\text{в1}} = 837,8 \text{ кг/м}^3$
- повороти під прямим кутом – 5 з радіусом вигину 0.7 м
- запірні заслінки – 4
- середня частота виступів паропроводу – $e = 0.1$

Швидкість потоку пари ω при $M_{\text{макс}}$:

$$\omega = \frac{4 * M_{\text{макс}}}{\rho_{\text{п}} * D^2 * \pi} = \frac{4 * 2000 * 1000}{3600 * 837,8 * 0.700^2 * 3.14} = 1,73 \text{ м/с}$$

Число Рейнольдса:

$$\text{Re} = \frac{\omega * D * \rho_{\text{п}}}{\nu} = \frac{1,73 * 0.700 * 837,8}{0.1} = 10145,758$$

Визначаємо коефіцієнт λ для $\text{Re} > 2320$:

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2 * \lg \left[\frac{e}{3.7} + \left(\frac{6.81}{\text{Re}} \right)^{0.9} \right] = -2 * \lg \left[\frac{0.1}{3.7} + \left(\frac{6.81}{10145,758} \right)^{0.9} \right] = 3.01$$

$$\lambda = 0.11$$

Втрати тиску на прямих ділянках трубопроводу:

$$\Delta P_{\text{пр}} = \frac{\lambda * \rho_{\text{п}} * L * \omega^2}{2 * D} = \frac{0.11 * 837,8 * 50 * 1,73^2}{2 * 0.700} = 9,85 \text{ кПа}$$

Коефіцієнт місцевих опорів:

$$\Sigma\zeta = 1.5 + 5*0.6 + 2*0.15 = 4.8$$

Втрати тиску в місцевих опорах:

$$\Delta P_M = \frac{\Sigma\zeta * \rho_{\text{п}} * \omega^2}{2} = \frac{4.8 * 837,8 * 1,73^2}{2} = 6,02 \text{ кПа}$$

Втрати тиску в лінії:

$$\Delta P_{\text{л}} = \Delta P_{\text{пр}} + \Delta P_M = 9,85 + 6,02 = 15,87 \text{ кПа}$$

Перепад тиску на регулюючому органі:

$$\begin{aligned} \Delta P_{\text{ро}}^{\text{макс}} &= P_1 - P_2 - \Delta P_{\text{л}} - \rho_{\text{п}} * g * h = \\ &= 1.79 - 0.28 - 15,87 * 10^{-3} - 837,8 * 9.8 * 10 * 10^{-6} = 1,41 \text{ МПа} \end{aligned}$$

Так як $\Delta P_{\text{ро}}^{\text{макс}} < 0.5 * P_1$, коефіцієнт пропускної здатності розраховується за формулою:

$$\begin{aligned} K_{\text{vмакс}} &= \frac{M_{\text{макс}}}{33 * \rho_{\text{п1}}} \sqrt{\frac{1}{\rho_{\text{п2}} * \Delta P_{\text{ро}}^{\text{макс}} * 10.2}} = \frac{2000000}{33 * 837,8} \sqrt{\frac{1}{0.67 * 1,41 * 10.2}} = \\ &= 23,3 \text{ м}^3/\text{год} \end{aligned}$$

Умовна пропускна здатність:

$$K_{\text{vy}} = 1.2 * K_{\text{vмакс}} = 1.2 * 23,3 = 27,96 \text{ м}^3/\text{год}$$

Визначаємо відношення n :

$$n = \frac{\Delta P_{\text{л}}}{\Delta P_{\text{ро}}^{\text{макс}}} = \frac{2,87}{1,41} \approx 2$$

Максимальна витрата для вибраного РО:

$$M'_{\text{макс}} = \frac{M_{\text{макс}} * K_{\text{vy}}}{K_{\text{vмакс}}} = \frac{2000000 * 27,96}{23,3} = 2400000 \text{ кг/год}$$

Відносні значення витрат:

$$\varphi_{\text{макс}} = \frac{M_{\text{макс}}}{M'_{\text{макс}}} = \frac{2000000}{2400000} = 0.83$$

$$\varphi_{\text{мін}} = \frac{0.3 * M_{\text{макс}}}{M'_{\text{макс}}} = \frac{0.3 * 2000000}{2400000} = 0.25$$

Враховуючи значення відношення n , отримуємо витратну характеристику.

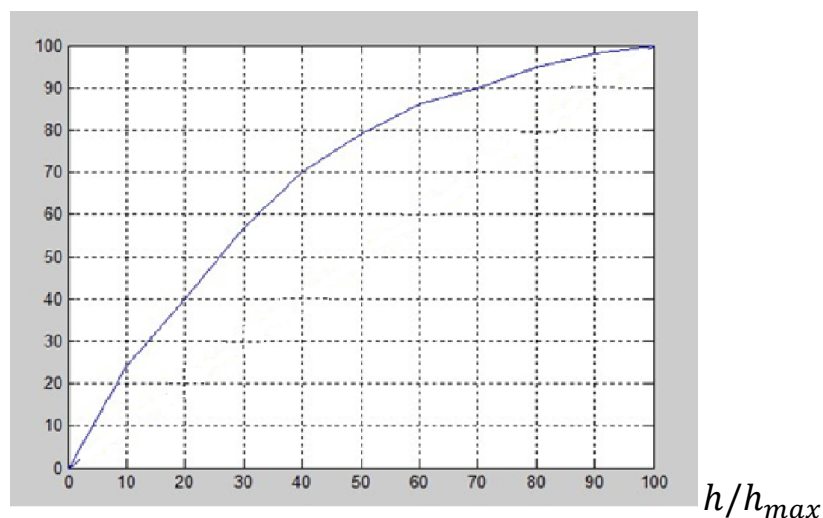


Рисунок 5.3 – витратна характеристика РО

5.6 Висновки до розділу 5

У даному розділі ми розглянули регулюючий клапан рівня в деаераторі(основний) RM50S01 та принцип його робота. Також розглянули призначення та принцип роботи регулюючого клапану рівня в деаераторі (пусковий) RM53S01. Потім розглянули регулятори тиску в деаераторах (RQ21C08, RQ22C08, RQ22C09) та встановили, що у статичних режимах в роботі може знаходитися один з регуляторів RQ21C08, RQ22C08, RQ22C09. Решта двох регуляторів знаходиться в режимі, що стереже, при умові що вони включені. Регулятори реалізують пропорційно-інтегральний закон регулювання.

Задане значення тиску в деаераторі встановлюється 6 кгс/см² за умови, що у момент включення першого регулятора воно було не менше 5,9 кгс/см², інакше завданням є поточне значення тиску на момент включення регулятора.

На пульті оператора встановлені кнопки збільшення тиску «Підвищення тиску», зменшення тиску «Пониження тиску» і кнопка «Стоп змін.тиску » для блокування збільшення і зменшення тиску. Режим збільшення тиску використовується для розігрівання деаератора.

На основі вихідних даних зробили розрахунок регулюючого органу в результаті чого отримали витратну характеристику РО.

Далі провели розрахунок конструктивних параметрів пристрою для звуження потоку хімічної водоочистки. Для цього спочатку вибрали матеріал пристрою, а саме дифманометр12X18H9T. Визначили дані які необхідні для розрахунку хімічно очищеної води. Потім провели визначення номінального перепаду тиску дифманометру і визначення параметрів діаграми. Розрахунок повторюємо поки відносне відхилення стане $\leq 0.2 \%$. Зробили розрахунок абсолютної похибки вимірювальної витрати, яка дорівнює - 4,72 м³/ч.

6 РОЗРАХУНОК КОНСТРУКТИВНИХ ПАРАМЕТРІВ ПРИСТРОЮ ДЛЯ ЗВУЖЕННЯ ПОТОКУ ХІМІЧНО ОЧИЩЕНОЇ ВОДИ

6.1 Вибір матеріалу пристрою для звуження потоку

Матеріал звужувального пристрою: 12Х18Н9Т.

Тип і різновид дифманометра вибирають з таких умов: дифманометр можна застосовувати тільки для вимірювання витрати таких середовищ, які вказані у керівництві з експлуатації даного приладу. Максимальний робочий тиск в трубопроводі перед пристроєм звуження не повинно бути більшемаксимального робочого тиску, на який розрахований дифманометр.

6.2 Визначення відсутніх даних для розрахунку хімічно очищеної води

Густина ХОВ при робочих умовах (P, t) $\rho = 837,8 \text{ кг/м}^3$.

Поправочний множник на теплове розширення матеріалу трубопроводу,

$$K_t = 1,00266.$$

Внутрішній діаметр трубопроводу перед пристроєм звуження при температурі t .

$$D = D_{20} \cdot k'_t ,$$

$$Q = 340000 \frac{\text{кг}}{\text{ч}} = \frac{340000}{837,8} = 405,8 \frac{\text{м}^3}{\text{ч}}$$

$$D_{20} = \sqrt{\frac{4 \cdot Q / 3600}{\pi \cdot \omega}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 405,8 / 3600}{3,14 \cdot 4}} = 0,189 \text{ м} = 189 \text{ мм},$$

тоді згідно стандарту беремо $D=200$ мм

$$D_t = D_{20} \cdot k_t = 200 \cdot 1,00266 = 200,533 \text{ мм}$$

Динамічна в'язкість води в робочих умовах (р і t) $\mu = 13 \cdot 10^{-6}$ кгс/см²

Абсолютна шорсткість трубопроводу $k = 0,05$ мм для нових трубопроводів.

6.3 Визначення номінального перепаду тиску дифманометра

Якщо допустима втрата тиску не задана, приймається значення $m = 0,2$.

Допоміжна величина

$$C_1 = \frac{Q_{0np} \cdot \sqrt{\rho}}{0,01252 \cdot D_t^2} = \frac{500 \cdot \sqrt{837,8}}{0,01252 \cdot 200,533^2} = 28,74$$

Граничний номінальний перепад тиску дифманометра $\Delta P_H = 40000$ кгс/м²

Максимальний перепад тиску дифманометра $\Delta P = \Delta P_H = 40000$ кгс/м²

Максимальне число Рейнольдса (при Q_{0np})

$$Re = 0,0361 \frac{Q_0 \rho}{D_t \cdot \mu} = 0,0361 \frac{500 \cdot 837,8}{200,533 \cdot 13 \cdot 10^{-6}} = 5800805$$

6.4 Визначення параметрів діаграми

Допоміжна величина

$$m\alpha_1 \frac{C}{\sqrt{\Delta P}} = \frac{28,74}{\sqrt{40000}} = 0,143$$

Відносна шорсткість трубопроводу

$$\left(\frac{k}{D} \cdot 10^4 \right)^{mek} = \left(\frac{0,05}{200,533} \right) \cdot 10^4 = 2,493$$

За умовою повинно виконуватися, що поточне значення відносної шорсткості буде менше допустимої відносної шорсткості:

$$\left(\frac{k}{D} \cdot 10^4 \right)^{mek} < \left(\frac{k}{D_t} \cdot 10^4 \right)^{don}$$

Для діафрагм з кутовим способом відбору ΔP і гострої вхідний кромкою верхня межа допустимої відносної шорсткості:

$$\left(\frac{k}{D} \cdot 10^4 \right)^{don} \leq 3,9 + 10^3 \cdot e^{-14,2\sqrt{0,2}} = 5,295$$

Поправочний множник на шорсткість внутрішніх стінок трубопроводу $k_{ш}$ розраховується, якщо поточне значення відносної шорсткості більше допустимого. В іншому випадку $k_{ш} = 1$.

Коефіцієнт витрати діафрагми з кутовим способом відбору ΔP (при першому наближенні значення m_1).

$$\alpha_y = \frac{1}{\sqrt{1-m^2}} \cdot \left[0,5959 + 0,0312 \cdot m^{1,05} - 0,1840 \cdot m^4 + 0,0029 \cdot m^{1,25} \cdot \left(\frac{10^6}{\text{Re}} \right) \right] \cdot k_{\text{ш}}$$

$$\alpha_y = \frac{1}{\sqrt{1-0,2^2}} \cdot \left[0,5959 + 0,0312 \cdot 0,2^{1,05} - 0,1840 \cdot 0,2^4 + 0,0029 \cdot 0,2^{1,25} \cdot \left(\frac{10^6}{5800805} \right) \right] \cdot 1 = 0,6157$$

Допоміжна величина $m_1 \alpha_1 = 0,1228$

Відносне відхилення

$$\delta_{m\alpha} = \left(\frac{m_1 \alpha_1}{\frac{c}{\sqrt{\Delta P}}} - 1 \right) \cdot 100\% = \left(\frac{0,1228}{28,74 / \sqrt{40000}} - 1 \right) \cdot 100\% = -14,55\%$$

Якщо відхилення відносно абсолютній величині більше 0.2%, вибирають наближене значення відносної площі звужуючого пристрою. При цьому величину m алгебраїчно підсумовуємо з поправкою $\Delta m = \delta m / 100$, якій присвоюють знак, протилежний знаку δ . Після визначення нового значення m повертаємося до початку алгоритму. Розрахунок повторюємо до тих пір, поки $|\delta| \leq 0.2\%$

Розрахунки величин зведених в таблиці 6.1.

Таблиця 6.1 - Розрахунок величин

m	α	$m \cdot \alpha$	$\delta, \%$	Δm
0,2	0,6140	0,1228	-14,55	0,0291
0,2291	0,6190	0,1418	-1,329	0,0003
0.2321	0.6195	0.1438	0,0719	0,000167

Мінімальне число Рейнольдса: $Re_{min} = 10^4$

Поправочний множник на теплове розширення матеріалу

сопла: $k_t = 1.0027$

Діаметр отвору діафрагми

$$d_{20} = \frac{D}{K_t} \sqrt{m} = \frac{200,533}{1.0027} \sqrt{0,2321} = 96,36 \text{ мм}$$

6.5 Перевірка розрахунку

Витрати, що відповідає граничному номінальному перепаду тиску

$$Q_0 = 0,01252 \cdot \alpha \cdot K_t^2 d_{20}^2 \sqrt{\frac{\Delta P_H}{\rho}} = 0,01252 \cdot 0,6195 \cdot 1,0027^2 \cdot 96,36^2 \cdot \sqrt{\frac{40000}{837,8}} = 500,359 \text{ м}^3 / \text{ч}$$

Відносне відхилення витрат Q_0 від заданого значення Q_{np}

$$\delta_Q = \left(\frac{Q_0}{Q_{np}} - 1 \right) \cdot 100\% = \left(\frac{500,359}{500} - 1 \right) \cdot 100\% = 0,0719\%$$

Розрахунок похибки вимірювання витрати.

Граничну похибку вимірювання приймають рівною максимальної похибки одно разового вимірювання при довірчій ймовірності 0.95

$$\sigma_{ad} = 2 * \sigma_d * \left(1 + \frac{m^2}{\alpha} \right) = 2 * 0,05 \left(1 + \frac{0,2321^2}{0,6195} \right) = 0,1086\%$$

$$\sigma_{aD} = 2 * \sigma_D * \left(\frac{m^2}{\alpha} \right) = 2 * 0,15 * \left(\frac{0,2321^2}{0,6195} \right) = 0,026\%$$

$$\sigma_a = ((0.5 * m)^2 + \sigma_{ad}^2 + \sigma_{aD}^2)^{0.5} = ((0.5 * 0.2321)^2 + 0.1086^2 + 0.026^2)^{0.5} = 0.32$$

6.6 Відносна похибка дифманометра

Клас точності приладу:

$$S_{\sqrt{\Delta P}} = \sqrt{0.5^2 + 0.25^2} = 0.55\%$$

Середньоквадратична відносна похибка дифманометра з класом точності по витраті

$$\sigma_{\sqrt{\Delta P}} = 0.5 * \frac{Q_{np}}{Q} * S_{\sqrt{\Delta P}} = 0.5 * \frac{405,8}{500} * 0.55 = 0.344\%$$

$$\sigma_p = 0.5 * \frac{\Delta \rho}{\rho} = 0.5 * \frac{0.05}{\sqrt{837.8}} = 0.000864 \%$$

$$\begin{aligned} \sigma_{Q_0} &= \sqrt{\sigma_a^2 + \sigma_{\sqrt{\Delta P}}^2 + 0.25 * \sigma_p^2} = \sqrt{0.32^2 + 0.344^2 + 0.25 * 0.000864^2} \\ &= 0.4728\% \end{aligned}$$

$$\sigma_{Q_0} = 2 * 0.4728 = 0.9456\%$$

Абсолютна похибка вимірювання витрати:

$$\Delta = \frac{Q_{max} * \sigma_{Q_0}}{100} = \frac{500 * 0.9456}{100} = 4,72 \text{ м}^3/\text{ч}$$

6.7 Висновки до розділу 6

Проведені розрахунки для вибору типу і різновиду дифманометра з таких умов: дифманометр можна застосовувати тільки для вимірювання витрати таких середовищ, які вказані у керівництві з експлуатації даного приладу. Максимальний робочий тиск в трубопроводі перед пристроєм звуження не повинно бути більшемаксимального робочого тиску, на який розрахований дифманометр.

7 РОЗРОБКА ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

7.1 Опис технології TRACE MODE

TRACE MODE - заснована на інноваційних, що не мають аналогів, технологіях. Серед них: розробка АСУ, автопобудова, оригінальні алгоритми обробки сигналів і керування, об'ємна векторна графіка мнемосхем, єдиний мережевий час. TRACE MODE - це перша інтегрована SCADA-система, що підтримує наскрізне програмування операторських станцій і контролерів за допомогою єдиного інструменту.

Основними характеристиками TRACE MODE наступні:

- Модульна структура - від 128 до 64000x16 I/O;
- Кількість тегів необмежена;
- Мінімальний цикл системи рівний 0.001 с;
- Відкритий формат драйвера для зв'язку з будь-яким УСО;
- Відкритість для програмування (VisualBasic, VisualC++ і т.д.);
- Вбудовані бібліотеки з більш ніж 150 алгоритмами обробки даних і керування в т.ч. фільтрація, PID, PDD, нечітке, адаптивне, позиційне регулювання, ШІМ, керування пристроями (клапан, засувка, привод і т.д.), статистичні функції і довільні алгоритми;
- Засоби програмування контролерів і АРМ на основі міжнародного стандарту IEC 1131-3;
- Більш ніж 200 типів форм графічного відображення інформації в т.ч. тренди, мультиплікація на основі растрових і векторних зображень, Active;
- Мережа на основі Netbios, NetBEUI, IPX/SPX, TCP/IP;
- Автопобудова проекту і ін.

7.2 Розробка проекту АСУ в TRACE MODE

В автоматизованій системі, розробленій в TRACEMODE, присутній основний параметр, яким управляє АСУ – це рівень води в деаераторі за допомогою зміни витрати на ввіді та виводі з деаератора. Відповідно розробимо таку структуру системи, яка б забезпечила якісне керування цим параметром технологічного процесу.

Для управління рівнем, необхідно застосувати вхідний канал з інформацією про значення рівня в деаераційній установці та вихідні канали керування. Сигнал отриманий з первинного вимірювального перетворювача нормується і подається на вхід регулятора. Вихідний канал керування використовується для керування витратою. При допомозі пристроїв зв'язку та перетворювачів сигналів, сигнал по вихідному каналу потрапляє на виконавчий механізм, який безпосередньо здійснює керуючу дію, впливаючи на регулюючий орган. У нашому випадку, це є регулюючий клапан. Зміна витрати здійснюється шляхом зміни прохідного отвору в регулюючому клапані.

Регулювання значення рівня в деаераторі підживлення здійснюється шляхом зміни подачі середовища в деаератор. З давача рівня надходить сигнал про дійсне його значення на модуль аналогового вводу, а далі на контролер і АРМ, де і обробляється. В результаті обробки формується сигнал керуючої дії, який через модуль аналогового виходу та перетворювач надходить на виконавчий механізм, який приводить в дію регулюючий клапан, що змінює свій прохідний отвір і таким чином змінює витрату середовища.

7.3 Розробка FBD-програм.

Для реалізації самого власне регулювання параметрів процесу та для зв'язку вхідних каналів з вихідними необхідно ще в редакторі бази каналів створити відповідні програми на одній із стандартних мов. Розглянемо деякі програми, що стосуються управління роботою деаератора, створені на мові FBD-блоків.

Приведена FBD-програма складається із двох частин. Перший і п'ятий рядок блоків програми емулюють коливання витрати води в деаераторі; другий - четвертий рядки блоків представляють собою власне регулювання з PID-регулятором, на виході якого формується керуючий сигнал.

Програма для сигналізації досягнення величини рівня 1750 мм (при роботі від регулятора ТКС13) та 2100 мм (для регуляторів ТКС14,20) (рисунок 7.1).

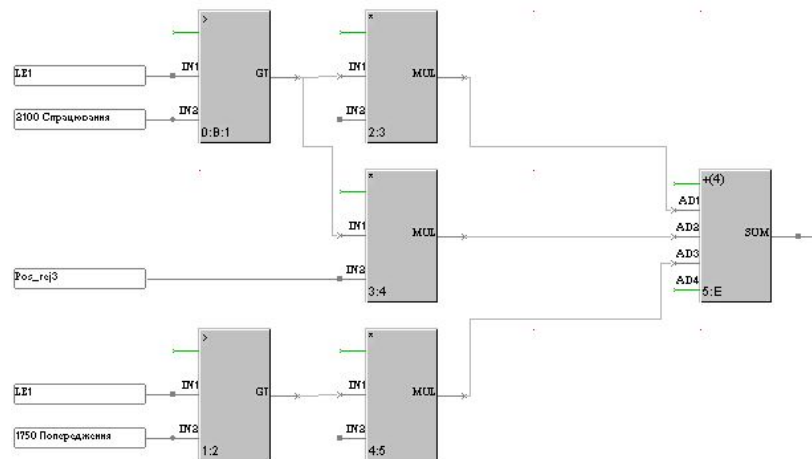


Рисунок 7.1 - Програма сигналізації рівня в деаераторі

Програма для емуляції зміни тиску в деаераторі приведена на рисунку 7.2.

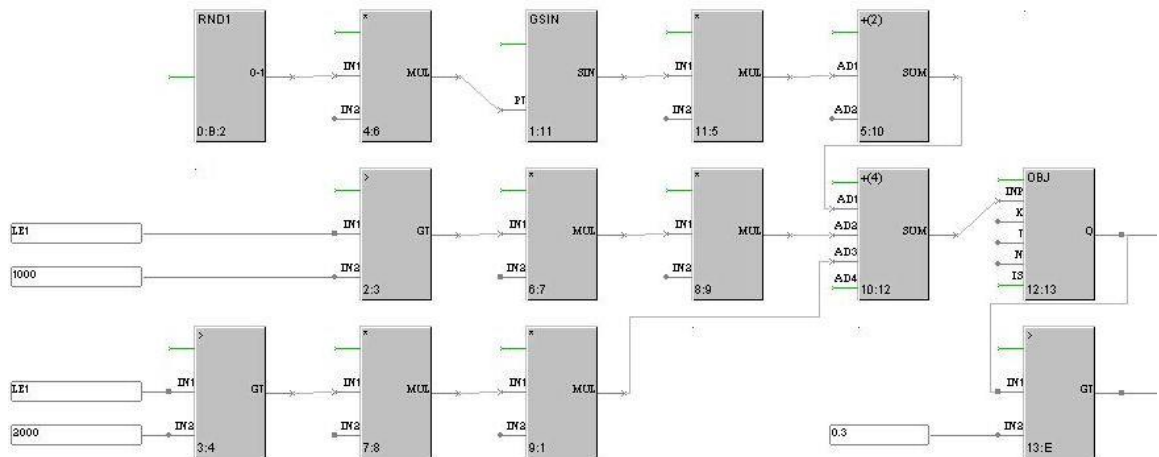


Рисунок 7.2 - Програма для емуляції зміни тиску в деаераторі

7.4 Відображення ходу технологічного процесу регулювання рівня у редакторі представлення даних

У редакторі представлення даних розробляється графічна частина проекту системи керування. При цьому створюється статичний малюнок технологічного об'єкта, а потім поверх нього розміщуються динамічні форми відображення і керування. Серед цих форм в проекті присутні графіки, кнопки переходу до інших графічних фрагментів і т.д.

Усі форми відображення інформації, керування й анімаційні ефекти зв'язуються з інформаційною структурою, розробленою в редакторі бази каналів.

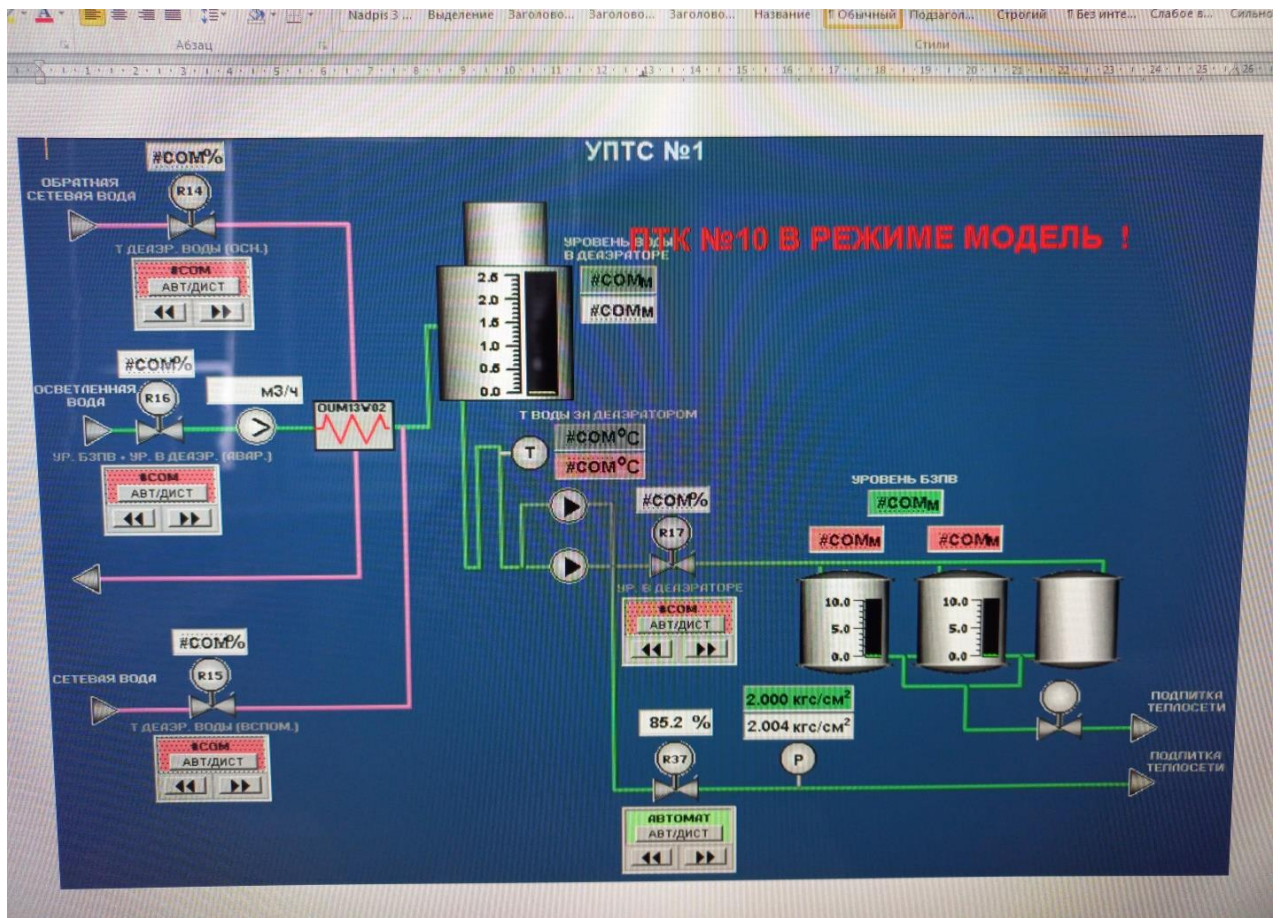


Рисунок 7.3 - Мнемосхема технологического процесса

На мнемосхемі розташовані регулятори температури деаерованої води за деаератором:

- 1) основний регулятор OUM11S02- т деаерат. води (осн.);
- 2) допоміжний регулятор OUM11S03- т деаерат. води (вспом.).

Регулюючий клапан (**R14**) встановлен на трубопроводі подачі мережної води у підігрівач **OUM13W02**. Температура води за деаератором задається оператором-технологом з АРМ(автоматизованого робочого місця) та повинна підтримуватися у діапазоні $(55 \pm 2)^{\circ}\text{C}$.

При підвищенні температури води за деаератором більше 57°C регулюючий клапан (**R14**) закривається, зменшуючи подачу мережної води у підігрівач **OUM13W02**. При зниженні температури води за деаератором менше 53°C (**T**) основний регулятор **OUM11S02** відкривається.

Регулюючий клапан (**R15**) встановлен на трубопроводі подачі гарячої води в деаератор. При зниженні температури води за деаератором менше 50⁰С та повному відкритті регулюючого клапану (**R14**) основного регулятора OUM11S02, регулюючий клапан (**R15**) відкривається. При підвищенні температури води за деаератором більше 60⁰С та повному закритті (**R14**), (**R15**) закривається.

Регулятор OUM13S01 (ур.БЗПВ+ур.в деаер. (авар.)) забезпечує підтримку заданого рівня у баках запасу підживлювальної води за допомогою регулюючого клапану (**R17**) і може бути використаний як аварійний регулятор рівня у деаераторі. Регулятор **OUM13S01** підтримує рівень у баках запасу підживлювальної води у діапазоні від 5,5 м до 6,5 м. Витрата холодної води залежить від рівня в баках запасу підживлювальної води та становить від 50 до 300 м³/год.

В автоматичному режимі роботи при підвищенні рівня в деаераторі до позначки 1,2 м регулятор **OUM13S01** закривається, а при зниженні рівня до 0,7 м відкривається незалежно від рівня у баках підживлення тепломережі.

Для переміщення регулюючого клапану використовується виконавчий механізм з постійною швидкістю обертання вихідного валу (тип МЄО 250/25-0,25У). Підключення до виконавчого механізму здійснюється через тиристорний підсилювач трипозиційний ФЦ-0650.

Управління регулятором: ручне, за допомогою блока БРУ-32, та автоматичне за допомогою блока ЦР-03.

За необхідності оператор-технолог може перевести регулятор на ручний режим та керувати положенням регулюючого клапану безпосередньо командами з АРМ (автоматизованого робочого місця).

7.5 Висновки до розділу 7

Виконали опис технології TRACE MODE для розробки програмного забезпечення а потім розробили проект АСУ в TRACE MODE.

Розглянули деякі програми, що стосуються управління роботою деаератора, створені на мові FBD-блоків.

Приведена FBD-програма складається із двох частин. Перший і п'ятий рядок блоків програми емулюють коливання витрати води в деаeratorі; другий - четвертий рядки блоків представляють собою власне регулювання з PID-регулятором, на виході якого формується керуючий сигнал.

Представили малюнок на якому зображена програма для емуляції зміни тиску в деаeratorі. Відобразили на мнемосхемі хід технологічного процесу регулювання рівня у редакторі представлення даних. Зробили детальний опис ходу роботи та керуванні регуляторів температури деаерированої води за деаeratorом при умовах ходу технологічного процесу.

8 РОЗРАХУНОК КАПІТАЛЬНИХ ВКЛАДЕНЬ У ЗВ'ЯЗКУ З МОДЕРНІЗАЦІЄЮ АСР АЕС

8.1 Визначення капітальних вкладень

Для забезпечення необхідних рівнів і тиску в деаэраторах використовуються автоматичні регулятори. На блоках ЗАЕС використовуються різні електронні регулятори.

У зв'язку з модернізацією автоматизованої системи регулювання (АСР) турбінного відділення енергоблока №4 Запорізької АЕС проводиться заміна устаткування АСР («АСУТ», «Каскад-2») на ПТК АСР (ТСА М2002) виробництва ХГПЗ ним. Т. Г. Шевченко (сумісно з Львів ОРГРЕС), побудованого на сучасних технічних і програмних засобах, який має значно більш високі технічні і експлуатаційні можливості.

До складу ПТК АСР ТВ входять 16 шаф управління (ШУ) на базі технічних засобів ТСА М2002 ТУ У 33.3-14315500-028-2003 вартістю 75000 гривень за одиницю.

Сума капіталовкладень (Ков) на устаткування без урахування ПДВ включає вартість придбаного устаткування (Вуст) та витрати на транспортні (Втр=6%) і заготівельно-складські (Взс=5%) операції у визначених відсотках від Вуст.

$$\text{Ков} = \text{Вуст} + \text{Втр} + \text{Взс},$$

де $\text{Вуст} = \text{В}_{ШУ}$

$$\text{В}_{ШУ} = 750000 * 16 = 1200000, \text{ грн} ===$$

$$K_{\text{ов}} = 1200000 * (1 + 0.06 + 0.05) = 1332000, \text{ грн}$$

Додаткові капіталовкладення $K_{\text{АСР}}$ на модернізацію АСР складаються з таких витрат:

$$K_{\text{АСР}} = K_{\text{дм}} + K_{\text{об}} + K_{\text{м}}$$

де $K_{\text{дм}}$ – витрати на демонтаж існуючої апаратури ($K_{\text{дм}} = 0,05 * K_{\text{ов}}$, грн);
 $K_{\text{м}}$ – витрати на монтаж нового устаткування ($K_{\text{м}} = 0,4 * K_{\text{ов}}$, грн).

$$K_{\text{дм}} = 0,05 * 1332000 = 66600, \text{ грн}$$

$$K_{\text{м}} = 0,4 * 1332000 = 532800, \text{ грн}$$

$$K_{\text{АСР}} = 66600 + 1332000 + 532800 = 1931400, \text{ грн.}$$

Данні по розрахунку зведені в таблиці 7.

Таблиця 8.1 - Визначення капітальних вкладень

Визначення капітальних вкладень	
Витрати на монтаж нового устаткування $K_{\text{м}}$	532800 грн
Сума капіталовкладень $K_{\text{ов}}$	1332000 грн
Витрати на демонтаж існуючої апаратури $K_{\text{дм}}$	66600 грн
Вартість придбаного устаткування $V_{\text{уст}}$	1200000 грн
Додаткові капіталовкладення модернізацію АСР $K_{\text{АСР}}$	1931400 грн

8.2 Розрахунок річних експлуатаційних витрат

Експлуатаційні витрати ($V_{\text{АСР}}$), пов'язані з обслуговуванням нової АСР складаються з річних витрат на:

- зарплату персоналу (Взп);
- амортизацію нового обладнання (Ва);
- поточний ремонт нового обладнання (Вр);
- електричну енергію для живлення нового обладнання (Вел);
- інші експлуатаційні витрати (Ві).

$$V_{ACP} = Vzп + Va + Vr + Vel + Vi$$

8.3 Річні витрати на ЗП

Річні витрати на ЗП обслуговуючого персоналу визначається за формулою:

$$Vzп = n * \Phi OП$$

де n - чисельність обслуговуючого персоналу (n=50 роб.);

ΦОП – середньорічний фонд оплати праці одного робітника з обов'язковими нарахуваннями на соціальні збори .

Розрахуємо середньорічний фонд оплати праці одного робітника з обов'язковими нарахуваннями на соціальні збори

$$\Phi OП = \Phi зп * K_{ін},$$

де $K_{ін} = 1,1$

Φзп – щорічна витрата на зарплату робітника з урахуванням нарахувань на ΦОП, грн.

$$\Phi зп = 12 * ЗП * Nзп$$

де ЗП – середня місячна зарплата робітника (ЗП=4500 грн);

$N_{зп}$ – нарахування на ФОП складають 20%.

Тоді:

$$\Phi_{зп} = 12 * 4500 * (1 + 0,2) = 64800, \text{ грн}$$

$$\text{ФОП} = 64800 * 1,1 = 71280, \text{ грн}$$

$$\text{Взп} = 50 * 71280 = 3564000, \text{ грн.}$$

8.4 Розрахунок річних амортизаційних відрахувань

Амортизаційні відрахування (V_a) на реновацію придбаного устаткування на соціальні збори ОЗ АЕС визначаються за виразом:

$$V_a = K_{аср} * \text{НА} / 100$$

де НА – річна норма амортизації на реновацію ОЗ АЕС ($\text{НА} = 24\%$)

$$V_a = 1332000 * 24 / 100 = 319680, \text{ грн}$$

8.5 Річні витрати на ремонт

Ці витрати обчислюють через коефіцієнт $K_p = 3\%$ від загальної суми капіталовкладень.

$$V_p = K_p * K_{аср}, \text{ грн.}$$

$$V_p = 0,03 * 1332000 = 39960, \text{ грн}$$

8.6 Витрати електроенергії на живлення

Річні витрати на живлення АСР визначаються так:

$$V_{ел} = P_{ел} * T_{ф} * K_з * CВ_{ел}^{од}, \text{ грн}$$

де Рел – встановлена електрична потужність АСР (Рел=3,5 кВт);
Тф - фактичний термін роботи АСР за рік (Тф=7000 год.);
Кз – коефіцієнт для врахування реального споживання (Кз=0,8);
СВ^{од}_{ел} – собівартість виробленого 1кВт*год (СВ^{од}_{ел} = 90коп)

$$В_{ел}=3,5*7800*0,8*0,90=19656 \text{ грн}$$

8.7 Інші витрати

Інші витрати визначаються так

$$\begin{aligned} В_{ін} &= 0,25*(В_{а}+В_{зп}+В_{р})= \\ &= 0,25*(319680+3564000+39960)=980.91 \text{ грн} \end{aligned}$$

Підставляючи отримані значення маємо загальну суму річних експлуатаційних витрат (В_{АСР}, грн.)

$$В_{АСР} = 319680+3564000+39960+19656+980.91 = 3944276,91 \text{ грн}$$

Данні по розрахунку зведені в таблиці 8.

Таблиця 8.2 - Розрахунок річних експлуатаційних витрат

Розрахунок річних експлуатаційних витрат	
Зарплата персоналу В _{зп}	3564000 грн
Амортизація нового обладнання В _а	319680 грн
Поточний ремонт нового обладнання В _р	39960 грн
Електричну енергію для живлення нового обладнання В _{ел}	19656 грн
Інші експлуатаційні витрати В _{ін}	981 грн
Експлуатаційні витрати В _{АСР}	3944277 грн

8.8 Річна економія експлуатаційних витрат

Економія (Е) від модернізації АСР визначається за виразом:

$$E = E_{\text{п}} + E_{\text{н}} + E_{\text{вп}} - V_{\text{АСР}}$$

де $E_{\text{п}}$ – економія від зменшення кількості пусків блока через зниження відмов АСР, грн;

$E_{\text{н}}$ – економія у зв'язку з підвищенням надійності роботи і додатковим виробленням електроенергії, грн;

$E_{\text{вп}}$ – економія у зв'язку зі скороченням витрат електроенергії на власні потреби через модернізацію АСР, грн;

$V_{\text{АСР}}$ – вартість річних експлуатаційних витрат.

Економія ($E_{\text{п}}$) від зменшення кількості пусків блока через зниження відмов АСР визначається за виразом:

$$E_{\text{п}} = (1 - K_{\text{від}}) * P_{\text{в}} * t_{\text{від}} * c_{\text{п}} * C_{\text{ел}}^{\text{од}} / 100$$

де $P_{\text{в}}$ – встановлена електрична потужність ($P_{\text{в}} = 10^6$), кВт;

$t_{\text{від}}$ - відрізок часу виведення енергоблока з мережі при його відключенні ($t_{\text{від}} = 9$ год);

$c_{\text{п}}$ – число скорочених пусків ($c_{\text{п}} = 1$);

$C_{\text{ел}}^{\text{од}}$ – собівартість 1 кВт*год виробленої електроенергії ($C_{\text{ел}}^{\text{од}} = 5$ коп);

$K_{\text{від}}$ – коефіцієнт корисного навантаження за час $t_{\text{від}}$ ($K_{\text{від}} = 0,7$).

Тоді

$$E_{\text{п}} = (1 - 0,7) * 10^6 * 9 * 1 * 5 / 100 = 135000 \text{ грн}$$

Економія (Ен) у зв'язку з підвищенням надійності роботи ЕС і додатковим виробленням електроенергії (dE_B) визначається за виразом:

$$E_H = (CB_{\text{ел}}^{\text{од}} - CBM_{\text{ел}}^{\text{од}}) * (W_B + dW_B) / 100$$

де dW_B - додаткове вироблення електроенергії:

$$dW_B = P_B * h_{\text{дод}} \text{ кВт*год}$$

$h_{\text{дод}}$ – тривалість простою, ($h_{\text{дод}} = 24$ год.);

$$dW_B = 10^6 * 24 = 24000000 \text{ кВт*год}$$

$CBM_{\text{ел}}^{\text{од}}$ – собівартість 1 кВт*год з урахуванням додаткової роботи блока після модернізації АСР визначається за виразом:

$$CBM_{\text{ел}}^{\text{од}} = CB_{\text{ел}}^{\text{од}} (1 - A_{\text{п}} * (1 - W_B / (W_B + dW_B)))$$

де $A_{\text{п}}$ – доля умовно-постійних витрат в собівартості 1 кВт*год.

$$A_{\text{п}} = 1 - V_{\text{п}} / CB_{\text{п}},$$

$$V_{\text{п}} = 183,45 * 10^6 \text{ грн.},$$

$$CB_{\text{п}} = 210,3 * 10^6 \text{ грн.},$$

$$A_{\text{п}} = 1 - 183,45 * 10^6 / 210,3 * 10^6 = 0,27$$

$$W_B = 7 * 10^9 \text{ кВт*год.}$$

$$CBM_{\text{ел}}^{\text{од}} = 5 * (1 - 0,128 * (1 - 7 * 10^9 / (7 * 10^9 + 24 * 10^6))) = 0,45 \text{ коп}$$

Тоді:

$$E_H = (5 - 0,45) * (7 * 10^9 + 24 * 10^6) / 100 = 31959200 \text{ грн}$$

Економія (Евп) у зв'язку зі скороченням витрат електроенергії на власні потреби через модернізацію АСР визначається за виразом:

$$E_{ВП} = (C_{P_{ел}}^{од} - C_{P_{ел}}^{мод}) / 100 * W_{Мр}, \text{ грн}$$

де $W_{Мр}$ – річний обсяг реалізованої ел.енергії зі скороченими витратами на власні потреби на 20%,

$$W_{Мр} = W_B * (1 - q_{М^{ВП}}^{АЕС} / 100), \text{ кВт*год}$$

де $q_{М^{ВП}}^{АЕС} = 0,8 q_{АЕС}^{ВП}$,
 $q_{АЕС}^{ВП} = 4,22\%$.

$$W_{Мр} = 7,8 * 10^9 * (1 - 3,38 / 100) = 7,54 * 10^9, \text{ кВт*год}$$

Собівартість реалізованого 1 кВт*год з урахуванням зменшення витрат на власні потреби $C_{P_{ел}}^{мод}$ визначається за виразом:

$$C_{P_{ел}}^{мод} = C_{P_{ел}}^{од} (1 - A_{п} * (1 - W_{р} / W_{Мр}))$$

$$C_{P_{ел}}^{мод} = 5 * (1 - 0,27 * (1 - 6,76 * 10^9 / 7,54 * 10^9)) = 4,92 \text{ коп}$$

$$E_{ВП} = (5 - 4,92) / 100 * 7,54 * 10^9 = 603200, \text{ грн}$$

Підставляючи числові значення, розрахуємо економію (Е) від модернізації АСР:

$$E = 31959200 + 603200 + 135000 - 3944277 = 2875312, \text{ грн}$$

Приріст чистого прибутку визначається так:

$$d\Pi = K_e * E, \text{ грн}$$

де K_e – коефіцієнт економічної ефективності ($K_e=0,7$).

$$d\Pi = 0,7 * 2,9 * 10^6 = 7889000, \text{ грн}$$

Термін окупності (T_o) додаткових капіталовкладень ($dK = K_{ACP}$)

визначається:

$$T_o = K_{ACP} * (1 + \alpha_a + \alpha_p + \alpha_{зсв}) / d\Pi, \text{ років}$$

де α_a – додаткові нарахування на амортизацію ($\alpha_a = 0,14$);

α_p – додаткові нарахування на поточний ремонт ($\alpha_p = 0,01$);

$\alpha_{зсв}$ – доля загальностанційних витрат, визначена додатковими капіталовкладеннями ($\alpha_{зсв} = 0,20$).

$$T_o = 1931400 * (1 + 0,14 + 0,01 + 0,20) / 7889000 = 4,1 \text{ років,}$$

Данні по розрахунку зведені в таблиці 9.

Таблиця 8.3 - Річна економія експлуатаційних витрат

Розрахунок економічного ефекту від модернізації АСР АЕС	
Економія від модернізації АСР Е	2875312 грн
Економія від зменшення кількості пусків блока через зниження відмов АСР Еп	135000 грн
Економія у зв'язку з підвищенням надійності ЕС Ен	31959200 грн
Економія у зв'язку зі скороченням витрат електроенергії на власні потреби Е _{вп}	603200 грн
Вартість річних експлуатаційних витрат В _{АСР}	4299472 грн

Приріст чистого прибутку Δp	7889000 грн.
Термін окупності додаткових капіталовкладень T_0	4,1 роки

8.9 Висновки до розділу 5

У даному розділі магістерської роботи зробили розрахунок капітальних вкладень у зв'язку з модернізацією АСР АЕС.

Встановили що сума капіталовкладень на устаткування без урахування ПДВ становить 1 200 000 гривень.

Додаткові капіталовкладення на модернізацію АСР коштують 1 931 400 гривень. Також додатково необхідні витрати на: монтаж нового устаткування, демонтаж існуючої апаратури та вартість придбаного устаткування.

Зробили розрахунки річних експлуатаційних витрат, а саме; річні витрати на зарплату персоналу; амортизаційні відрахування; витрати на ремонт; витрати електроенергії на живлення; інші витрати.

Потім розраховували річну економію експлуатаційних витрат яка покриває загальну суму річних витрат на експлуатацію обладнання.

Тоді приріст чистого прибутку за рік дорівнює – 7 889 000 гривень, а термін окупності додаткових капіталовкладень – 4,1 роки. Можемо зробити висновок, що судячи з розрахунків показників економії та приросту чистого прибутку дана модернізація буде ефективною та внесе значних внесок у по

9 ОХОРОНА ПРАЦІ

Розділ ОП розроблено згідно: «Рекомендаціям щодо побудови, впровадження та удосконалення системи управління охороною праці» С.Сторчак - К.: Держгірпромнагляд, 2008, 16ст.

У країнах світу, залежно від економічного розвитку та політичного стану, існують закони та нормативні документи, які повністю або частково, захищають людину від небезпечних та шкідливих умов праці, забезпечують охорону її здоров'я.

Згідно закону України «Про охорону праці» охорона праці - це система законодавчих, соціально-економічних, технічних, санітарно-гігієнічних і організаційних заходів, що забезпечують безпеку, збереження здоров'я і працездатності людини в процесі праці. Охорона праці включає організаційно-правові питання, техніку безпеки, виробничу санітарію і пожежну профілактику

Загальний нагляд за додержанням норм охорони праці покладено на прокуратуру, спеціальний – на професійні спілки. Контроль за безпекою праці здійснюють також державні й відомчі спеціалізовані інспекції.

Регулювання охорони праці в Україні здійснюється: Конституцією України; Законом України «Про охорону праці» від 21.11.2012 року № 229 – IV [26]; Законом України «Про загальнообов'язкове державне страхування від нещасних випадків та професійних захворювань» від 08.07.2014 р. № 2-3 [25]; Кодексом законів про працю; нормативними актами міністерств, відомств та локальними нормативними актами.

Розділ ОП розроблено згідно: «Керівництву з систем управління охороною праці МОП – СУОП 2001/ILO-OSH 2001» та «Рекомендаціям щодо побудови, впровадження та удосконалення системи управління охороною праці» С.Сторчак - К.:Держгірпромнагляд, 2008, 16ст.

Мета охорони праці: досягнення соціального ефекту, тобто забезпечення

безпеки праці, збереження життя та здоров'я працюючих, скорочення кількості нещасних випадків і захворювань на виробництві.

9.1 Аналіз атомної електростанції з точки зору охорони праці

Закон України «Про охорону праці» зобов'язав власника за свої засоби організувати проведення при прийомі на роботу медичних оглядів і протягом трудової діяльності лікарський контроль за поляганням здоров'я робочих, зайнятих на важких роботах, роботах з шкідливими і небезпечними умовами праці або таких, де є необхідність в професійному відборі, а також обов'язковий щорічний медичний огляд осіб у віці до 21 року незалежно від того, в яких умовах вони працюють.

Головним завданням, яке повинен вирішувати відділ охорони праці, є забезпечення безпечних умов і охорона праці працівників атомної електростанції.

Основою функціонування на атомній електростанції системи управління охороною праці є НПАОП 0.00-4.35-04 «Типове положення про службу охорони праці».

Основою системи охорони праці є служба управління охороною праці (СУОП), яка функціонує згідно НПАОП 0.00-4.35-04 «Типове положення про службу охорони праці».

На атомній електростанції згідно з НПАОП 0.00-4.12-05 «Типове положення про порядок проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці» проводиться навчання та перевірка знань з питань охорони праці.

Згідно з НПАОП 0.00-4.15-98 «Положення про розробку інструкцій з охорони праці» розробляються та проводяться інструктажі з питань охорони праці.

Згідно з ДНАОП 0.00-3.01-98 «Типові норми безплатної видачі спеціального одягу, спеціального взуття та інших засобів індивідуального захисту працівникам сільського та водного господарства » проводиться забезпечення працівникам спеціальним одягом, спеціальним взуттям та іншими засобами індивідуального захисту.

9.2 Аналіз умов праці на робочому місці оператора контрольно-вимірюючих приладів на БЩУ

9.2.1 Мікрокліматичні параметри умов праці

Виробничим мікрокліматом називається фізичне полягання повітряного середовища виробничих приміщень, яке визначається температурою, вологістю, рухом повітря і тепловим випромінюванням нагрітих поверхонь устаткування, що в сукупності впливає на теплове полягання організму людини. Основні вимоги пред'являються до виробничого мікроклімату висловлені в нормативному документі ГОСТ 12.1.005-88 "Загальні санітарно-гігієнічні вимоги до повітря робочої зони".

Температура повітря виробничих приміщень визначається величиною тепловиділень від виробничих джерел і людей, від інсоляції, від теплопередачі через зовнішні огорожі, від повітрообміну.

Зміна температурних умов виробничого середовища супроводжується зміною обмінних процесів. При високій температурі порушується водний обмін у зв'язку із значним потовиділенням. Якщо звична втрата вологи через випаровування для осіб, що не виконують фізичної роботи, складає 0,8-1,2 г/хв, то при високій температурі вона може складати 2,35-3,10 г/хв. Загальна втрата маси за робочий день може скласти 4-8 кг. При цьому разом з водою відбувається видалення з організму солей, головним чином хлористого натрію (30-40 г замість 10 г).

Мікрокліматичні показники умов праці на робочому місці оператора

контрольно-вимірюючих пристроїв приведені в таблиці 10.

Таблиця 9.1 - Мікрокліматичні показники умов праці на робочому місці оператора контрольно-вимірюючих пристроїв

Найменування показників	Оптимальні величини	Допустимі величини
Температура, С	19-21	17-23
Відносна вологість, %	60-40	75
Швидкість руху повітря, м/с	0,2	0,21-0,3

9.2.2 Освітлення робочої зони на БЩУ на робочому місці оператора контрольно-вимірюючих приладів.

Як джерела штучного освітлення широко використовуються лампи розжарювання і газорозрядні лампи.

Основним недоліком газорозрядних ламп є пульсація світлового потоку, яка може зумовити виникнення стробоскопічного ефекту. В результаті такого ефекту спотворюється зорове сприйняття предметів, що пересуваються і обертаються, що може збільшити небезпеку травматизму. До недоліків цих ламп можна також віднести складність схеми включення, шум дроселів, значний час між включенням і запаленням ламп, відносну дорожнечу.

При незадовільному освітленні зорова здатність очей знижується і можуть розвинути такі захворювання, як короткозорість, катаракта, ністагм. Надмірно яскраве освітлення викликає засліплення, роздратування і різь в очах.

Згідно з НПАОП 64.1-7.08-85 «Роботи із засобами спеціального освітлення» $E_{\text{треб}}=110$ лк.

9.2.3 Повітря робочої зони

Виробнича вентиляція - це організований обмін повітря між атмосферою і виробничими приміщеннями.

Санітарно-гігієнічні вимоги до виробничої вентиляції висловлені в міждержавному стандарті 21.602-79 СПДС. "Опалювання, вентиляція і кондиціонування повітря робочих приміщень".

Природна вентиляція промислових будівель обумовлена поєднанням ефекту вітрового і теплового натиску.

Місцева механічна вентиляція, як правило, є витяжною і вирішує задачу уловлювання шкідливих виділень (пилу, пари) на місці їх освіти.

ПДК – це концентрація, яка при щоденній(крім вихідних днів)) роботі протягом 8 год чи при іншій тривалості, але не більше 41 год у тиждень , протягом усього робочого стажу не можуть визвати хзахворявань або відхилень у стані здоров'я, виявлених сучасними методами досліджень у процесі роботи або віддалені строки життя теперішнього і наступних поколінь.

Згідно з ГОСТ 12.1.005-88 « Загальні санітарно-гігієнічні вимоги до повітря робочої зони» при одночасному вмісті в повітрі робочої зони декількох шкідливих речовин однонаправленої дії (за висновком органів державного санітарного нагляду) відношень фактичних концентрацій кожного з них $\{K_1, K_2, \dots, K_n\}$ в повітрі до їх ПДК (ПДК₁, ПДК₂ . . . ПДК_n) не повинна перевищувати одиниці

$$\frac{K_1}{\text{ПДК}_1} + \frac{K_2}{\text{ПДК}_2} + \dots + \frac{K_n}{\text{ПДК}_n} \leq 1$$

9.2.4 Іонізуюче випромінювання.

Іонізуюче випромінювання – це випромінювання, взаємодія якого з середовищем призводить до утворення електричних зарядів (іонів) різних знаків.

АЕС є система технічних бар'єрів захисту, так званих бар'єрів радіаційної безпеки. Ці бар'єри утворюють інженерний комплекс глибоко ешелонованого багатоступінчастого радіаційного захисту.

Нормування іонізуючих випромінювань регламентується «Нормами радіаційної безпеки» (НРБУ-97) та «Основними санітарними правилами роботи з радіоактивними речовинами та іншими джерелами іонізуючого випромінювання» (ОСП 72/87).

Гранично допустима доза (ГДД) — найбільше значення індивідуальної еквівалентної дози за рік, яка при рівномірному впливі протягом 50 років не викликає в стані здоров'я професійного працівника несприятливих змін, що виявляються сучасними методами.

Граничні дози (ГД) — гранична еквівалентна доза за рік для обмеженої частини населення, $ГД < ГДД$ — це зроблено для запобігання необгрунтованого опромінення людей безпосередньо не працюють в умовах впливу іонізуючих випромінювань.

У порядку убування НРБ-76 радіочутливості встановлюють три групи критичних органів: перша група — гонади і червоний кістковий мозок; друга група — м'язи, щитовидна залоза, жирова тканина, печінка, нирки, селезінка, шлунково-кишковий тракт, легені, кришталик ока й інші органи, крім тих, які віднесені до Я і ІІІ груп; третя група — шкіряний покрив, кісткова тканина, кисті, передпліччя, щиколотки і стопи.

Таблиця 9.2 - ГД і ГГД іонізуючого випромінювання.

Дози	I група критичних органів	II група критичних органів	III група критичних органів
ГД(категорія А)	5 бер	15 бер	30 бер
ГГД(категорія Б)	0,5 бер	1,5 бер	3 бер

Тобто значення ГД для відповідних груп критичних органів в 10 разів менше ГДД.

Категорія А — персонал, тобто особи, які працюють з джерелами іонізуючих випромінювань.

Категорія Б — обмежена частина населення, тобто особи, які безпосередньо не працюють з джерелами іонізуючих випромінювань, але за умовами проживання або розміщення робочих місць можуть піддаватися впливу випромінювання.

9.2.5 Шум та вібрація на робочому місці оператора контрольно-вимірюючих приладів на БЦУ.

Виробничим шумом називається шум на робочих місцях, на ділянках або на територіях підприємств, який виникає під час виробничого процесу. Санітарно-гігієнічні вимоги до виробничого шуму пред'являються відповідно до ГОСТ 12.1.003-83 "Шум. Загальні вимоги безпеки"

Згідно з ГОСТ 12.1.012-90 «Вібрація. Загальні вимоги безпеки» серед всіх видів механічних дій для технічних об'єктів, найбільш небезпечна вібрація. Знакозмінні напруги, викликані вібрацією, сприяють накопиченню пошкоджень в матеріалах, появі тріщин і руйнуванню. Частіше всього і досить швидко руйнування об'єкту настає при вібраційних впливах в умовах резонансу. Вібрація викликає також і відмови машин, приладів.

9.2.6 Електробезпека на робочому місці оператора контрольно-вимірюючих пристроїв на БЩУ

Згідно з ГОСТ 12.1.030-81» Електробезпека. Захисне заземлення, занулення» заземлення електроустановки - навмисне електричне з'єднання її корпусу з заземлюючим пристроєм.

Захисне заземлення - навмисне з'єднання з землею частинелектроустановки. Застосуються в мережах з ізолюваною нейтраллю, наприклад, у старих будинках з мережами 220В.

У разі виникнення пробою ізоляції між фазою і корпусом електроустановки корпус її може виявитися під напругою. Якщо докорпусу в цей час доторкнувся людина - струм, що проходить через людину, не становить небезпеки, тому що його основна частина потече по захисному заземленню, яке володіє дуже низьким опором.

Занулення - навмисне електричне з'єднання частин електроустановки, нормально не знаходяться під напругою з глухо заземленою нейтраллю з нульовим проводом. Це призводить до того, що замикання будь-який з фаз на корпус електроустановки перетворюється на коротке замикання цієї фази з нульовим проводом. Струм в цьому випадку виникає значно більший, ніж при використанні захисного заземлення, і захисна апаратура спрацює ефективніше. Швидке і повне відключення пошкодженого обладнання - основне призначення занулення.

Вони присвячені електробезпеці.

ГОСТ 12.2.007.0-75 поширюється на електричні вироби і встановлює загальні вимоги безпеки до їх конструкції.

Основне завдання електробезпеки - мінімізувати можливість негативного впливу електричного струму на людину. Досягти цієї мети можна за допомогою таких заходів і засобів:

- 1) безпечною і надійною конструкцією електроустановок;

2) організаційними та технічними заходами щодо безпечної експлуатації електроустановок та використання електричної енергії;

3) технічними засобами захисту.

Технічні засоби захисту - це пристрої, що слугують для захисту людини від ураження електричним струмом. До них належать:

- ізоляція струмовідних частин;
- недоступність для випадкового дотику до струмовідного устаткування;
- захисне заземлення;
- занулення; захисне відключення;
- захисне розділення електромережі;
- мала напруга;
- сигналізація про небезпеку дотику;
- електрозахисні засоби.

Стан ізоляції струмопровідних частин повинен відповідати правилам використання електроустановок. Цими правилами передбачене періодичне випробування ізоляції (2 рази на рік у приміщеннях зі складними умовами, підвищеною вологістю і 1 раз на рік у приміщеннях з нормальним середовищем). Ізоляція створює великий опір, який перешкоджає протіканню через неї струму. Опір ізоляції кожної установки або окремої ділянки електричної мережі має бути не меншим 0,5 МОм. Якщо опір ізоляції знижується на 50% від початкового, мережу або ізоляцію міняють.

9.2.7 Пожежна безпека

Закон України «Про пожежну безпеку». Забезпечення пожежної безпеки є невід'ємною частиною державної діяльності щодо охорони життя та здоров'я людей, національного багатства і навколишнього природного середовища. Цей Закон визначає загальні правові, економічні та соціальні основи забезпечення пожежної безпеки на території України, регулює

відносини державних органів, юридичних і фізичних осіб у цій галузі незалежно від виду їх діяльності та форм власності.

В машинному залі АЕС категорія пожежної небезпеки Г - це приміщення, в яких спалюють паливо, у тому числі газ, або обробляють неспалимі речовини в гарячому, розжареному або розплавленому стані, тому що

$$\Delta P < 5 \text{ кПа}, t > 28^\circ\text{C}.$$

Працівники енергооб'єктів повинні проходити протипожежний інструктаж, удосконалювати знання по пожежній безпеці, регулярно брати участь в протипожежних тренуваннях і проходити перевірку знань ППБ відповідно до вимог діючих НД по підготовці персоналу і справжніх Правил.

Кожний випадок пожежі (загоряння) повинен розслідуватися спеціально призначеною комісією для встановлення причин, збитків, винуватців виникнення пожежі (загоряння) і розробки протипожежних заходів для інших об'єктів галузі згідно ГКД 34.20.801 «Інструкція із службового розслідування, первинного обліку та аналізу пожеж, які сталися на об'єктах Мінпаливенерго України».

9.3 Розрахунок штучного освітлення на БЩУ

Для отримання дифузного, комфортного для очей без зайвих тіней світла і для захисту очей від сліпучої дії незахищених ламп застосовується освітлювальна арматура, яка в потрібних випадках захистить лампу від пилу, бруду, атмосферних опадів: механічних пошкоджень.

Освітлювальну арматуру разом з лампою називають світильником.

Захист ока від сліпучої дії лампи здійснюється завдяки наявності в арматурі так званого захисного кута, під яким мається на увазі кут, утворений горизонтальною лінією, що проходить через центр лампи, і

прикордонною лінією, що проходить через край нитки, що світиться, і протилежний край арматури. Чим більше захисний кут, тим більше захищено око від сліпучої дії джерела світла. Залежно від захисного кута розв'язується питання про висоту підвісу світильника.

Таблиця 9.3 - Початкові дані умов праці

Розміри приміщення, м		Розрахункова висота Н підвісу світильника, м	Як найменший розмір об'єкту розрізнення, мм	Контраст об'єкту розрізнення з фоном	Характеристика фону	Система освітлення	Світильник	Концентрація пилу в повітрі мг/м	Коефіцієнти віддзеркалення ρ_p - ρ_c - ρ_p
Довжина А	Довжина В								
24	10	5	0,5	малий	темний	загальна	ПВЛМ	0,1	0,5-0,3-0,1

Хід виконання розрахунку

Обчислимо норму освітленості E залежно від розряду зорової роботи, контрасту об'єкту з фоном, характеристики фону і системи освітлення:

$$E_{\text{табл}} = 500 \text{ лк}$$

Визначимо тип ламп для заданого світильника: *ЛЛ*.

Визначимо норму освітленості залежно від типу ламп. Так як в роботі розглядаються газорозрядні лампи, то

$$E'_n = E_{\text{табл}} = 500 \text{ лк}$$

Визначимо освітленість, яке повинне створювати загальне освітлення залежно від системи освітлення:

$$E_n = E'_n = 500 \text{ лк}$$

Обчислимо коефіцієнт запасу K_z залежно від концентрації пилу:
 $K_z = 1,5$.

Приймаємо коефіцієнт мінімальної освітленості для ЛЛ: $Z = 1,1$

Визначимо тип КСС для заданого світильника - Д.

Знайдемо значення коефіцієнтів b і c залежно від типа КСС і заданого поєднання коефіцієнтів віддзеркалення:

$$b = 1,5$$

$$c = 0,56$$

Визначимо значення λ_0 та λ_∂ :

$$\lambda_0 = 1,4$$

$$\lambda_\partial = 2,1$$

Визначимо площу приміщення: $S = A * B = 24 * 10 = 240 \text{ м}^2$

Обчислимо індекс приміщення: $i = S / ((A + B) * H) = 1,4$

Визначимо коефіцієнт використання η :

$$\eta = i^2 / [(i^2 + c) * b] = 0,52044$$

Знайдемо еквівалентну площу $S_{\text{э}}$:

$$S_{\text{э}} = S * K_z * Z / \eta = 760,9 \text{ м}^2$$

Обчислимо оптимальну відстань між світильниками:

$$L_0 = \lambda_0 * H = 7 \text{ м}$$

Визначимо оптимальну кількість світильників N^0 :

$$N_0 = S / L_0^2 = 5$$

Обчислимо необхідний світловий потік світильника θ_c :

$$\theta_c = S \varepsilon * E_n / N_0 = 76089,75 \text{ лм}$$

Виберемо світловий потік лампи, потужність лампи P , число ламп в світильнику n так, щоб приблизно виконувалася умова

$$n * \theta \approx \theta_c$$

$$\theta = 4650 \text{ лм}$$

$$P = 65 \text{ Вт}$$

$$n = 2$$

Визначимо довжину світильника L_c залежно від типу і потужності лампи: $L_c = 1,5 \text{ м}$

Обчислимо освітленість E_1 , створену одним світильником:

$$E_1 = n * \theta / S \varepsilon = 12,22 \text{ лм}$$

Визначимо попереднє число світильників:

$$Nn = E_n / E_1 = 41$$

Визначимо попередню відстань між світильниками:

$$L = \sqrt{S / Nn} = 2,4 \text{ м}$$

Розрахуємо попереднє значення відношення відстані між світильниками до розрахункової висоти підвісу світильників:

$$\lambda = L / H = 0,5$$

Обчислимо число розрядів світильників уздовж сторони А, округляючи значення до найближчого меншого цілого числа:

$$N_A = A / L = 9$$

Обчислимо число розрядів світильників уздовж сторони В, округляючи значення до найближчого більшого цілого числа:

$$N_B = Nn / N_A = 5$$

Розрахуємо число світильників:

$$N = N_A * N_B = 45$$

Визначимо мінімальну освітленість:

$$E = N * E_1 = 550 \text{ лм}$$

Знайдемо відносне відхилення мінімальної освітленості від нормованої:

$$\varepsilon = (E / E_n - 1) * 100\% = 10,0\%$$

Визначимо відстань між світильниками уздовж сторони А:

$$L_A = A / N_A = 2,7 \text{ м}$$

Определим расстояние между светильниками вдоль стороны В:

$$L_B = B / N_B = 2 \text{ м}$$

Накреслимо схему розташування світильників.

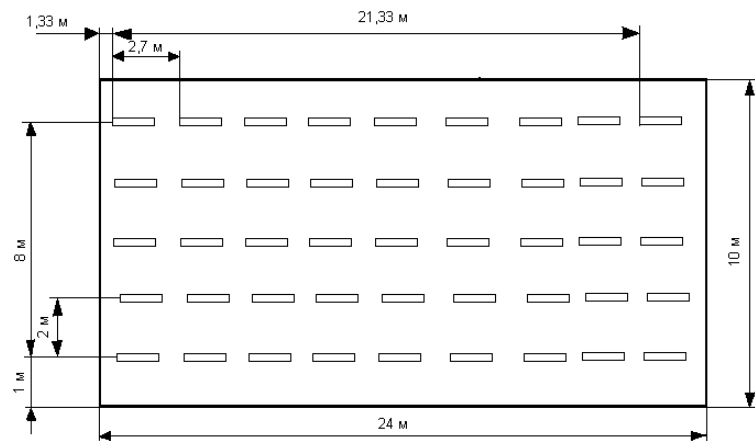


Рисунок 9.1 - Схема розташування світильників на БЦУ

9.4 Висновки по розділу «Охорона праці»:

Розглянуто АЕС з точки зору охорони праці.

Проаналізовано умови праці на робочому місці оператора контрольно-вимірюючих приборів на БЦУ.

Основою системи охорони праці є служба управління охороною праці (СУОП), яка функціонує згідно НПАОП 0.00-4.35-04 «Типове положення про службу охорони праці».

На атомній електростанції згідно з НПАОП 0.00-4.12-05 «Типове положення про порядок проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці» проводиться навчання та перевірка знань з питань охорони праці.

Дослідження питань нормативно-правового регулювання охорони праці в Україні є одним із важливих напрямків сучасної науки. Як свідчить аналіз, сьогодні наявні ряд проблем у становленні цієї важливої галузі, а відсутність теоретичного осмислення вітчизняного досвіду в цій сфері породжує серед учених і управлінців-практиків дискусії та неоднозначне ставлення до їх тлумачення. Загальні принципи державної політики в галузі охорони праці, які визначено законодавством України, спрямовані на створення належних, безпечних і здорових умов праці, запобігання нещасним випадкам та професійним захворюванням, адаптацію трудових процесів до спроможностей працівника з урахуванням стану його здоров'я і психологічного стану, що узгоджується з принципами захисту здоров'я працівників, які визначено в Конвенціях Міжнародної організації праці, директивах Європейського Союзу.

В результаті розробки дипломного проекту ми наблизилися до вимог: Конституції України; Закону України про «ОТ» - К.:Будівельник, 1992,19ст.; Гогіташвілі Г.Г.Управління «ОТ» та ризиком за міжнародними стандартами. – К.:Знання,2007,-367ст.; Стребко С.К., Романчук А.А. Управління «ОТ» на підприємстві. – Одеса: Друк,2001, - 210ст.

ВИСНОВКИ

В процесі виконання кваліфікаційної магістерської роботи була проаналізована робота автоматизованої системи управління технологічними процесами в деаераційній установці. Деаераційна установка є частиною другого контура енергоблока АЕС і призначена для деаерації основного конденсату, створення необхідного запасу води в баках акумуляторів, живлення паром основних ежекторів і підігріву живильної води.

Основними регульованими параметрами в деаeratorі є тиск в колонці деаeratorа і рівень в баку-акумуляторі.

Проведений аналіз відмов обладнання системи регулювання рівня в деаeratorі пов'язані з відмовою керування виконуючим механізмом, як в автоматичному режимі керування так і в дистанційному, що є важливою проблемою якості систем автоматичного керування експлуатованих на енергоблоці ВВЕР-1000. Запропоновано рішення заміни регулюючого клапану, для розрахунку якого проведено оцінку динамічних властивостей деаераційного процесу.

Обурюючими діями на рівень є витрата пари, конденсату і живильної води. Обурюючими діями на тиск пари в деаeratorі є витрата пари та конденсату, температура конденсату, тиск пари.

Регулюючою дією для стабілізації рівня є витрата додаткової хімічно обчищеної води, для стабілізації тиску - витрата гріючої пари.

Надана функціональна схема регулювання рівня в деаeratorі з урахуванням вибраних засобів автоматизації для підтримання заданого рівня, а саме 2000 ± 200 мм; тиск пари в деаeratorі, а саме 0,6 МПа; температури конденсату та живильної води; витрата основного конденсату в деаerator; тиск ХОВ на натиску насоса підживлення деаeratorів та в трубопроводі аварійного підживлення.

У рамках розглянутої математичної моделі були отримані криві розгону, в результаті обробки яких отримані передатні функції. Було визначено з графіку перехідного процесу регулювання рівня в деаераторі, що краще використати П-регулятор, ніж Пі-регулятор, тому що властивості деаератора по каналу "витрата конденсату - рівень" є астатичними, а інтегральна складова в законі регулювання може привести до структурної нестійкості системи. Використавши П-регулятор ми маємо невелике відхилення від номінального значення, яке не є проблемою, а наявність статичної помилки несуттєва для регулювання рівня в деаераторі.

Для регулювання тиску, як виявилось, краще застосовувати Пі-регулятор, тому що наявність статичної помилки неприпустимо, оскільки якщо тиск буде вищий за номінальне значення, то збільшиться температура кипіння суміші, відповідно, газу, розчинені у воді, гірше з неї видалятимуться. А якщо тиск буде нижчий, то кипіння води буде інтенсивніше і разом з газами випаровуватиметься частина живильної води, що збільшить її втрати. Крім того, можливе недогрівання живильної води і, відповідно, зниження економічності роботи деаераційно-живильної установки.

Проведено розрахунок пропонованої заміни регулюючого органу для заміни пускового клапану регулятора рівня в деаераторі основного RM50S01 для отриманих витратних характеристик регулюючий клапан більш надійної конструкції типу «Диск» DN700 НОМ-K0026.700.040-01 А-Э^а, УЗ з електроприводом типу МЕОФ-1600/25-0,25У-01КА потужністю 320 Вт для установки безпосередньо на клапані. Заміна направлена на:

- виключення випадків відмов у роботі вузла РРД, можливих нештатних ситуацій, пов'язаних з розвантаженням енергоблоків;

- підвищення надійності експлуатації трубопроводів системи основного конденсату, живильної води і деаераційної установки в цілому.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ

- 1 Інструкція з експлуатацій деаераційної установки 1-6.ПТ.ТО.РЛ.ИЭ.05Б.
- 2 Деаераційна установка, навчальний посібник 00.УЦ.ТО.Пс.383. ОП «Запорізька АЕС».
- 3 Система основного конденсату, навчальний посібник 00.УЦ.ТО.Пс.394. ОП «Запорізька АЕС».
- 4 Концепція модернізації автоматизованої системи регулювання турбінного відділення енергоблоків 3-6 Запорізької АЕС на базі програмно-технічних комплексів ПТК АСР (ТСА М2002). ОП «Запорізька АЕС».
- 5 Інструкція з експлуатацій цифрових регуляторів другого контура 00.ТА.СЕ.ИЭ.82.
- 6 Опис постановок задач АСР і блокувань турбінного відділення в частині розробки ЗАТ «ТЕХЕНЕРГО». Львів 2003.
- 7 Опис бібліотеки типових модулів ЗАЕС-4.22000.П4.01.1-1.М. Львів 2005
- 8 Плетньов Г. П. «Автоматизоване управління об'єктами теплових електростанцій». – М: Енергоіздат, 1981 р.
- 10 Принципи безпеки реалізовані при проектуванні атомної станції і її систем, навчальний посібник 00.УЦ.ОД.Пс.303
- 11 Правила пожежної безпеки на ЗАЕС, навчальний посібник 00.УЦ.ОД.Пс.256