

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
“КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО”

Технологічні об'єкти керування

Навчальний посібник

Рекомендовано Методичною радою КПІ ім. Ігоря Сікорського
як навчальний посібник для здобувачів ступеня бакалавра
за освітньою програмою «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології кібер-
енергетичних систем»
спеціальності 174 «Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка»

Укладачі: І. А. Поліщук, Т. Г. Баган, В. С. Темчур

Електронне мережеве навчальне видання

Київ
КПІ ім. Ігоря Сікорського
2024

УДК 681.5

П50

Укладачі: *Поліщук Ігор Анатолійович*, старший викладач
Баган Тарас Григорович, канд. техн. наук, доцент
Темчур Владислав Сергійович, аспірант

Рецензент: *Соломаха Андрій Сергійович* канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри теплової та альтернативної енергетики, «КПІ ім. Ігоря Сікорського»

Відповідальний редактор: *Любицький Сергій Вікторович*, старший викладач кафедри АЕП, ННІ АТЕ, «КПІ ім. Ігоря Сікорського»

*Гриф надано Методичною радою КПІ ім. Ігоря Сікорського
(протокол № 3 від 09.01.2025 р.)*

*за поданням Вченої ради Навчально-наукового інституту атомної та теплової енергетики
(протокол № 6 від 25.11.2024 р.)*

П50 Технологічні об'єкти керування [Електронний ресурс]: навч. посіб. для здобувачів ступеня бакалавра за освіт. програмою «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології кібер-енергетичних систем» спеціальності 174 «Автоматизація, комп'ютерно-інтегровані технології та робототехніка» / КПІ ім. Ігоря Сікорського; уклад.: І.А. Поліщук, Т.Г. Баган, В.С. Темчур. – Електрон. текст. дані (1 файл: 5,6 МБайт). – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2024. – 126 с.

У навчальному посібнику викладено відомості про основні технологічні об'єкти керування, знання про які необхідні для подальшої їх автоматизації. Посібник містить мнемосхеми процесів, опис принципів роботи таких об'єктів, приділено увагу значенням технологічних параметрів, наведено перелік контурів регулювання для кожного об'єкту.

УДК 681.5

Реєстр. № 21/22-695. Обсяг 5,73 авт. арк.

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»
проспект Берестейський, 37, м. Київ, 03056
<https://kpi.ua>

Свідоцтво про внесення до Державного реєстру видавців, виготовлювачів і розповсюджувачів видавничої продукції ДК № 5354 від 25.05.2017 р.

© КПІ ім. Ігоря Сікорського 2024

Зміст

ВСТУП	8
1 ОСНОВИ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ОБ'ЄКТІВ КЕРУВАННЯ.....	10
2 ГАЗОВИЙ КОТЕЛ Е-25.....	13
2.1 Принцип роботи	13
2.2 Контури автоматичного регулювання	15
2.3 Технологічні захисти	15
2.4 Технологічні блокування.....	18
2.5 Контрольні запитання	18
3 КОТЕЛ НА ДЕРЕВНІЙ ТРІСЦІ.....	19
3.1 Принцип роботи	19
3.2 Контури автоматичного регулювання	22
3.3 Технологічні захисти	23
3.4 Технологічні блокування.....	24
3.5 Контрольні запитання	25
4 КОТЕЛ НА ЛУШПИННІ СОНЯШНИКА.....	26
4.1 Принцип роботи	27
4.2 Контури автоматичного регулювання	30
4.3 Технологічні захисти	30
4.4 Технологічні блокування.....	32
4.5 Контрольні запитання	33
5 ВОДОГРІЙНИЙ КОТЕЛ ПТВМ-100.....	35
5.1 Принцип роботи	36
5.2 Контури автоматичного регулювання	37
5.3 Технологічні захисти	37

5.4	Технологічні блокування.....	39
5.5	Контрольні запитання	39
6	БОЙЛЕРНА СМІТТЄСПАЛЮВАЛЬНОГО ЗАВОДУ	40
6.1	Принцип роботи	41
6.2	Контури автоматичного регулювання	42
6.3	Технологічні захисти	43
6.4	Технологічні блокування.....	44
6.5	Контрольні запитання	45
7	КИСЛОТНЕ ГОСПОДАРСТВО ПІДЖИВЛЕННЯ ТЕПЛОМЕРЕЖІ	46
7.1	Принцип роботи	46
7.2	Контури автоматичного регулювання	49
7.3	Технологічні захисти	49
7.4	Технологічні блокування.....	50
7.5	Контрольні запитання	50
8	ТУРБІНА Т-100.....	51
8.1	Принцип роботи	52
8.2	Контури автоматичного регулювання	53
8.3	Технологічні захисти	54
8.4	Технологічні блокування.....	56
8.5	Контрольні запитання	56
9	ТУРБОГЕНЕРАТОР	57
9.1	Принцип роботи	57
9.2	Контури автоматичного регулювання	59
9.3	Технологічні захисти	59
9.4	Технологічні блокування.....	60
9.5	Контрольні запитання	61

10	ГАЗОПЕРЕКАЧУВАЛЬНИЙ АГРЕГАТ ГТК-10.....	62
10.1	Принцип роботи	62
10.2	Контури автоматичного регулювання	65
10.3	Технологічні захисти	65
10.4	Технологічні блокування.....	66
10.5	Контрольні запитання	66
11	КОМПРЕСОРНА СТАНЦІЯ	67
11.1	Принцип роботи	68
11.2	Контури автоматичного регулювання	69
11.3	Технологічні захисти	69
11.4	Технологічні блокування.....	70
11.5	Контрольні запитання	70
12	ХОЛОДИЛЬНА СТАНЦІЯ ЗАВОДУ З ВИРОБНИЦТВА ЛІНОЛЕУМУ	71
12.1	Принцип роботи	72
12.2	Контури автоматичного регулювання	76
12.3	Технологічні захисти	77
12.4	Технологічні блокування.....	78
12.5	Контрольні запитання	79
13	ЕЛЕВАТОР	80
13.1	Принцип роботи	81
13.2	Контури автоматичного регулювання	82
13.3	Технологічні захисти	82
13.4	Технологічні блокування.....	83
13.5	Контрольні запитання	83
14	ПРИПЛИВНО-ВИТЯЖНА СИСТЕМА З ПЛАСТИНЧАСТИМ РЕКУПЕРАТОРОМ.....	84

14.1	Принцип роботи	85
14.2	Контури автоматичного регулювання	86
14.3	Технологічні захисти	87
14.4	Технологічні блокування.....	87
14.5	Контрольні запитання	88
15	ПРИПЛИВНО-ВИТЯЖНА СИСТЕМА З РОТОРНИМ РЕКУПЕРАТОРОМ ...	89
15.1	Принцип роботи	90
15.2	Контури автоматичного регулювання	91
15.3	Технологічні захисти	92
15.4	Технологічні блокування.....	92
15.5	Контрольні запитання	93
16	ПРИПЛИВНО-ВИТЯЖНА СИСТЕМА З РЕЦИРКУЛЯЦІЄЮ	94
16.1	Принцип роботи	95
16.2	Контури автоматичного регулювання	95
16.3	Технологічні захисти	96
16.4	Технологічні блокування.....	97
16.5	Контрольні запитання	97
17	ВЕНТИЛЯЦІЙНА СИСТЕМА КОВЗАНКИ З ОСУШУВАЧЕМ	98
17.1	Принцип роботи	99
17.2	Контури автоматичного регулювання	101
17.3	Технологічні захисти	102
17.4	Технологічні блокування.....	103
17.5	Контрольні запитання	103
18	ХОЛОДИЛЬНА МАШИНА ДЛЯ ОХОЛОДЖЕННЯ КОВЗАНКИ.....	104
18.1	Принцип роботи	105
18.2	Контури автоматичного регулювання	106

18.3 Технологічні захисти	107
18.4 Технологічні блокування.....	108
18.5 Контрольні запитання	108
19 ХОЛОДИЛЬНА МАШИНА З РЕКУПЕРАЦІЄЮ ТЕПЛА	109
19.1 Принцип роботи	109
19.2 Контури автоматичного регулювання	110
19.3 Технологічні захисти	111
19.4 Технологічні блокування.....	112
19.5 Контрольні запитання	112
20 ХОЛОДОПОСТАЧАННЯ БІЗНЕС-ЦЕНТРУ	114
20.1 Принцип роботи	114
20.2 Контури автоматичного регулювання	116
20.3 Технологічні захисти	116
20.4 Технологічні блокування.....	118
20.5 Контрольні запитання	119
21 ТЕПЛОПУНКТ.....	120
21.1 Принцип роботи	121
21.2 Контури автоматичного регулювання	122
21.3 Технологічні захисти	122
21.4 Технологічні блокування.....	123
21.5 Контрольні запитання	124
ПЕРЕЛІК ЛІТЕРАТУРИ.....	125

ВСТУП

Автоматизація починається зі знання технології та об'єктів керування в цілому. У загальному випадку термін "об'єкт керування" означає будь-яку систему, в якій протікає керований процес. Тобто спершу є такі поняття як технологічний процес, агрегат або комплекс, призначений для здійснення впливу на сировину, матеріали для отримання продукту чи напівпродукту. Під технологічним процесом розуміють сукупність технологічних операцій, що проводяться над початковою сировиною в одному або декількох агрегатах, метою яких є отримання продукту з заданими властивостями. Зазвичай з метою переробки речовин і отримання цільових продуктів з цих агрегатів komponують складні технологічні схеми. Технологічний процес, реалізований на відповідному технологічному устаткуванні, називають технологічним об'єктом керування (ТОК). Таким чином, в якості ТОК може бути окремий апарат, агрегат, установка, відділення, цех, виробництво, підприємство.

Основна задача керування об'єктом полягає в тому, щоб, виходячи з мети автоматизації, критерію керування і фізичної природи об'єкта якомога точніше визначити і синтезувати алгоритм керування та технічні засоби для реалізації цієї мети. Об'єкт керування можна розглядати як систему, у якій необхідно керувати матеріальними, енергетичними і (або) інформаційними потоками, просторовими координатами, кількістю і якістю цих потоків для досягнення мети функціонування. При цьому необхідно сформулювати керуючі дії, які компенсують небажані відхилення від обраного режиму роботи. Зрозуміло, що об'єкти можуть бути різної природи, мають різне призначення, виконувати різні функції. В той же час система керування створюється саме для об'єкта, тому його властивості визначають основні характеристики системи керування її структуру, функції, показники стійкості та якості. Таким чином, саме об'єкт визначає призначення системи керування.

Техніко-економічне обстеження об'єкта керування є першим і необхідним етапом розробки проєкту системи автоматичного керування. Розгляд і аналіз особливостей технологічних об'єктів керування є обов'язковою початковою

стадією математичного моделювання технологічних об'єктів і систем, на основі якого здійснюється синтез систем автоматичного регулювання та керування цими об'єктами та процесами.

Найпростіші об'єкти керування мають одну вихідну величину і відповідно один вхідний вплив. До простих можна віднести також технологічні установки з декількома вхідними і вихідними координатами, якщо між цими координатами не існує функціональних взаємозв'язків. Такий ТОК можна розглядати як декілька найпростіших за відповідними параметрами і каналами вхідних впливів. Складні об'єкти керування з декількома взаємозалежними структурами вхідних і вихідних координат вимагають врахування взаємного впливу суміжних впливів і параметрів. При невеликій кількості взаємозалежних координат зазвичай вдається установити головні для даного процесу параметри, яким варто віддати перевагу в процесі регулювання, тоді інші можна розглядати як другорядні (залежні).

Властивості об'єктів суттєво впливають на процес керування, тому під час аналізу роботи автоматичної системи їх потрібно враховувати. До основних властивостей об'єктів керування належать статична і динамічна характеристики, акумулююча здатність, самовирівнювання, запізнення процесу в об'єкті, час розгону об'єкта. Технологічні об'єкти керування сучасних виробництв мають, як правило, кілька можливих каналів керування, які характеризуються різними статичними і динамічними властивостями.

1 ОСНОВИ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ОБ'ЄКТІВ КЕРУВАННЯ

Технологічні об'єкти керування забезпечують виконання різноманітних технологічних процесів, і їх класифікація є важливим етапом для оптимізації управлінських стратегій. Технологічні об'єкти керування класифікуються за різними ознаками [1]:

1. За призначенням:

- Виробничі – призначені для перетворення сировини на готову продукцію (наприклад, металургійні комбінати, хімічні заводи, тощо);
- Енергетичні – призначені для виробництва та розподілу енергії (електростанції, котельні);
- Транспортні – які забезпечують переміщення вантажів і пасажирів (залізниці, автомагістралі);
- Інформаційні – обробляють інформацію (комп'ютери, сервери).

2. За структурою:

- Прості – які складаються з невеликої кількості елементів і мають відносно простий зв'язок між ними;
- Складні – які мають багато елементів і складні взаємозв'язки між ними;
- Розподілені – які складаються з великої кількості елементів, розподілених в просторі.

3. За фізичними процесами:

- Теплові – де основним процесом є теплообмін (котли, печі);
- Масообміні - де відбувається перехід речовини з однієї фази в іншу (дистиляційні колони, абсорбери);
- Механічні – де здійснюють механічне перетворення енергії (двигуни, насоси);
- Електричні – які основані на електромагнітних явищах (електродвигуни, генератори);
- Комбіновані – які поєднують кілька фізичних процесів.

4. За характером керування:

- Автоматичні – де керування здійснюється без участі людини;

- Ручні – де керування здійснюється оператором;
- Автоматизовані – де поєднуються елементи автоматичного та ручного керування.

Контроль технологічних параметрів є невід'ємною частиною керування технологічними об'єктами, оскільки це забезпечує підтримання заданих режимів роботи та гарантує безпечність і ефективність процесів. Технологічні параметри, такі як температура, тиск, витрата та інші, перебувають перед постійним моніторингом для виявлення відхилень від нормальних умов, що може призвести до порушення технологічного процесу або аварійних ситуацій [2-3]. Засоби вимірювання, що використовуються для контролю цих параметрів, поділяються на кілька категорій: механічні, електронні, оптичні та комбіновані [4]. Прикладами приладів для вимірювання технологічних параметрів є: термометри, манометри, датчики тиску, витратоміри та інші.

Сучасні системи використовують автоматизоване вимірювання, яке дозволяє проводити моніторинг у реальному часі і передавати дані на центральні пульти управління [5]. Такі автоматизовані рішення забезпечують не лише підвищення точності вимірювань, але й швидку реакцію на зміни в процесах, що є критично важливим для запобігання аваріям і підвищення загальної продуктивності підприємств.

Для підтримки режимних параметрів ключовими елементами автоматизації технологічних процесів є системи регулювання, які забезпечують стабільність і ефективність роботи систем. Регулювання параметрів, таких як температура, тиск, рівень рідини та витрата, дозволяє досягти оптимальних умов для проведення технологічних процесів [1-2]. Системи регулювання можуть бути простими, заснованими на пропорційних, інтегральних і диференціальних алгоритмах, або складнішими, що включають адаптивні або предиктивні елементи [6]. Вибір відповідної схеми регулювання залежить від специфіки технологічного процесу, вимог до точності та швидкості реакції системи. Впровадження ефективних схем регулювання не лише забезпечує підтримку режимних параметрів, але й дозволяє знижувати витрати на енергію, покращувати якість продукції та підвищувати безпеку технологічних процесів.

Критично важливими елементами безпеки в технологічних об'єктах є системи аварійного захисту та блокування [4-5]. Основною метою цих систем є виявлення небезпечних умов, таких як перевищення допустимих значень режимних параметрів і автоматичне реагування на ці зміни для запобігання аваріям. Системи аварійного захисту включають різноманітні засоби контролю і виявлення, які постійно відслідковують стан технологічного процесу. У разі виявлення аномалій, система активує захисні механізми, які можуть включати автоматичне відключення обладнання, закриття запірних клапанів або активацію аварійних систем охолодження [7-8]. Таке реагування дозволяє запобігти розвитку небезпечних ситуацій, зменшуючи ризик для працівників та навколишнього середовища. Існують різні схеми технологічного захисту, які базуються на використанні різної кількості датчиків для підвищення надійності системи. До них належать схеми “один з одного”, “один з двох”, “два з двох”, “два з трьох”, “два з чотирьох” та “три з трьох”, які дозволяють приймати рішення на основі показань кількох датчиків. Наприклад, у схемі "два з трьох" використовуються три датчики, і захист спрацьовує, якщо два з них зафіксували відхилення. Це підвищує надійність, оскільки зменшує ймовірність хибних спрацювань через збій одного з датчиків.

Крім систем аварійного захист також застосовуються системи блокування, які забезпечують додатковий рівень безпеки, контролюючи доступ до критичних технологічних елементів [9]. Вони можуть запобігати (блокувати) включення або виключення обладнання у випадках, коли не дотриманні певні умови або без відповідного дозволу. Принципи роботи блокувальних систем базуються на використанні механічних або електронних засобів, що гарантують, що зміни в процесах можливі лише за безпечних умов.

Таким чином, використання інтегрованих підходів до контролю, регулювання, захисту та блокування робить технологічні об'єкти керування більш адаптивними до змінних умов, що в свою чергу сприяє підвищенню їх продуктивності, стабільності роботи та зменшенню витрат на експлуатацію.

подається в опускні труби, що проходять через топку, де вона нагрівається до кипіння. В результаті інтенсивного нагріву утворюється насичена пара, яка за рахунок різниці тисків води та пари піднімається в барабан котла. У барабані котла відбувається відокремлення насиченої пари від води. Вода повертається назад у опускні труби для подальшого нагріву, а насичена пара подається у пароперегрівач. У пароперегрівачі насичена пара додатково нагрівається за рахунок контакту з гарячими димовими газами, що утворилися в топці. У результаті температура пари підвищується і насичена пара перетворюється на перегріту пару. Отримана перегріта пара використовується для виробництва електроенергії за допомогою турбогенератора або інших технологічних потреб.

Основні технологічні параметри представлені в Таблиці 2.1.

Таблиця 2.1

Параметр	Значення
Рівень води в барабані котла	-50-50 мм
Тиск пари після пароперегрівача	2,3-2,7 МПа
Розрідження в топці котла	-50 – (-80) Па
Температура пари після пароперегрівача	380-410 °С
Температура пари після 1-го ступеню пароперегрівача	310-350 °С
Температура пари після впрыску	300-330 °С
Тиск пари в барабані котла	2,3-2,7 МПа
Тиск повітря перед пальником	0,4-0,8 кПа
Тиск газу після регулятора тиску газу	5,5-7 кПа
Витрата газу на котел	2000-2400 м ³ /год
Витрата пари після котла	16-25 т/год
Температура димових газів перед водяним економайзером	240-260 °С
Температура димових газів перед димососом	140-160 °С
Температура живильної води перед водяним економайзером	95-110 °С

Параметр	Значення
Температура живильної води після водяного економайзера	175-190 °С
Витрата живильної води	16-25 т/год
Тиск живильної води	2,5-2,9 МПа
Вміст O ₂ в димових газах	3-10 %

2.2 Контури автоматичного регулювання

- **Регулятор розрідження в топці.** Регульованим параметром є розрідження в топці котла. Керуючий сигнал регулятора впливає на частоту обертання димососа.
- **Регулятор співвідношення паливо-повітря.** Регульованим параметром є вміст O₂ у димових газах. Керуючий сигнал регулятора впливає на частоту обертання вентилятора повітря.
- **Регулятор теплового навантаження.** Регульованим параметром є тиск перегрітої пари. Керуючий сигнал регулятора впливає на положення клапана тиску газу.
- **Регулятор температури перегрітої пари.** Регульованим параметром є температура перегрітої пари. Керуючий сигнал регулятора впливає на положення клапана вприску води у пару.
- **Регулятор живлення котла.** Регульованим параметром є рівень води у барабані котла. Керуючий сигнал регулятора впливає на положення клапана живильної води.
- **Регулятор безперервної продувки.** Регульованим параметром є солевміст у воді. Керуючий сигнал регулятора впливає на положення клапана безперервної продувки.

2.3 Технологічні захисти

- ❗ **Високий рівень води в барабані.** Умовою спрацювання технологічного захисту є перевищення рівня води в барабані більше, ніж на 200 мм від

середньої позначки барабана. Для захисту застосовується схема “два з трьох”. Захист активується на номінальному режимі роботи котла. При спрацюванні захисту виконується аварійна зупинка котла.

① **Низький рівень води в барабані.** Умовою спрацювання технологічного захисту є зниження рівня води в барабані більше, ніж на 200 мм від середньої позначки барабана. Для захисту застосовується схема “два з трьох”. Захист активується на номінальному режимі роботи котла. При спрацюванні захисту виконується аварійна зупинка котла.

① **Висока температура перегрітої пари.** Умовою спрацювання технологічного захисту є перевищення температури пари після пароперегрівача понад 420 °С. Для захисту застосовується схема “два з трьох”. Захист активується на номінальному режимі роботи котла. При спрацюванні захисту виконується аварійна зупинка котла.

① **Низька температура перегрітої пари.** Умовою спрацювання технологічного захисту є зниження температури пари після пароперегрівача нижче 350 °С. Для захисту застосовується схема “два з трьох”. Захист активується на номінальному режимі роботи котла. При спрацюванні захисту виконується аварійна зупинка котла.

① **Високий тиск пари в барабані.** Умовою спрацювання технологічного захисту є перевищення тиску пари в барабані котла понад 3,0 МПа. Для захисту застосовується схема “два з трьох”. Захист активується на номінальному режимі роботи котла. При спрацюванні захисту виконується аварійна зупинка котла.

① **Низьке розрідження в топці котла.** Умовою спрацювання технологічного захисту є розрідження в топці котла понад -20 Па. Для захисту застосовується схема “один з двох”. Захист активується після увімкнення димососу. При спрацюванні захисту виконується аварійна зупинка котла.

① **Високий тиск газу після регулятора тиску.** Умовою спрацювання технологічного захисту є перевищення тиску газу після регулятора тиску понад 10 кПа. Для захисту застосовується схема “один з одного”. Захист

активується після розпалу котла. При спрацюванні захисту виконується аварійна зупинка котла.

① **Низький тиск газу після регулятора тиску.** Умовою спрацювання технологічного захисту є зниження тиску газу після регулятора тиску нижче 5 кПа. Для захисту застосовується схема “один з одного”. Захист активується після розпалу котла. При спрацюванні захисту виконується аварійна зупинка котла.

① **Низький тиск повітря перед пальником.** Умовою спрацювання технологічного захисту є зниження тиску повітря перед пальником нижче 0,3 кПа. Для захисту застосовується схема “один з одного”. Захист активується після розпалу котла. При спрацюванні захисту виконується аварійна зупинка котла.

① **Низький тиск живильної води.** Умовою спрацювання технологічного захисту є зниження тиску живильної води нижче 2,2 МПа. Для захисту застосовується схема “один з одного”. Захист активується на номінальному режимі роботи котла. При спрацюванні захисту виконується аварійна зупинка котла.

① **Зупинка димососу.** Умовою спрацювання технологічного захисту є вимкнення димососу ДН під час роботи котла. Захист активується після увімкнення димососу. При спрацюванні захисту виконується аварійна зупинка котла.

① **Зупинка вентилятора повітря.** Умовою спрацювання технологічного захисту є вимкнення вентилятора повітря ВП під час роботи котла. Захист активується після увімкнення вентилятора повітря. При спрацюванні захисту виконується аварійна зупинка котла.

① **Загасання полум'я.** Умовою спрацювання технологічного захисту є зникнення сигналу контролю полум'я під час роботи котла. Захист активується під час розпалу котла. При спрацюванні захисту виконується аварійна зупинка котла.

⚠ **Натиснення кнопок аварійного зупину.** Умовою спрацювання технологічного захисту є натискання будь-якої кнопки аварійного зупину. Захист активовано постійно. При спрацюванні захисту виконується аварійна зупинка котла.

2.4 Технологічні блокування

- 🔒 Блокування увімкнення вентилятора повітря ВП, якщо не увімкнено димосос ДН.
- 🔒 Блокування відкриття клапану подачі газу, якщо не увімкнено вентилятор повітря ВП.
- 🔒 Блокування запуску окремого двигуна (димососу, вентилятора повітря, тощо), якщо для нього відсутній сигнал готовності.

2.5 Контрольні запитання

- 1) Які процеси відбуваються у барабані котла і як утворюється насичена пара?
- 2) Яку роль відіграє пароперегрівач у системі, і як змінюються властивості пари після нього?
- 3) Який параметр контролює регулятор розрідження в топці котла, і на який виконавчий механізм він впливає?
- 4) Як працює регулятор співвідношення паливо-повітря, і чому важливо контролювати вміст O_2 у димових газах для ефективного горіння?
- 5) Яким чином регулюється температура перегрітої пари?
- 6) Яка умова спрацювання технологічного захисту при високому рівні води в барабані, яка передбачається реакція системи?
- 7) Які блокування передбачені для безпечного функціонування котла?

3 КОТЕЛ НА ДЕРЕВНІЙ ТРІСЦІ

Промисловий котел на деревній трісці дозволяє максимально використовувати відходи деревообробного виробництва та деревину як відновлювального джерела енергії для виробництва перегрітої пари, яка в свою чергу використовується для виробництва електроенергії. Шляхом автоматичного контролю над процесом горіння, подачею палива та регулюванням температури, досягається оптимальний режим роботи котла, що сприяє зниженню витрат палива. Крім того, однією з найважливіших переваг автоматизації котла на деревній трісці є забезпечення необхідних екологічних норм, зменшення викидів шкідливих речовин та твердих часток у повітря, що сприяє у боротьбі зі зміною клімату.

Мнемосхема, що зображує принцип роботи обладнання, а також основні технологічні параметри, наведена на Рисунку 3.1.

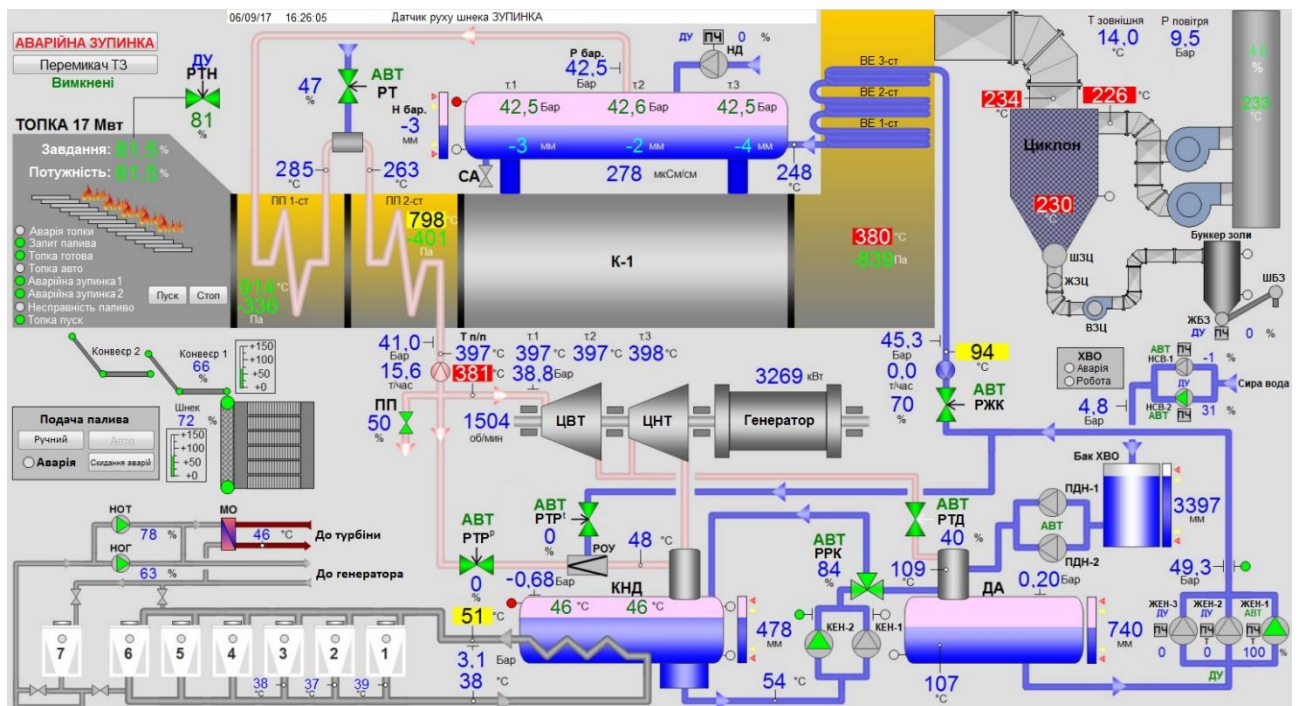


Рисунок 3.1 – Технологічна схема котла на деревній трісці

3.1 Принцип роботи

Котел, що працює на деревній трісці має складну систему подачі палива. Спочатку деревина потрапляє в дробильну установку, де подрібнюється до стану

трісок. Тріска від дробильної установки подається на систему конвеєрів, які перенаправляють її на рухому підлогу або для зберігання у спеціальному сховищі. Рухома підлога – це система горизонтальних транспортерів, які переміщують тріску до шнека. В свою чергу, за допомогою шнека тріска зсипається на систему конвеєрів, що використовуються для наповнення бункера палива топки. Рухома підлога дає можливість подавати тріску у котел як із системи конвеєрів так і з автонавантажувача, який підвозить її зі сховища.

З бункера палива топки деревна тріска потрапляє на решітки топки де згорає, виділяючи при цьому димові гази, які потрапляють в паровий котел-утилізатор. У котлі-утилізаторі за рахунок теплоти димових газів відбувається нагрів живильної води, яка перетворюється на пару. В свою чергу перегріта пара надходить на турбіну, де відбувається перетворення енергії пари в механічну енергію обертання. На одному валу із турбіною знаходиться генератор, який виробляє електричну енергію.

Основні технологічні параметри представлені в Таблиці 3.1.

Таблиця 3.1

Параметр	Значення
Температура перегрітої пари д. 1 (2, 3)	390-410 °C
Температура живильної води	95-105 °C
Температура води після водяного економайзера	235-250 °C
Температура пари після 1-го ступеню пароперегрівача	280-290 °C
Температура пари після впрыску	260-270 °C
Температура води після конденсатора	50-70 °C
Температура пари в деаераторі	100-115 °C
Температура води у деаераторі	95-110 °C
Температура холодоносія до конденсатора	25-40 °C
Температура холодоносія після конденсатора	45-55 °C
Температура пари після редуційно-охолоджуючої установки (РОУ)	45-60 °C
Температура димових газів перед пароперегрівачем	900-950 °C

Параметр	Значення
Температура димових газів після пароперегрівача	750-800 °С
Температура димових газів перед водяним економайзером	320-350 °С
Температура димових газів перед циклоном	190-200 °С
Температура димових газів після циклона	170-180 °С
Температура димових газів в циклоні	180-190 °С
Температура води в конденсаторі т.1 (2)	45-55 °С
Паропродуктивність котла	15-16 т/год
Витрата живильної води	15-16 т/год
Тиск пари в барабані котла т. 1 (2, 3)	42-43 Бар
Тиск перегрітої пари	40-42 Бар
Тиск живильної води	47-49 Бар
Тиск води перед водяним економайзером	44-46 Бар
Тиск сирої води	4-6 Бар
Тиск пари в деаeratorі	0,2-0,4 Бар
Тиск в конденсаторі	-0,6-(-0,8) Бар
Тиск холодоносія конденсатора	3-3,5 Бар
Тиск стиснутого повітря	9-11 Бар
Розрідження димових газів перед пароперегрівачем	-300-(-350) Па
Розрідження димових газів після пароперегрівача	-400-(-450) Па
Розрідження димових газів перед водяним економайзером	-800-(-900) Па
Вміст O ₂ в димових газах	3-10 %
Рівень в конденсаторі	450-550 мм
Рівень води в барабані т. 1 (2, 3)	-30-30 мм
Рівень води в деаeratorі	700-1100 мм
Рівень в баці хімводоочистки (ХВО)	3200-3600 мм

3.2 Контури автоматичного регулювання

- **Регулятор теплового навантаження.** Регульованим параметром є тиск перегрітої пари. Керуючий сигнал регулятора впливає на завдання потужності топки котла (автоматизована система керування топкою котла є окремою системою).
- **Регулятор розрідження в топці.** Регульованим параметром є розрідження в топці котла. Керуючий сигнал регулятора впливає на частоту обертання димососа.
- **Регулятор співвідношення паливо-повітря.** Регульованим параметром є вміст O_2 у димових газах. Керуючий сигнал регулятора впливає на частоту обертання вентилятора вторинного повітря.
- **Регулятор температури перегрітої пари.** Регульованим параметром є температура перегрітої пари. Керуючий сигнал регулятора впливає на положення клапана вприску води у пару.
- **Регулятор живлення котла.** Регульованим параметром є рівень води у барабані котла. Керуючий сигнал регулятора впливає на положення клапана живильної води.
- **Регулятор тиску РОУ.** Регульованим параметром є тиск перегрітої пари перед РОУ. Керуючий сигнал регулятора впливає на положення клапана тиску РОУ.
- **Регулятор температури РОУ.** Регульованим параметром є температура пари після РОУ. Керуючий сигнал регулятора впливає на положення клапана температури РОУ.
- **Регулятор тиску деаератора.** Регульованим параметром є тиск пари в деаераторі. Керуючий сигнал регулятора впливає на положення клапана тиску в деаераторі.
- **Регулятор тиску живильної води.** Регульованим параметром є тиск живильної води. Керуючий сигнал регулятора впливає на частоту обертання живильного насоса.

- **Регулятор тиску сирії води.** Регульованим параметром є тиск сирії води. Керуючий сигнал регулятора впливає на частоту обертання насосу сирії води.
- **Регулятор рівня в конденсаторі.** Регульованим параметром є рівень в конденсаторі. Керуючий сигнал регулятора впливає на положення клапана рівня в конденсаторі.

3.3 Технологічні захисти

- ① **Високий рівень води в барабані.** Умовою спрацювання технологічного захисту є перевищення рівня води в барабані більше, ніж на 250 мм від середньої позначки барабана. Для захисту застосовується схема “два з трьох”. Захист активується на номінальному режимі роботи котла. При спрацюванні захисту виконується аварійна зупинка котла.
- ① **Низький рівень води в барабані.** Умовою спрацювання технологічного захисту є зниження рівня води в барабані більше, ніж на 250 мм від середньої позначки барабана. Для захисту застосовується схема “два з трьох”. Захист активується на номінальному режимі роботи котла. При спрацюванні захисту виконується аварійна зупинка котла.
- ① **Висока температура перегрітої пари.** Умовою спрацювання технологічного захисту є перевищення температури пари після пароперегрівача понад 450 °С. Для захисту застосовується схема “два з трьох”. Захист активується на номінальному режимі роботи котла. При спрацюванні захисту виконується аварійна зупинка котла.
- ① **Низька температура перегрітої пари.** Умовою спрацювання технологічного захисту є зниження температури пари після пароперегрівача нижче 310 °С. Для захисту застосовується схема “два з трьох”. Захист активується на номінальному режимі роботи котла. При спрацюванні захисту виконується аварійна зупинка котла.
- ① **Високий тиск пари в барабані.** Умовою спрацювання технологічного захисту є перевищення тиску пари в барабані котла понад 46 Бар. Для

захисту застосовується схема “два з трьох”. Захист активується на номінальному режимі роботи котла. При спрацюванні захисту виконується аварійна зупинка котла.

❗ **Низьке розрідження димових газів перед пароперегрівачем.** Умовою спрацювання технологічного захисту є розрідження димових газів перед пароперегрівачем -150 Па. Для захисту застосовується схема “один з двох”. Захист активується після увімкнення димососу. При спрацюванні захисту виконується аварійна зупинка котла.

❗ **Натиснення кнопок аварійного зупину.** Умовою спрацювання технологічного захисту є натискання будь-якої кнопки аварійного зупину. Захист активовано постійно. При спрацюванні захисту виконується аварійна зупинка котла.

3.4 Технологічні блокування

- 🔒 Блокування увімкнення підйомних насосів ПДН1-ПДН2, якщо рівень води в баці ХВО менше 200 мм.
- 🔒 Блокування увімкнення системи рухомої підлоги, якщо не увімкнено шнек тріски ШТ.
- 🔒 Блокування увімкнення шнеку тріски ШТ, якщо не увімкнено конвеєр тріски КТ-1.
- 🔒 Блокування увімкнення конвеєра тріски КТ-1, якщо не увімкнено конвеєр тріски КТ-2.
- 🔒 Блокування увімкнення живильника золи циклона ЖЗЦ, якщо не увімкнено вентилятор золи циклона ВЗЦ.
- 🔒 Блокування увімкнення шнека золи циклона ШЗЦ, якщо не увімкнено живильник золи циклона ЖЗЦ.
- 🔒 Блокування увімкнення живильника бункера золи ЖБЗ, якщо не увімкнено шнек бункера золи ШБЗ.
- 🔒 Блокування запуску окремого двигуна (насоса, вентилятора, конвеєра тощо), якщо для нього відсутній сигнал готовності.

3.5 Контрольні запитання

- 1) Як відбувається подача деревної тріски до топки котла, і яку роль у цьому процесі відіграє система рухомої підлоги?
- 2) Який параметр контролює регулятор теплового навантаження і на що він впливає?
- 3) Які основні функції автоматизації процесу горіння в котлі на деревній трісці і як це впливає на екологічні показники системи?
- 4) Яким чином автоматизована система керує температурою пари після РОУ?
- 5) На який виконавчий механізм впливає регулятор живлення котла?
- 6) Яке значення рівня води в барабані є критичним для спрацювання захисту від високого чи низького рівня води і за якого режиму роботи котла застосовується?
- 7) Для яких технологічних захистів котла на деревній трісці застосовується схема захисту "два з трьох"?
- 8) Які блокування впливають на запуск підйомних насосів і рухомої підлоги?

4 КОТЕЛ НА ЛУШПИННІ СОНЯШНИКА

Україна є одним із світових лідерів з виробництва соняшника і соняшникової олії. Відходи виробництва, а саме лушпиння соняшника, може використовуватися як біопаливо для різних виробництв, в тому числі і для роботи парових котлів.

Рослинні відходи суттєво відрізняються за хімічними властивостями від традиційних видів палива. Тому при розробці топкового пристрою необхідно враховувати ці особливості. Спалювання на колосникових ґратах топок у щільному шарі дрібні матеріали такі, наприклад, як лушпиння соняшника є складною задачею. При цьому неминучі великі втрати тепла з невиворілим паливом. Рослинні відходи, порівняно з іншими видами твердих палив, характеризуються підвищеним вмістом кисню, малою зольністю та підвищеним виходом шкідливих газів. Крім того соняшникове лушпиння містить у своєму складі лужні метали, які при температурі вище 1100–1200 °С утворюють міцні відкладення на стінках топки та трубах конвективного пучка. Це призводить до зменшення коефіцієнту теплопередачі і ефективності котла. Тому для котлів на лушпинні соняшника повинні бути передбачені додаткові системи обдуву поверхонь нагріву та золовидалення, які вмикаються періодично і очищують поверхні в середині топки.

Мнемосхема, що зображує принцип роботи обладнання, а також основні технологічні параметри, наведена на Рисунку 4.1.

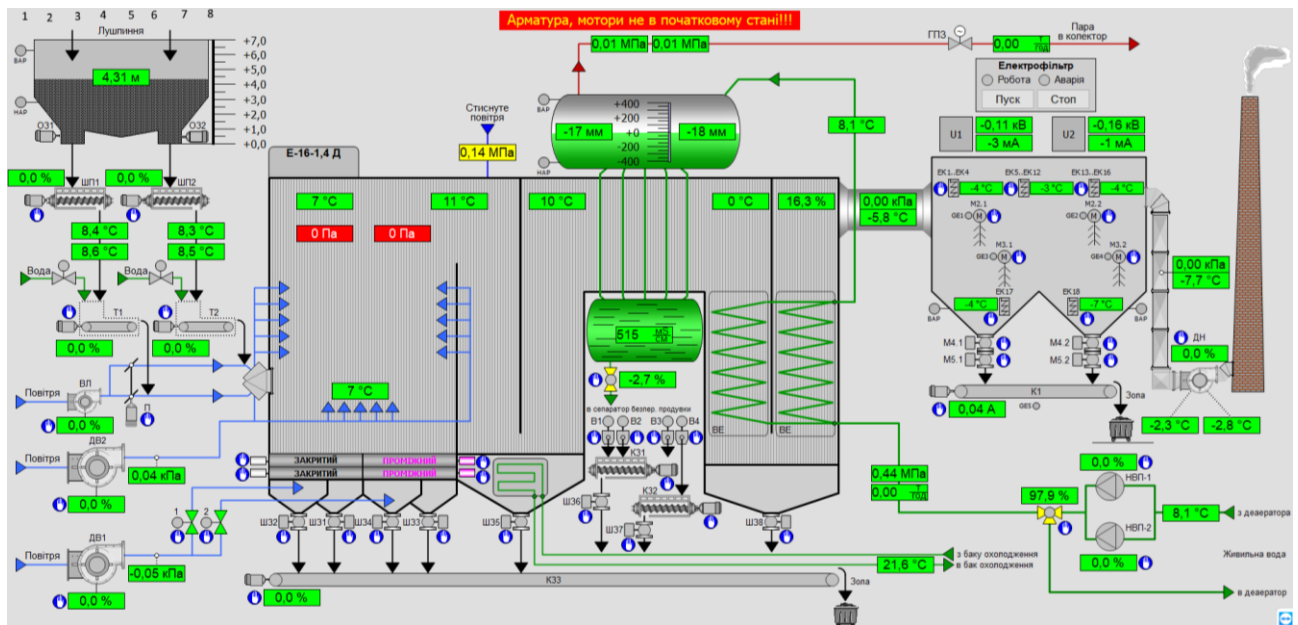


Рисунок 4.1 – Технологічна схема котла на лушпинні соняшника

4.1 Принцип роботи

Лушпиння соняшника, яке є паливом для котла, поступає на шнеки подачі ШП1 та ШП2 з бункера накопичувача через засувки ОЗ1 та ОЗ2. Після шнеків лушпиння поступає на транспортери Т1 та Т2, які в свою чергу переміщують його до вентилятора лушпиння ВЛ. Завдяки вентилятору лушпиння потрапляє в топку для спалювання. Вентилятор лушпиння подає постійний потік повітря, яке поступає на пульсатор П. Функція пульсатора полягає у тому, що потік повітря від вентилятора лушпиння періодично перекривається у трубопроводі подачі палива за рахунок закриття/відкриття шиберу під'єданого до пульсатора. Це створює різницю тисків повітря, яка необхідна для вдування лушпиння в топку та запобіганню осіданню лушпиння на стінках трубопроводу. Для регулювання швидкості подачі палива використовуються перетворювачі частоти, які впливають на швидкість обертання двигунів ШП1, ШП2, Т1, Т2 та ВЛ. При чому коефіцієнти співвідношення швидкостей обертання між цими механізмами є сталими і обираються у процесі введення котла в експлуатацію. Швидкість подачі палива змінюється в залежності від зміни теплового навантаження котла.

Для забезпечення згоряння лушпиння в топку котла подається повітря за допомогою вентиляторів первинного повітря ДВ1 та вторинного повітря ДВ2. Продуктивність вентиляторів первинного і вторинного повітря змінюється за

допомогою відповідних перетворювачів частоти. Частота обертання вентилятора первинного повітря залежить від теплового навантаження котла. В свою чергу, частота обертання вентилятора вторинного повітря залежить від вмісту кисню в димових газах (коефіцієнту надлишку повітря). Для забезпечення ефективного спалювання палива і дотримання певних екологічних норм необхідно підтримувати задане значення коефіцієнту надлишку повітря.

Щоб забезпечити видалення продуктів згоряння (димових газів) з топки котла та їх подальшого транспортування через димохід використовується димосос ДН. Димосос створює необхідну тягу, що сприяє безпечному відведенню відпрацьованих газів з котла і підтримує стабільний процес горіння.

Живлення котла водою відбувається за рахунок живильних насосів НВП-1 та НВП-2. Живильна вода подається в барабан котла після попереднього нагрівання у водяному економайзері ВЕ. Процес пароутворення і сепарації насиченої пари у барабані котла аналогічний іншим типам котлів барабанного типу. Пара з барабана по паропроводу подається на виробництво.

В результаті згоряння лушпиння в топці утворюються зола, яка осідає на колосникових решітках. З цих решіток зола періодично зсипається через шнеки золи ШЗ1-ШЗ-8 на конвеєри золи КЗ2 та КЗ3 і видаляється з топки. Найменші частки золи, які не були видалені із димових газів виловлюються за допомогою електрофільтра і за допомогою конвеєра кози КЗ1 видаляються.

Для періодичного очищення поверхонь котла від сажі використовується система обдування. Видалення сажі відбувається за допомогою стиснутого повітря і клапанів обдуву.

Основні технологічні параметри представлені в Таблиці 4.1.

Таблиця 4.1

Параметр	Значення
Рівень лушпиння в бункері	0-7 м
Тиск первинного повітря	0,1-0,3 кПа
Тиск вторинного повітря	0,3-0,5 кПа

Параметр	Значення
Тиск стиснутого повітря	0,8-1,2 МПа
Концентрація кисню в топці	3-20%
Витрата пари з котла	12-16 т/год
Витрата води на котел	12-16 т/год
Тиск води після живильних насосів	1,4-1,6 МПа
Температура в тракті подачі лушпиння	0-25 °С
Температура димових газів у верхній частині топки д.1	750-850°С
Температура димових газів у верхній частині топки д.2	750-850°С
Температура димових газів у верхній частині топки д.3	500-580°С
Температура димових газів перед водяним економайзером	280-320°С
Температура димових газів перед електрофільтром	140-180°С
Температура живильної води	60-90°С
Температура води після економайзера	140-180°С
Температура димових газів перед димососом	120-150°С
Тиск пари в барабані	1,3-1,6 МПа
Рівень води в барабані	-50-50 мм
Солевміст води	5000-6000мS/см
Розрідження перед димососом	0,5-0,7 кПа
Розрідження перед електрофільтром	0,4-0,6 кПа

4.2 Контури автоматичного регулювання

- **Регулятор теплового навантаження.** Регульованим параметром є тиск пари в барабані. Керуючий сигнал регулятора впливає частоту обертання шнеків ШП1, ШП2. Частота обертання приводів транспортерів лушпиння Т1 і Т2, частота обертання приводу заслінок пульсатора П і частота обертання вентиляторів лушпиння ВЛ та первинного повітря ДВ1 є функцією від швидкості обертання шнеків подачі лушпиння ШП1 і ШП2 і задана в табличній формі.
- **Регулятор розрідження в топці.** Регульованим параметром є розрідження в топці котла. Керуючий сигнал регулятора впливає на частоту обертання димососа ДН.
- **Регулятор співвідношення паливо-повітря.** Регульованим параметром є вміст O_2 у димових газах. Керуючий сигнал регулятора впливає на частоту обертання вентилятора вторинного повітря ДВ2.
- **Регулятор живлення котла.** Регульованим параметром є рівень води у барабані котла. Регулятор живлення котла використовує додаткові сигнали витрати пари та витрати живильної води, які вводяться з відповідними коефіцієнтами на вхід регулятора. Це дозволяє компенсувати швидко зміну витрати пари. Керуючий сигнал регулятора впливає на положення клапана живильної води.
- **Регулятор солевмісту в барабані.** Регульованим параметром є солевміст води. Керуючий сигнал регулятора впливає на положення клапана безперервної продувки.

4.3 Технологічні захисти

- ① **Високий рівень води в барабані.** Умовою спрацювання технологічного захисту є перевищення рівня води в барабані більше, ніж на 200 мм від середньої позначки барабана. Для захисту застосовується схема “один з двох”. Захист активується на номінальному режимі роботи котла. При спрацюванні захисту виконується аварійна зупинка котла.

- ❗ **Низький рівень води в барабані.** Умовою спрацювання технологічного захисту є зниження рівня води в барабані більше, ніж на 200 мм від середньої позначки барабана. Для захисту застосовується схема “один з двох”. Захист активується на номінальному режимі роботи котла. При спрацюванні захисту виконується аварійна зупинка котла.
- ❗ **Низьке розрідження в топці котла.** Умовою спрацювання технологічного захисту є розрідження в топці котла понад -50 Па. Для захисту застосовується схема “один з двох”. Захист активується після увімкнення димососу. При спрацюванні захисту виконується аварійна зупинка котла.
- ❗ **Зупинка димососу.** Умовою спрацювання технологічного захисту є вимкнення димососу ДН під час роботи котла. Захист активується після увімкнення димососу. При спрацюванні захисту виконується аварійна зупинка котла.
- ❗ **Зупинка вентилятора первинного повітря.** Умовою спрацювання технологічного захисту є вимкнення вентилятора первинного повітря ДВ1 під час роботи котла. Захист активується після увімкнення вентилятора первинного повітря. При спрацюванні захисту виконується аварійна зупинка котла.
- ❗ **Зупинка вентилятора вторинного повітря.** Умовою спрацювання технологічного захисту є вимкнення вентилятора вторинного повітря ДВ2 під час роботи котла. Захист активується після увімкнення вентилятора вторинного повітря. При спрацюванні захисту виконується аварійна зупинка котла.
- ❗ **Зупинка вентилятора подачі лушпиння.** Умовою спрацювання технологічного захисту є вимкнення вентилятора подачі лушпиння ВЛ під час роботи котла. Захист активується після увімкнення вентилятора подачі лушпиння повітря. При спрацюванні захисту виконується аварійна зупинка котла.

- ❗ **Зупинка транспортерів лушпиння.** Умовою спрацювання технологічного захисту є вимкнення транспортерів лушпиння Т1-Т2 і не відновлення їх роботи протягом заданого часу під час роботи котла. Захист активується після увімкнення транспортерів лушпиння. При спрацюванні захисту виконується аварійна зупинка котла.
- ❗ **Зупинка шнеків подачі лушпиння.** Умовою спрацювання технологічного захисту є вимкнення шнеків подачі лушпиння ШП1-ШП-2 і не відновлення їх роботи протягом заданого часу під час роботи котла. Захист активується після увімкнення шнеків подачі лушпиння. При спрацюванні захисту виконується аварійна зупинка котла.
- ❗ **Зупинка приводу заслінок пульсатора.** Умовою спрацювання технологічного захисту є вимкнення приводу заслінок пульсатора П під час роботи котла. Захист активується після увімкнення приводу заслінок пульсатора. При спрацюванні захисту виконується аварійна зупинка котла.
- ❗ **Зупинка конвеєра золи.** Умовою спрацювання технологічного захисту є вимкнення конвеєра золи КЗЗ і не відновлення його роботи протягом заданого часу під час роботи котла. Захист активується під час роботи системи золовидалення. При спрацюванні захисту виконується аварійна зупинка котла.
- ❗ **Натиснення кнопок аварійного зупину.** Умовою спрацювання технологічного захисту є натискання будь-якої кнопки аварійного зупину. Захист активовано постійно. При спрацюванні захисту виконується аварійна зупинка котла.

4.4 Технологічні блокування

- 🔒 Блокування запуску шлюзових затворів золовидалення ШЗ1-ШЗ8, якщо не запущено конвеєр золовидалення КЗЗ.
- 🔒 Блокування запуску конвеєрів золовидалення КЗ1 і КЗ2, якщо не запущено конвеєр золовидалення КЗЗ.

- ❏ Блокування запуску вентилятора первинного повітря ДВ1, якщо не запущено димосос ДН.
- ❏ Блокування запуску вентилятора вторинного повітря ДВ2, якщо не запущено вентилятор первинного повітря ДВ1.
- ❏ Блокування запуску приводу заслінок пульсатора П, якщо не запущено вентилятор вторинного повітря ДВ2.
- ❏ Блокування запуску вентилятора подачі лушпиння ВЛ, якщо не запущено привід заслінок пульсатора П.
- ❏ Блокування включення транспортерів подачі лушпиння Т1-Т2, якщо не запущено вентилятор подачі лушпиння ВЛ.
- ❏ Блокування запуску шнеків подачі лушпиння ШП1-ШП2, якщо не запущено транспортери подачі лушпиння Т1-Т2.
- ❏ Блокування роботи підсистеми золовидалення, якщо тиск в системі управління пневмоприводами менше 0,8 МПа.
- ❏ Блокування роботи підсистеми обдуву котла, якщо тиск в системі управління пневмоприводами менше 0,8 МПа.
- ❏ Блокування відкриття клапана безперервної продувки при низькому рівні води в барабані (визначається за сигналом дискретного датчика низького рівня води в барабані).
- ❏ Блокування запуску окремого двигуна (насоса, вентилятора, конвеєра тощо), якщо для нього відсутній сигнал готовності.
- ❏ Блокування запуску котла, якщо будь-який з виконавчих механізмів не знаходяться в початковому стані або положенні.

4.5 Контрольні запитання

- 1) Які хімічні властивості лушпиння соняшника відрізняють його від традиційних видів палива, і як ці властивості впливають на процес спалювання в котлі?
- 2) Як вентилятор лушпиння ВЛ взаємодіє з пульсатором П для забезпечення ефективного подавання палива в топку котла?

- 3) Як відбувається очищення котла від сажі за допомогою системи обдуву, і чому це необхідно для стабільної роботи котла?
- 4) Який параметр контролює регулятор солевмісту в барабані, і чому важливо підтримувати оптимальний рівень солей у воді котла?
- 5) На які виконавчі механізми впливає регулятор теплового навантаження і як синхронізована їх робота?
- 6) Коли спрацьовує захист при зупинці транспортерів або шнеків подачі лушпиння?
- 7) Сигнали від яких датчиків використовуються для технологічних захистів котла.
- 8) Як технологічні блокування забезпечують послідовність роботи різних частин котла, таких як шнеки, транспортери і вентилятори?
- 9) За яких умов блокування запобігає запуску підсистеми золовидалення, і яка роль тиску в системі управління пневмоприводами?
- 10) Які технологічні захисти застосовуються для котла на лушпинні соняшника.

5 ВОДОГРІЙНИЙ КОТЕЛ ПТВМ-100

Котли серії ПТВМ призначені для отримання гарячої води з температурою до 150 °С. Дані котли встановлюються в окремо розташованих котельнях і використовуються для систем центрального опалення та гарячого водопостачання об'єктів промислового та житлового призначення. Водогрійний котел типу ПТВМ-100 тепловою продуктивністю 100 Гкал/год, призначений для покриття піків теплофікаційних навантажень ТЕЦ. Крім того, котли даного типу можуть використовуватися як основне джерело теплопостачання міст або житлових масивів, де відсутні теплофікаційні електростанції. При роботі котла циркуляція води в ньому здійснюється за двоходовою схемою. Котел ПТВМ-100 водотрубний, з примусовою циркуляцією (вода в котлі нагрівається за один цикл, тобто кратність циркуляції дорівнює одиниці) спроектований для роботи на газі та мазуті. Котел може працювати у діапазоні навантажень від 15 до 100%. Зміна теплопродуктивності котла здійснюється шляхом зміни числа пальників.

Мнемосхема, що зображує принцип роботи обладнання, а також основні технологічні параметри, наведена на Рисунку 5.1.

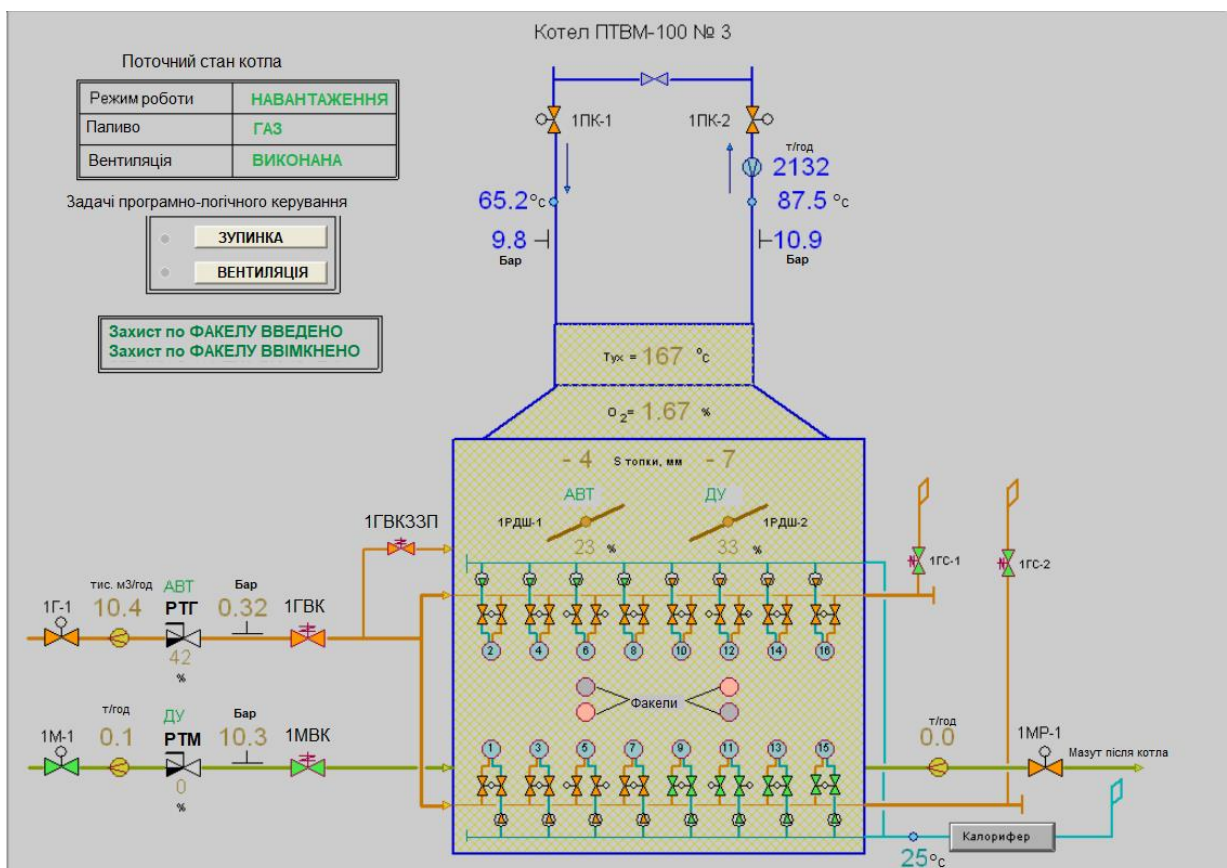


Рисунок 5.1 – Технологічна схема водогрійного котла ПТВМ-100

5.1 Принцип роботи

Процес запуску котла ПТВМ-100 в роботу є повністю автоматизований. Спочатку відбувається вентиляція топки, що дозволяє видалити можливі залишки газу або інші небажані речовини, які могли накопичитися під час простою. Далі відбувається запалювання за допомогою частини пальників, які призначені для розпалу. На пальники подається паливо (природний газ або мазут) і повітря за допомогою вентиляторів. Спочатку здійснюється запалювання з невеликою витратою палива, що дозволяє створити контрольоване полум'я. Під час розпалу первинне повітря, що подається через вентилятори пальників, забезпечує підтримку полум'я. Після стабілізації полум'я і досягнення необхідного рівня температури в топці котла відбувається подача палива на всі інші пальники, які будуть використовуватися для нагріву. Для досягнення необхідної потужності котла змінюється кількість працюючих пальників.

Утворені при згоранні гарячі димові газу проходять через систему теплообмінних поверхонь котла, передаючи тепло воді, яка циркулює всередині трубок. Для ефективного видалення димових газів з топки використовується димосос, який створює необхідну тягу і забезпечує рух газів через теплообмінник. У результаті димові газу максимально віддають своє тепло воді, яка нагрівається до заданої температури і подається в систему опалення.

Основні технологічні параметри представлені в Таблиці 5.1.

Таблиця 5.1

Параметр	Значення
Температура води на вході в котел	70-110 °С
Температура води на виході з котла	90-150 °С
Тиск води на вході в котел	9-16 Бар
Тиск води на виході котла	9-16 Бар
Номінальна витрата води через котел	2140 т/год
Витрата газу на котел	10-15 тис. м ³ /год

Параметр	Значення
Витрата мазуту на котел	8-13 т/год
Температура димових газів при максимальному навантаженні:	
- при роботі на мазуті	230 °С
- при роботі на газі	185 °С
Тиск газу перед котлом	0,3 Бар
Тиск мазуту перед котлом	10 Бар
Розрідження в топці котла	-30 – (-50) Па
Вміст кисню у димових газах:	
- при роботі на газі	3-5 %
- при роботі на мазуті	1-3 %
Температура повітря за калорифером	25-45 °С

5.2 Контури автоматичного регулювання

- **Регулятор тиску газу в котел.** Регульованим параметром є тиск газу перед котлом. Керуючий сигнал регулятора впливає на регулюючий клапан РТГ, здійснюючи зміну його положення.
- **Регулятор тиску мазуту в котел.** Регульованим параметром є тиск мазуту перед котлом. Керуючий сигнал регулятора впливає на регулюючий клапан РТМ, здійснюючи зміну його положення.
- **Регулятор розрідження в топці котла (зліва і справа окремо).** Регульованим параметром є розрідження в топці котла. Керуючий сигнал регулятора впливає на положення шиберів 1РДШ-1(2).

5.3 Технологічні захисти

① **Низьке розрідження в топці котла.** Умовою спрацювання технологічного захисту є розрідження в топці котла понад 0 Па. Для захисту застосовується схема “один з двох”. Захист активується після

завершення вентиляції топки. При спрацюванні захисту виконується аварійна зупинка котла.

① **Високий тиск газу після регулятора тиску.** Умовою спрацювання технологічного захисту є перевищення тиску газу після регулятора тиску понад 0,5 Бар. Для захисту застосовується схема “один з одного”. Захист активується після розпалу котла. При спрацюванні захисту виконується аварійна зупинка котла.

① **Низький тиск газу після регулятора тиску.** Умовою спрацювання технологічного захисту є зниження тиску газу після регулятора тиску нижче 0,2 Бар. Для захисту застосовується схема “один з одного”. Захист активується після розпалу котла. При спрацюванні захисту виконується аварійна зупинка котла.

① **Високий тиск мазуту після регулятора тиску.** Умовою спрацювання технологічного захисту є перевищення тиску мазуту після регулятора тиску понад 12 Бар. Для захисту застосовується схема “один з одного”. Захист активується після розпалу котла. При спрацюванні захисту виконується аварійна зупинка котла.

① **Низький тиск мазуту після регулятора тиску.** Умовою спрацювання технологічного захисту є зниження тиску мазуту після регулятора тиску нижче 8 Бар. Для захисту застосовується схема “один з одного”. Захист активується після розпалу котла. При спрацюванні захисту виконується аварійна зупинка котла.

① **Загасання полум'я.** Умовою спрацювання технологічного захисту є зникнення сигналу контролю полум'я під час роботи котла. Захист активується під час розпалу котла. При спрацюванні захисту виконується аварійна зупинка котла.

① **Натиснення кнопок аварійного зупину.** Умовою спрацювання технологічного захисту є натискання будь-якої кнопки аварійного зупину. Захист активовано постійно. При спрацюванні захисту виконується аварійна зупинка котла.

5.4 Технологічні блокування

- 🔒 Блокування запуску котла, якщо тиск води на вході котла менше встановленого значення.

5.5 Контрольні запитання

- 1) Для чого призначений котел ПТВМ-100?
- 2) Які види палива використовуються для роботи котла ПТВМ-100 і як здійснюється зміна його теплової продуктивності?
- 3) Чому вентиляція топки перед запуском котла ПТВМ-100 є важливим етапом у процесі його автоматизованого запуску?
- 4) Як регулюються тиск газу та мазуту в котел ПТВМ-100?
- 5) Який виконавчий механізм використовуються для підтримки розрідження в топці котла ПТВМ-100?
- 6) Які технологічні захисти застосовуються для котла ПТВМ-100?
- 7) Як впливає недостатній тиск води на вході котла ПТВМ-100 на його роботу?

6 БОЙЛЕРНА СМІТТЄСПАЛЮВАЛЬНОГО ЗАВОДУ

Вироблення теплової енергії проводиться для забезпечення потреб як промислових, так і побутових споживачів. Відповідно розрізняють два види теплового навантаження: виробниче, необхідне для технологічних процесів промислових підприємств, та опалювальне, що служить для опалення громадських та житлових приміщень, а також гарячого водопостачання та вентиляції. Як теплоносій для опалення, у більшості випадків, застосовують воду, так як вода дає можливість перенесення теплоти на великі відстані з невеликим зниженням температури, обумовленим лише тепловими втратами в навколишнє середовище. Крім того, водяні опалювальні системи мають нижчу металомісткість, вимагають менших капітальних та експлуатаційних витрат, у них простіше організувати централізоване регулювання вироблення теплоти.

Вода систем теплопостачання нагрівається в пароводяних та водо-водяних теплообмінниках, яка надходить до бойлерної. Система трубопроводів гарячої та охолодженої води утворює теплову мережу. Вода, що циркулює по тепломережі, називається мережевою водою. Насоси, що підтримують тиск у тепломережі, називаються мережевими насосами, а теплообмінники підігріву мережної води – мережевими підігрівачами. Трубопроводи, якими нагріта мережева вода надходить до споживача, називаються подаючими, а вода в цих трубопроводах – прямою мережевою водою. Трубопроводи, що повертають охолоджену мережеву воду, називаються зворотними, а вода, відповідно – зворотною мережевою водою.

Мнемосхема, що зображує принцип роботи обладнання, а також основні технологічні параметри, наведена на Рисунку 6.1.

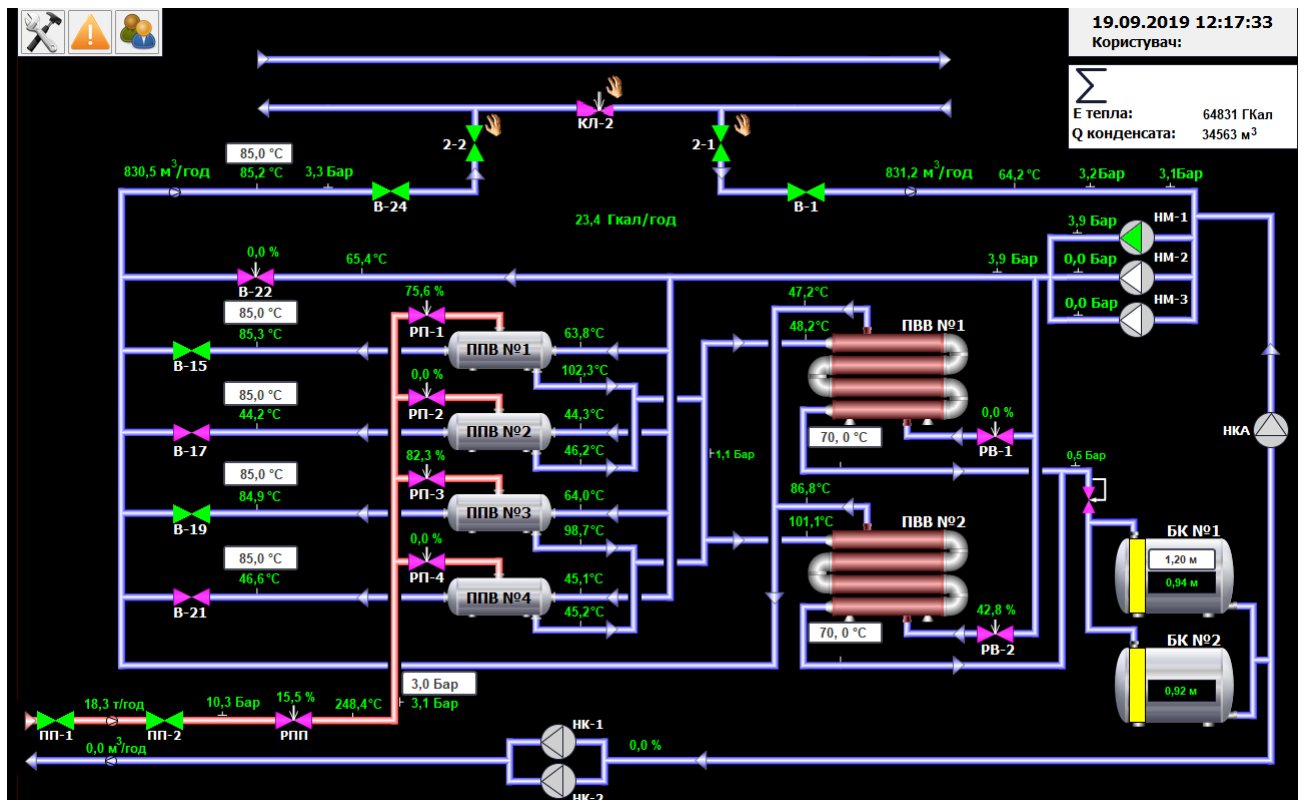


Рисунок 6.1 – Технологічна схема бойлерної

6.1 Принцип роботи

Принцип роботи бойлерної станції полягає в утилізації тепла після спалювання сміття у котлах. Пара із парових котлів подається через запірні клапани на вхід бойлерної. Оскільки котли виробляють пару з тиском у 8-12 Бар, а для роботи пароводяних підігрівачів (ППВ) тиск пари повинен бути у межах 3,5 – 4,5 Бар, то перед ППВ встановлений регулюючий клапан РПП, який зменшує цей тиск. Більш низький тиск пари необхідний для уникнення деформацій стінок теплообмінника (вирівнюється тиск між парою та водою). Після РПП пара подається на ППВ де відбувається нагрівання мережевої води. Для утилізації залишкового тепла конденсату, що утворюється у ППВ, використовується водо-водяні підігрівачі (ПВВ), які також нагрівають мережеву воду, що пропускається крізь них. Після ПВВ холодний конденсат збирається в баки конденсату (БК) та повертається до котлів.

Основні технологічні параметри представлені в Таблиці 6.1.

Таблиця 6.1

Параметр	Значення
Витрата мережевої води на вході	750-1100 м ³ /год
Тиск мережевої води на вході	3,0-3,5 Бар
Температура мережевої води на вході	55-75 °С
Витрата мережевої води на виході	750-1100 м ³ /год
Тиск мережевої води на виході	3,0-3,8 Бар
Температура мережевої води на виході	75-90 °С
Миттєва теплова потужність	15-20 Гкал/год
Температура пари	240-260 °С
Тиск пари на вході	9-12 Бар
Тиск води після мережевого насоса НМ-1 (2, 3)	3,5-4,5 Бар
Витрата пари	18-25 т/год
Миттєва витрата конденсату	60-75 м ³ /год
Тиск пари після РПП	2,5-3,5 Бар
Температура води на виході ППВ1 (2, 3, 4)	75-95 °С
Температура води на вході ППВ1 (2, 3, 4)	55-75 °С
Температура конденсату на виході ППВ1 (2, 3, 4)	95-105 °С
Температура конденсату на вході ПВВ1 (2)	95-105 °С
Температура конденсату на виході ПВВ1 (2)	70-75 °С
Температура води на виході ПВВ1 (2)	75-85 °С
Рівень конденсату в БК 1 (2)	1-1,3 м

6.2 Контури автоматичного регулювання

- **Регулятор тиску пари перед пароводяними теплообмінниками.**
Регульованим параметром є тиск пари перед пароводяними теплообмінниками за регулюючим клапаном. Керуючий сигнал регулятора впливає на регулюючий клапан РПП, здійснюючи зміну його положення.

- **Регулятор температури конденсату.** Регульованим параметром є температура конденсату після водо-водяного теплообмінника. Керуючий сигнал регулятора впливає на регулюючий клапан РВ-1 (2), здійснюючи зміну його положення.
- **Регулятор тиску конденсату.** Регульованим параметром є тиск конденсату після водо-водяних теплообмінників. Для підтримання заданого тиску використовується редукційний клапан прямої дії.
- **Регулятор температури теплоносія на виході із бойлерної.** Регульованим параметром є температура теплоносія на виході з бойлерної. Керуючий сигнал регулятора впливає на регулюючий байпасний клапан В-22, здійснюючи зміну його положення.
- **Регулятор температури теплоносія на виході пароводяного теплообмінника.** Регульованим параметром температура теплоносія на виході пароводяних теплообмінників. Керуючий сигнал регулятора впливає на регулюючий клапан РП-1 (2, 3, 4), здійснюючи зміну його положення.
- **Регулятор перепаду тиску теплоносія у зворотному трубопроводі тепломагістралі.** Регульованим параметром є різниця тиску у зворотному трубопроводі тепломагістралі. Керуючий сигнал регулятора впливає на регулюючий клапан КЛ-2, здійснюючи зміну його положення.
- **Регулятор тиску після циркуляційних насосів.** Регульованим параметром є тиск після циркуляційних насосів. Керуючий сигнал регулятора впливає на частоту обертання циркуляційного насоса НМ-1 (2, 3).
- **Регулятор рівня у баках конденсату.** Регульованим параметром є рівень у баках конденсату. Керуючий сигнал регулятора впливає на частоту обертання насоса конденсату НК-1 (2).

6.3 Технологічні захисти

- ① **Високий тиск пари після РПП.** Умовою спрацювання технологічного захисту є перевищення тиску пари після РПП понад 5 Бар. Для захисту

застосовується схема “один з одного”. Захист активовано постійно. При спрацюванні захисту виконується аварійна зупинка бойлерної.

① **Високий тиск мережевої води на вході в бойлерну.** Умовою спрацювання технологічного захисту є перевищення тиску мережевої води на вході в бойлерну понад 5 Бар. Для захисту застосовується схема “один з одного”. Захист активовано постійно. При спрацюванні захисту виконується аварійна зупинка бойлерної.

① **Низький тиск мережевої води на вході в бойлерну.** Умовою спрацювання технологічного захисту є зниження тиску мережевої води на вході в бойлерну нижче 2,5 Бар. Для захисту застосовується схема “один з одного”. Захист активовано постійно. При спрацюванні захисту виконується аварійна зупинка бойлерної.

① **Високий перепад температур пари та конденсату пароводяного підігрівача.** Умовою спрацювання технологічного захисту є перепад температур пари та конденсату на виході ППВ-1 (2, 3, 4) більше 150 °С. Для захисту застосовується схема “один з одного”. Захист активується після подачі пари на ППВ-1 (2, 3, 4) через регулюючий клапан РП-1 (2, 3, 4). При спрацюванні захисту виконується аварійне закриття регулюючого клапану РП-1 (2, 3, 4).

① **Аварія мережевих насосів.** Умовою спрацювання технологічного захисту є аварія усіх мережевих насосів НМ-1 (2, 3). Захист активовано постійно. При спрацюванні захисту виконується аварійна зупинка бойлерної.

6.4 Технологічні блокування

- Блокування увімкнення мережевих насосів НМ-1 (2, 3), якщо не відкриті засувки 2-1, 2-2, В-1 і В-24.
- Блокування відкриття регулюючого клапану РП-1 (2, 3, 4), якщо не відкрита засувка В-15 (17, 19, 21) відповідно.
- Блокування запуску мережевих насосів НМ-1 (2, 3), якщо тиск мережевої води на вході в бойлерну менше 2,5 Бар.

- Блокування запуску насосів конденсату НК-1 (2), якщо рівень конденсату у баках менше 200 мм.

6.5 Контрольні запитання

- 1) Чому вода найчастіше використовується як теплоносії у системах опалення?
- 2) Які функції виконують мережеві насоси та мережеві підігрівачі у теплових мережах?
- 3) Чому необхідно знижувати тиск пари перед пароводяними теплообмінниками, яка приходить від котлів?
- 4) Яку роль відіграють водо-водяні теплообмінники у системі бойлерної станції?
- 5) Для чого використовується регулятор перепаду тиску у зворотному трубопроводі тепломагістралі?
- 6) Як регулюється рівень в баках конденсату?
- 7) Який тиск пари після РПП вважається критичним для спрацювання технологічного захисту?
- 8) За яких умов активується захист від низького тиску мережевої води, і який тиск вважається критичним?
- 9) Які умови повинні виконуватись для блокування запуску мережевих насосів НМ-1 (2, 3)?
- 10) Який технологічний захист застосовується для безпечної експлуатації пароводяних підігрівачів?

7 КИСЛОТНЕ ГОСПОДАРСТВО ПІДЖИВЛЕННЯ ТЕПЛОМЕРЕЖІ

Основним призначенням кислотного господарства підживлення тепломережі є зберігання і подача за заданим маршрутом концентрованої сірчаної кислоти, яка використовується для регенерації Н-катіонітових фільтрів блоків підживлення тепломережі та хімічнознесолюючої установки.

Мнемосхема, що зображує принцип роботи обладнання, а також основні технологічні параметри, наведена на Рисунку 7.1.

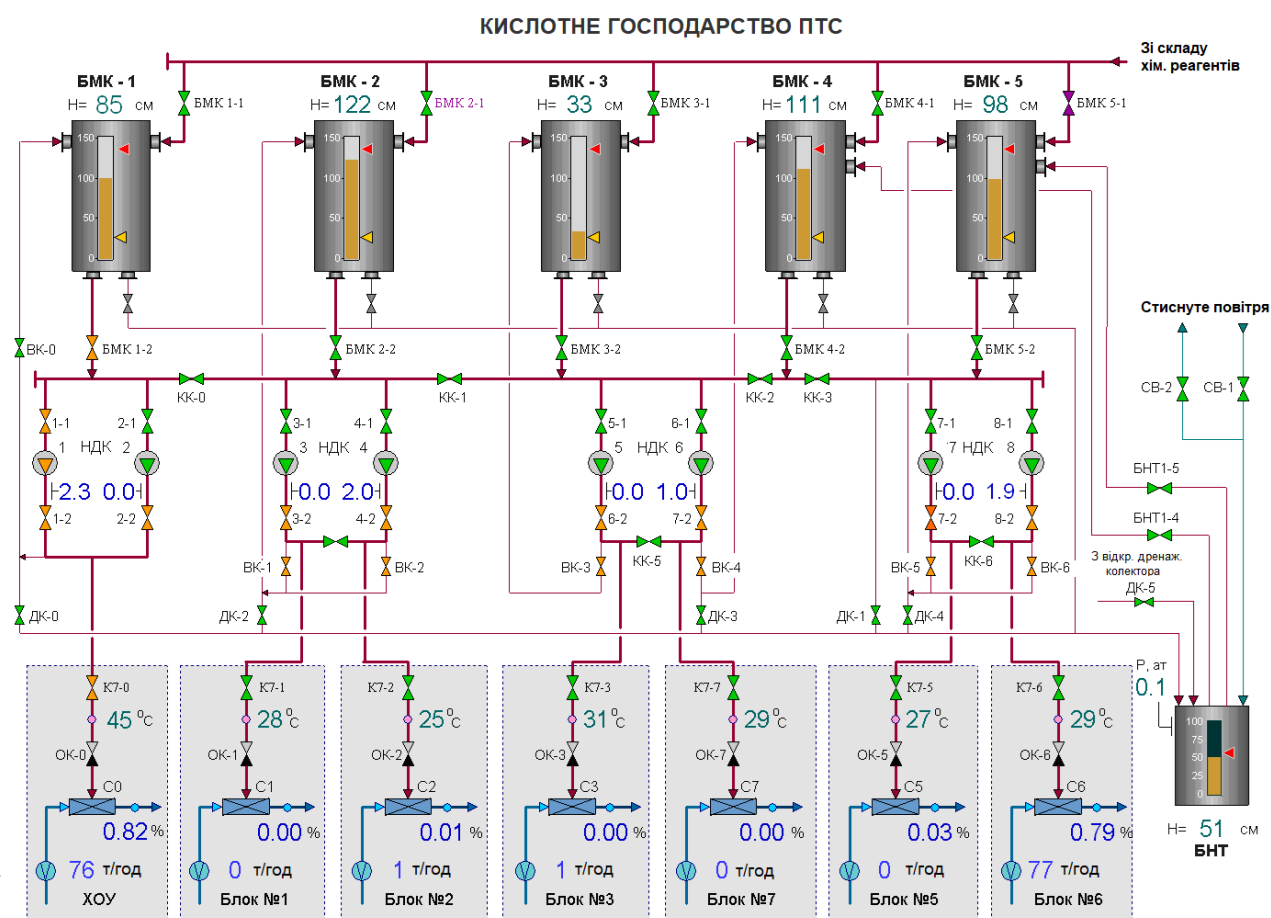


Рисунок 7.1 – Технологічна схема кислотного господарства

7.1 Принцип роботи

Концентрована сірчана кислота (92%) надходить на регенерацію Н-катіонітових фільтрів ХОУ та Блок №1 (2, 3, 5, 6, 7) із п'яти мірних баків БМК – 1 (2, 3, 4, 5). Заповнення мірних баків виконується періодично (при необхідності) з баків складу хімічних реагентів через арматуру БМК 1-1 (2-1, ..., 5-1). З мірних

баків БМК-1 (2, 3, 4, 5) через запірну арматуру БМК 1-2 (2-2, ..., 5-2) та 1-1 (2-1, ..., 8-1) кислота надходить на всмоктування насосів-дозаторів НДК-1 (2, ..., 8). Потім кислота направляється через запірну арматуру 1-2 (2-2, ..., 8-2) і К7-0 (1, 2, 3, 5, 6, 7) у змішувачі С-0 (1, 2, 3, 5, 6, 7). У змішувачах утворюється робочий розчин сірчаної кислоти необхідної концентрації при змішуванні концентрованої кислоти та води, що надходить від насосів сирії.

У схемі є лінії рециркуляції концентрованої кислоти з напору насосів-дозаторів через арматуру 1-2 (2-2, ..., 8-2) та ВК-0 (1, ..., 6) у мірні баки. Ці лінії використовуються при запуску насосів. Насос вмикається на відкриту лінію рециркуляції, потім відкривається арматура К7-0 (1, 2, 3, 5, 6, 7) і після цього закривається арматура ВК-0 (1, ..., 6).

Для спорожнення трубопроводів та мірних баків від кислоти використовуються дренажні трубопроводи. Кислота дренується через запірну арматуру ДК-0 (1, ..., 5) у бак нижніх точок БНТ1. Періодично з БНТ1 кислота перекачується через запірну арматуру БНТ 1-4 та БНТ 1-5 у мірні баки БМК-4 та БМК-5 відповідно. Перекачування здійснюється шляхом витіснення кислоти стисненим повітрям, яке подається до БНТ1 по лінії стисненого повітря через арматуру СВ-1 та СВ-2.

Для підвищення рівня безпеки кислотне господарство оснащується автоматичною системою виявлення пари сірчаної кислоти з автоматичним включенням аварійної вентиляції.

Основні технологічні параметри представлені в Таблиці 7.1.

Таблиця 7.1

Параметр	Значення
Температура кислоти до К7-0	15...45 °С
Температура кислоти до К7-1	15...45 °С
Температура кислоти до К7-2	15...45 °С
Температура кислоти до К7-3	15...45 °С
Температура кислоти до К7-4	15...45 °С

Параметр	Значення
Температура кислоти до К7-5	15...45 °С
Температура кислоти до К7-6	15...45 °С
Рівень кислоти в БМК-1	20-130 см
Рівень кислоти в БМК-2	20-130 см
Рівень кислоти в БМК-3	20-130 см
Рівень кислоти в БМК-4	20-130 см
Рівень кислоти в БМК-5	20-130 см
Тиск кислоти за НДК-1	1,5-2,5 Бар
Тиск кислоти за НДК-2	1,5-2,5 Бар
Тиск кислоти за НДК-3	1,5-2,5 Бар
Тиск кислоти за НДК-4	1,5-2,5 Бар
Тиск кислоти за НДК-5	1,5-2,5 Бар
Тиск кислоти за НДК-6	1,5-2,5 Бар
Тиск кислоти за НДК-7	1,5-2,5 Бар
Тиск кислоти за НДК-8	1,5-2,5 Бар
Концентрація кислоти за С-0	0,7-1,0 %
Концентрація кислоти за С-1	0,7-1,0 %
Концентрація кислоти за С-2	0,7-1,0 %
Концентрація кислоти за С-3	0,7-1,0 %
Концентрація кислоти за С-4	0,7-1,0 %
Концентрація кислоти за С-5	0,7-1,0 %
Концентрація кислоти за С-6	0,7-1,0 %
Витрата води на С-0	70-120 т/год

Параметр	Значення
Витрата води на С-1	70-120 т/год
Витрата води на С-2	70-120 т/год
Витрата води на С-3	70-120 т/год
Витрата води на С-4	70-120 т/год
Витрата води на С-5	70-120 т/год
Витрата води на С-6	70-120 т/год

7.2 Контури автоматичного регулювання

- **Регулятор концентрації сірчаної кислоти.** Регульованим параметром є концентрація сірчаної кислоти на виході змішувача. Керуючий сигнал регулятора впливає на положення змішуючого клапану.

7.3 Технологічні захисти

- ① **Високий тиск кислоти за насосом-дозатором НДК-1 (2, .., 8).** Умовою спрацювання технологічного захисту є перевищення тиску кислоти після насоса-дозатора понад 8 Бар. Для захисту застосовується схема “один з одного”. Захист активується після увімкнення насоса-дозатора. При спрацюванні захисту виконується аварійна зупинка насоса-дозатора і закриття запірної арматури маршруту подачі кислоти через цей насос.
- ① **Високий рівень кислоти у мірному баці БМК-1 (2, 3, 4, 5).** Умовою спрацювання технологічного захисту є перевищення рівня кислоти у мірному баці понад 140 мм. Для захисту застосовується схема “один з одного”. Захист активовано постійно. При спрацюванні захисту виконується аварійне закриття клапану БМК 1-1 (2-1, ..., 5-1), який використовується для подачі кислоти у відповідний мірний бак.
- ① **Низький рівень кислоти у мірному баці БМК-1 (2, 3, 4, 5).** Умовою спрацювання технологічного захисту є зниження рівня кислоти у мірному

баці менше 20 мм. Для захисту застосовується схема “один з одного”. Захист активовано постійно. При спрацюванні захисту виконується аварійне вимкнення насоса-дозатора і закриття запірної арматури, які були задіяні у маршруті подачі кислоти з відповідного баку.

7.4 Технологічні блокування

- Блокування запуску маршруту подачі кислоти, якщо рівень кислоти у мірному баці, який відповідає цьому маршруту, менше 20 мм.
- Блокування запуску насоса-дозатора, якщо не відкрита запірна арматура лінії рециркуляції відповідного маршруту.

7.5 Контрольні запитання

- 1) Яка хімічна речовина використовується для регенерації Н-катіонітових фільтрів?
- 2) Як відбувається процес заповнення мірних баків концентрованою сірчаною кислотою?
- 3) Яку роль відіграють насоси-дозатори НДК у системі подачі сірчаної кислоти?
- 4) Для чого використовуються лінії рециркуляції концентрованої кислоти у схемі подачі?
- 5) На який виконавчий механізм впливає регулятор концентрації сірчаної кислоти?
- 6) Який тиск кислоти після насоса-дозатора вважається критичним для спрацювання захисту?
- 7) Які дії в автоматичному режимі виконуються при зниженні рівня кислоти у мірному баці менше 20 мм?
- 8) За яких умов блокується запуск насоса-дозатора?

8 ТУРБІНА Т-100

Одновальна парова турбіна типу Т-100/120-130-3 номінальною потужністю 110000 кВт при 3000 об/хв., з конденсацією та двома опалювальними відборами пари призначена для безпосереднього приводу генератора змінного струму типу ТВФ-120-2 потужністю 12000 кВт. Пара з високим тиском надходить на лопатки циліндрів турбіни, приводячи в рух ротор, який з'єднаний із генератором. Таким чином, у турбіні відбувається перетворення енергії пари в механічну енергію обертання ротора. Турбіна складається з трьох циліндрів: високого тиску (ЦВТ), середнього тиску (ЦСТ) і низького тиску (ЦНТ).

Мнемосхема, що зображує принцип роботи обладнання, а також основні технологічні параметри, наведена на Рисунку 8.1.

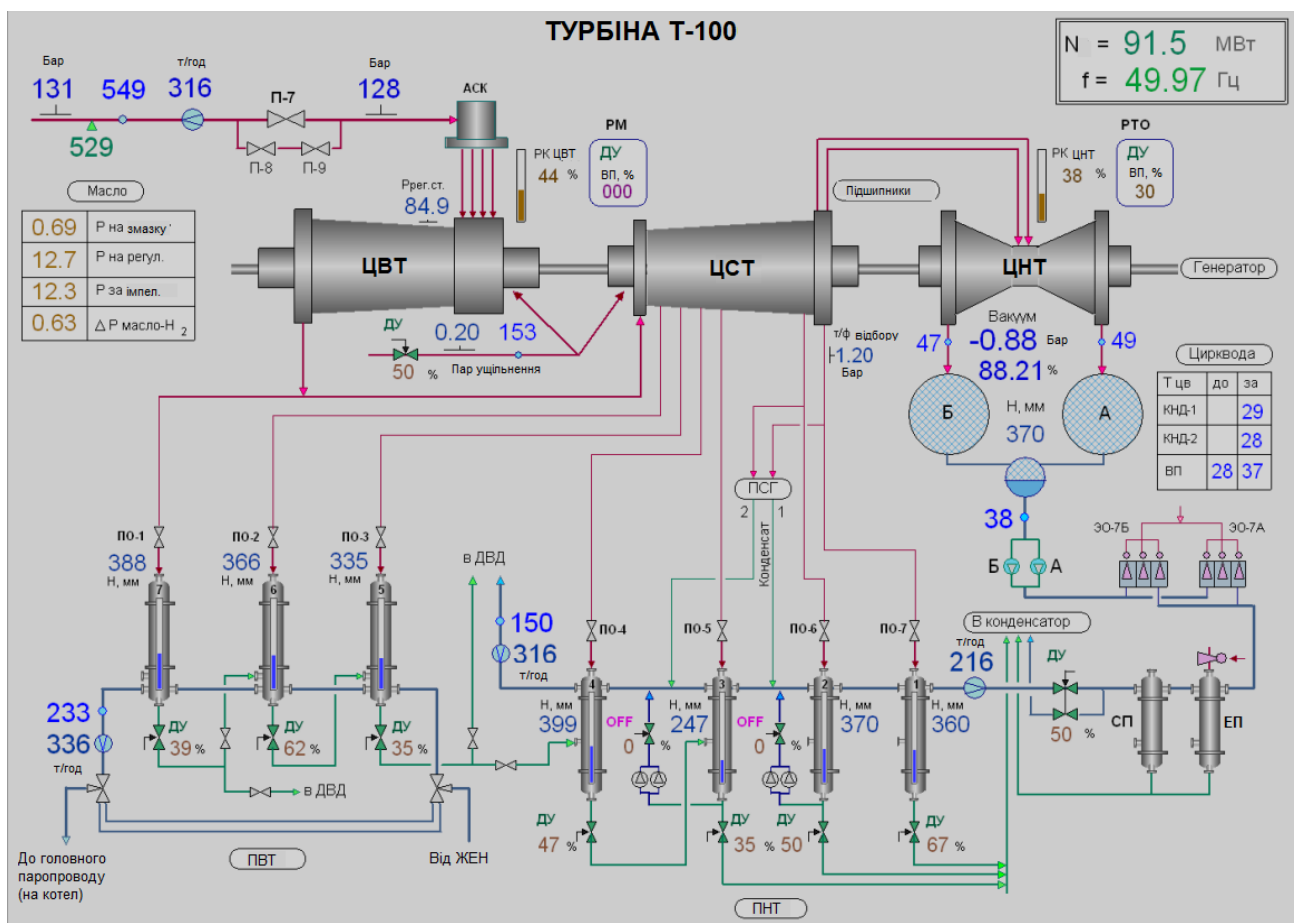


Рисунок 8.1 – Технологічна схема турбіни Т-100

8.1 Принцип роботи

Перегріта пара з паропроводу високого тиску надходить у ЦВТ, де вона починає розширюватися, приводячи в рух ротор турбіни. В ЦВТ пара частково втрачає тиск і потрапляє в ЦСТ, де процес розширення продовжується, а температура та тиск пари зменшуються ще більше. Завершується процес розширення у ЦНТ, де пара майже повністю віддає свою енергію і потрапляє в конденсатор для охолодження і перетворення на воду, яка знову використовується в котлах для генерації пари.

У конструкції турбіни передбачені теплофікаційні відбори, які дозволяють відбирати частину пари для подачі тепла на підігрів живильної води, що використовуються у котлах. Відбір пари здійснюється після ЦВТ і після ЦСТ. Підігрів живильної води здійснюється послідовно. Спочатку живильна вода після конденсатора послідовно подається на підігрівачі низького тиску (ПНТ). Після каскаду ПНТ живильна вода подається в деаератор для видалення з неї газів. Після деаератора живильна вода подається на каскад підігрівачів високого тиску (ПВТ), де додатково нагрівається і подається в котел.

Основні технологічні параметри представлені в Таблиці 8.1.

Таблиця 8.1

Параметр	Значення
Витрата пари на турбіну	310-340 т/год
Тиск пари перед турбіною	125-135 Бар
Температура пари перед турбіною	540-560 °С
Частота обертання турбіни	49,95-50,05 Гц
Потужність турбіни	90-115 МВт
Температура пари перед конденсатором	45-50 °С
Температура води після конденсатора	35-45 °С
Температура циркуляційної води після конденсатора	25-35 °С
Температура води після ПНТ	140-160 °С

Параметр	Значення
Витрата води до ПНТ	200-220 т/год
Витрата води після ПНТ	300-350 т/год
Температура води після ПВТ	220-240 °С
Витрата води після ПВТ	320-350 т/год
Рівень конденсату в конденсаторі	200-600 мм
Рівень конденсату в ПВТ – 5 (6, 7)	100-400 мм
Рівень конденсату в ПНТ – 1 (2, 3, 4)	100-500 мм
Тиск пари на ущільнення	0,10-0,15 Бар
Вакуум в конденсаторі	-1-(-0,88) Бар
Тиск пари теплофікаційного відбору	1-2 Бар
Тиск масла на змащення	0,65-1 Бар
Тиск масла на регулювання	12-14 Бар
Перепад тиску масло-водень	0,6–0,8 Бар
Температура опорного підшипника	60-80 °С
Температура упорного підшипника	60-80 °С
Температура масла за ОП	60-80 °С
Температура міді та сталі генератора	100-120 °С
Температура хол. газу генератора	45-55 °С
Температура сталі збуджувача	50-70 °С

8.2 Контури автоматичного регулювання

- **Регулятор рівня конденсату в ПНТ-1 (2, 3, 4).** Регульованим параметром є рівень конденсату у ПНТ-1 (2, 3, 4). Керуючий сигнал регулятора впливає на положення регулюючого клапану за ПНТ-1 (2, 3, 4).

- **Регулятор рівня конденсату в ПВТ-5 (6, 7).** Регульованим параметром є рівень конденсату у ПВТ-5 (6, 7). Керуючий сигнал регулятора впливає на положення регулюючого клапану за ПВТ-5 (6, 7).
- **Регулятор рівня конденсату в конденсаторі.** Регульованим параметром є рівень конденсату в конденсаторі. Керуючий сигнал регулятора впливає на положення регулюючого клапану за конденсатором.
- **Регулятор потужності.** Регульованим параметром є потужність турбіни. Керуючий сигнал регулятора впливає на положення регулюючих клапанів ЦВТ.
- **Регулятор теплофікаційного відбору.** Регульованим параметром є тиск пари теплофікаційного відбору. Керуючий сигнал регулятора впливає на положення діафрагми ЦНТ.
- **Регулятор тиску пари на ущільнення.** Регульованим параметром є тиск пари на ущільнення. Керуючий сигнал регулятора впливає на положення клапана ущільнення.

8.3 Технологічні захисти

- ① **Високий рівень конденсату в конденсаторі.** Умовою спрацювання технологічного захисту є перевищення рівня конденсату у конденсаторі понад 700 мм. Для захисту застосовується схема “один з одного”. Захист активовано постійно. При спрацюванні захисту виконується аварійна зупинка турбіни.
- ① **Високий рівень конденсату в підігрівачі високого тиску ПВТ–5 (6, 7).** Умовою спрацювання технологічного захисту є перевищення рівня конденсату у підігрівачі високого тиску понад 600 мм. Для захисту застосовується схема “один з одного”. Захист активовано постійно. При спрацюванні захисту виконується аварійна зупинка турбіни.
- ① **Високий рівень конденсату в підігрівачі низького тиску ПНТ–1 (2, 3, 4).** Умовою спрацювання технологічного захисту є перевищення рівня конденсату у підігрівачі низького тиску понад 600 мм. Для захисту

застосовується схема “один з одного”. Захист активовано постійно. При спрацюванні захисту виконується аварійна зупинка турбіни.

① **Низький вакуум в конденсаторі.** Умовою спрацювання технологічного захисту є зниження вакууму в конденсаторі вище -0,75 Бар. Для захисту застосовується схема “один з одного”. Захист активовано постійно. При спрацюванні захисту виконується аварійна зупинка турбіни.

① **Низький тиск пари перед турбіною.** Умовою спрацювання технологічного захисту є зниження тиску пари перед турбіною до 110 Бар. Для захисту застосовується схема “один з одного”. Захист активовано постійно. При спрацюванні захисту виконується аварійна зупинка турбіни.

① **Високий тиск пари перед турбіною.** Умовою спрацювання технологічного захисту є підвищення тиску пари перед турбіною понад 140 Бар. Для захисту застосовується схема “один з одного”. Захист активовано постійно. При спрацюванні захисту виконується аварійна зупинка турбіни.

① **Висока температура пари перед турбіною.** Умовою спрацювання технологічного захисту є підвищення температури пари перед турбіною понад 590 °С. Для захисту застосовується схема “один з одного”. Захист активовано постійно. При спрацюванні захисту виконується аварійна зупинка турбіни.

① **Низька температура пари перед турбіною.** Умовою спрацювання технологічного захисту є зниження температури пари перед турбіною нижче 490 °С. Для захисту застосовується схема “один з одного”. Захист активовано постійно. При спрацюванні захисту виконується аварійна зупинка турбіни.

① **Низький тиск масла на змащення.** Умовою спрацювання технологічного захисту є зниження тиску масла на змащення до 0,25 Бар. Для захисту застосовується схема “один з одного”. Захист активовано постійно. При спрацюванні захисту виконується аварійна зупинка турбіни.

8.4 Технологічні блокування

- Блокування закриття регулюючого клапану за підігрівачем високого тиску ПВТ-5 (6, 7), якщо рівень в підігрівачі вище 600 мм.
- Блокування закриття регулюючого клапану за підігрівачем високого тиску ПНТ-1 (2, 3, 4), якщо рівень в підігрівачі вище 600 мм.
- Блокування відкриття регулюючого клапану за підігрівачем високого тиску ПВТ-5 (6, 7), якщо рівень в підігрівачі нижче 200 мм.
- Блокування відкриття регулюючого клапану за підігрівачем низького тиску ПНТ-1 (2, 3, 4), якщо рівень в підігрівачі нижче 200 мм.
- Блокування закриття регулюючого клапану за конденсатором, якщо рівень конденсату в конденсаторі менше 250 мм.

8.5 Контрольні запитання

- 1) Яка номінальна потужність одновальної парової турбіни типу Т-100/120-130-3 та яку частоту обертання вона має?
- 2) З яких основних елементів складається турбіна Т-100?
- 3) Як відбувається процес підігріву живильної води?
- 4) На який виконавчий механізм впливає регулятор рівня в підігрівачах низького тиску?
- 5) Як працює регулятор потужності турбіни?
- 6) Які ризики можуть виникнути для роботи турбіни при зниженні вакууму в конденсаторі вище -0,75 Бар, і чому аварійне зупинення є критично необхідним в таких умовах?

9 ТУРБОГЕНЕРАТОР

Турбогенератор призначений для перетворення механічної енергії, що виробляється турбіною, в електричну енергію. Турбогенератор є одним із головних агрегатів будь-якої електростанції, що забезпечує можливість стабільної подачі електроенергії для промислових, комерційних і побутових потреб.

Мнемосхема, що зображує принцип роботи обладнання, а також основні технологічні параметри, наведена на Рисунку 9.1.

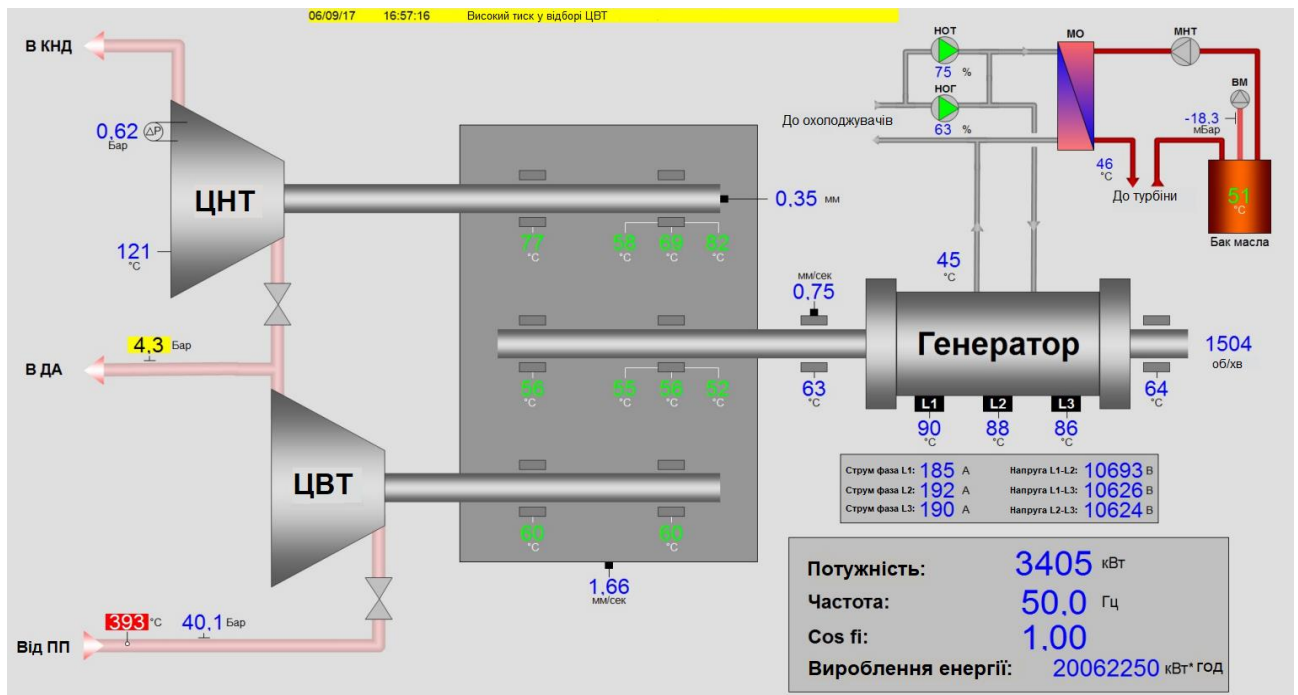


Рисунок 9.1 – Технологічна схема турбогенератора

9.1 Принцип роботи

Перегріта пара, яка надходить до циліндра високого тиску турбіни (ЦВТ) під високим тиском, обертає лопатки турбіни, що встановлені на валу ЦВТ. Обертання валу ЦВТ передається на редуктор турбогенератора. Після проходження через ЦВТ тиск пари знижується і вона потрапляє в циліндр низького тиску турбіни (ЦНТ). У ЦНТ пара розширюється ще більше, втрачаючи частину свого тиску, але при цьому здійснюючи додаткову роботу, обертаючи вал ЦНТ, який також під'єднаний до редуктора. Вали ЦВТ і ЦНТ мають різні швидкості обертання, оскільки кожен циліндр турбіни працює з різними тиском

та витратою пари. Редуктор дозволяє синхронізувати крутні моменти від ЦВТ та ЦНТ, об'єднуючи їх роботу. Це досягається за рахунок передачі через систему шестерень, яка зменшує або збільшує оберти турбін до єдиного показника.

Вал генератора, з'єднаний з редуктором, отримує обертальний рух від ЦВТ та ЦНТ. Коли вал генератора обертається, ротор створює змінне магнітне поле в обмотках статора. Це змінне магнітне поле створює електричний струм у провідниках статора, перетворюючи механічну енергію в електричну. Генерація струму відбувається відповідно до закону електромагнітної індукції.

Основні технологічні параметри представлені в Таблиці 9.1.

Таблиця 9.1

Параметр	Значення
Частота обертання ротора генератора	1490-1550 об/хв
Температура підшипника генератора зліва	60-70 °С
Температура підшипника генератора справа	60-70 °С
Вібрація опори генератора	0,5-1,5 мм/сек
Температура охолоджувача генератора	40-50 °С
Осьовий зсув валу ТНТ	0,2-0,4 мм
Вібрація редуктора	1-2 мм/сек
Температура підшипника ТНТ зліва	55-75 °С
Температура підшипника ТНТ справа д.1	55-75 °С
Температура підшипника ТНТ справа д.2	55-75 °С
Температура підшипника ТНТ справа д.3	55-75 °С
Температура підшипника генератора зліва	55-75 °С
Температура підшипника генератора справа д.1	55-75 °С
Температура підшипника генератора справа д.2	55-75 °С
Температура підшипника генератора справа д.3	55-75 °С

Параметр	Значення
Температура підшипника ТВТ зліва	55-75 °С
Температура підшипника ТВТ справа	55-75 °С
Температура обмотки фази L1	85-90 °С
Температура обмотки фази L2	85-90 °С
Температура обмотки фази L3	85-90 °С
Струм фази L1	180-200 А
Струм фази L2	180-200 А
Струм фази L3	180-200 А
Напруга між фазами L1-L2	10000-11000 В
Напруга між фазами L1-L3	10000-11000 В
Напруга між фазами L2-L3	10000-11000 В
Частота	49,95-50,05 Гц
Потужність	3300-3500 кВт
Коефіцієнт потужності	0,98-1
Тиск парів масла	-20-(-15) мБар
Температура масла після маслоохолоджувача	40-50 °С
Температура масла в баці	50-60 °С

9.2 Контури автоматичного регулювання

Контурів регулювання немає.

9.3 Технологічні захисти

① **Висока температура підшипників ТНТ, ТВТ, генератора.** Умовою спрацювання технологічного захисту є перевищення температури будь-

якого підшипника ТНТ, ТВТ або генератора понад 85 °С. Для захисту застосовується схема “один з одного”. Захист активовано постійно. При спрацюванні захисту виконується аварійна зупинка турбогенератора.

① **Висока температура обмотки фази L1 (L2, L3).** Умовою спрацювання технологічного захисту є перевищення температури обмотки фази L1 (L2, L3) понад 95 °С. Для захисту застосовується схема “один з одного”. Захист активовано постійно. При спрацюванні захисту виконується аварійна зупинка турбогенератора.

① **Високий струм фази L1 (L2, L3).** Умовою спрацювання технологічного захисту є перевищення струму фази L1 (L2, L3) понад 220 А. Для захисту застосовується схема “один з одного”. Захист активовано постійно. При спрацюванні захисту виконується аварійна зупинка турбогенератора.

① **Перевищення осьового зсуву валу ТНТ.** Умовою спрацювання технологічного захисту є перевищення осьового зсуву валу ТНТ понад ± 2 мм. Для захисту застосовується схема “один з одного”. Захист активовано постійно. При спрацюванні захисту виконується аварійна зупинка турбогенератора.

① **Висока вібрація редуктора.** Умовою спрацювання технологічного захисту є перевищення вібрації редуктора понад 10 мм/сек. Для захисту застосовується схема “один з одного”. Захист активовано постійно. При спрацюванні захисту виконується аварійна зупинка турбогенератора.

① **Висока вібрація опори генератора.** Умовою спрацювання технологічного захисту є перевищення вібрації опори генератора понад 10 мм/сек. Для захисту застосовується схема “один з одного”. Захист активовано постійно. При спрацюванні захисту виконується аварійна зупинка турбогенератора.

9.4 Технологічні блокування

Технологічних блокувань немає.

9.5 Контрольні запитання

- 1) Яке основне призначення турбогенератора?
- 2) Яким чином перегріта пара впливає на роботу турбогенератора?
- 3) Для чого використовується редуктор і які елементи від поєднує?
- 4) Які зміни відбуваються з парою під час проходження через циліндри турбіни?
- 5) Який фізичний закон лежить в основі процесу генерації електричної енергії в турбогенераторі?
- 6) При якій температурі підшипників ТНТ, ТВТ або генератора спрацьовує технологічний захист турбогенератора?
- 7) Який рівень вібрації редуктора є критичним для спрацювання захисту і аварійної зупинки турбогенератора?
- 8) Які технологічні захисти передбачені для турбогенератора?
- 9) Які технологічні блокування передбачені для турбогенератора?
- 10) Які контури регулювання передбачені для турбогенератора?

10 ГАЗОПЕРЕКАЧУВАЛЬНИЙ АГРЕГАТ ГТК-10

Газоперекачувальний агрегат ГТК-10 призначений для транспортування природного газу через магістральні газопроводи на великі відстані. Основною його функцією є збільшення тиску газу, що дозволяє підтримувати необхідний потік газу в трубопроводі для забезпечення його стабільного транспортування до споживачів або газових сховищ. Основними компонентами агрегату є газова турбіна, яка служить приводом, і компресор, який безпосередньо стискає газ. Газова турбіна працює на природному газі, що забезпечує автономність і економічність системи. Потужність ГТК-10 складає 10 МВт.

Мнемосхема, що зображує принцип роботи обладнання, а також основні технологічні параметри, наведена на Рисунку 10.1.

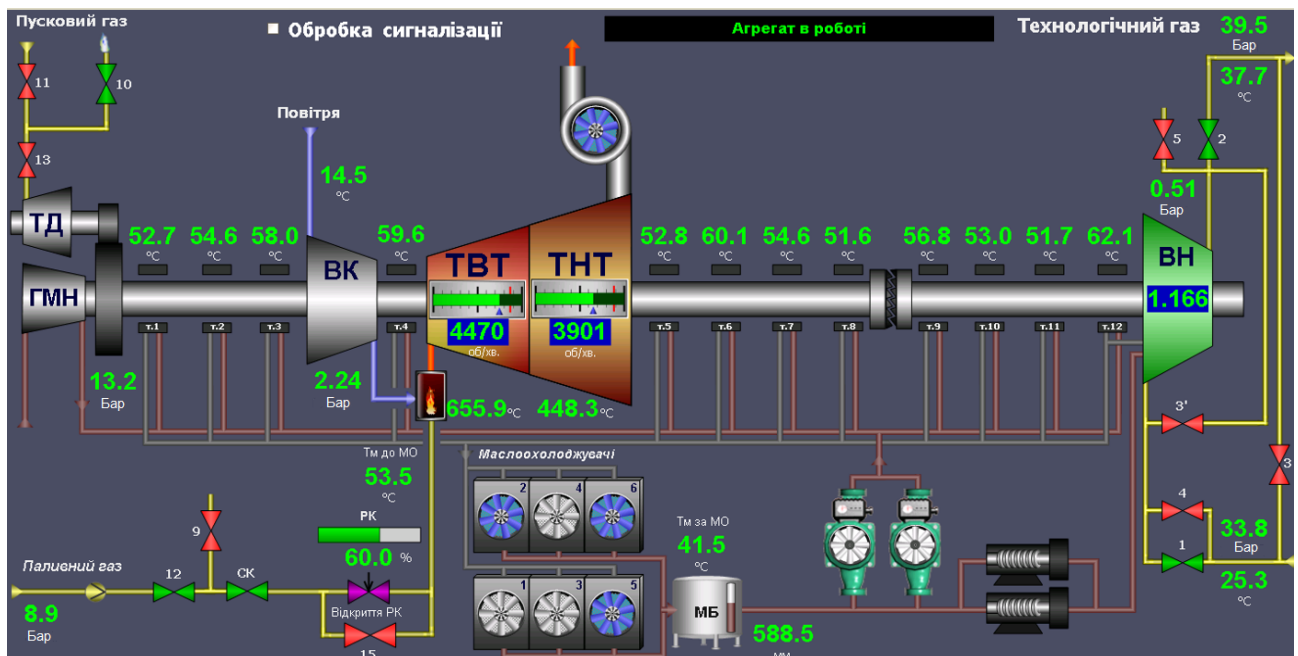


Рисунок 10.1 – Технологічна схема газоперекачувального агрегата ГТК-10

10.1 Принцип роботи

Повітря з атмосфери надходить на вхід повітряного осьового компресора, який його стискає і подає до камери згоряння. Також до пальника камери згоряння подається паливний газ. Під час спалювання палива у камері згоряння утворюються димові гази високої температури і тиску. Далі ці гази потрапляють у турбіну високого тиску (ТВТ) де розширюються і обертають її вал. Після цього,

димові гази з ТВТ потрапляють в турбіну низького тиску (ТНТ) де розширюються до тиску, який близький до атмосферного. Внаслідок розширення газів вал ТНТ також обертається. ТВТ, ТНТ та компресор з'єднані між собою редуктором. Таким чином крутний момент валів турбіни передається валу компресора, який стискає газ. Відпрацьовані гази з ТНТ виходять в димову трубу.

Для роботи газоперекачувального агрегату ключову роль відіграють підшипники, які забезпечують плавне обертання основних елементів, таких як вал газової турбіни і компресора. Вони знижують тертя між рухомими частинами агрегату, які обертаються з високою швидкістю, що дозволяє ефективно передавати механічну енергію від турбіни до компресора. Завдяки підшипникам обертання валів відбувається з мінімальними втратами енергії та забезпечується стабільна і безперервна робота агрегату. Оскільки при обертанні температура підшипників збільшується, що може призвести до їх механічного пошкодження, то необхідно забезпечити їх охолодження. Для охолодження використовується машинне масло, яке циркулює через підшипники за рахунок головного масло насоса (ГМН). В свою чергу робота ГМН відбувається за рахунок обертання валу ТВТ, який з'єднаний з валом ГМН. Для охолодження масла після підшипників використовуються маслоохолоджувачі.

Для запуску газоперекачувального агрегату використовується турбодетандер (ТД), який є пусковою турбіною. Для цього ТД тимчасово з'єднується з валом ТВТ і починає обертання. При досягненні необхідних мінімальних обертів ТД від'єднується і газоперекачувальний агрегат працює самостійно.

Основні технологічні параметри представлені в Таблиці 10.1.

Таблиця 10.1

Параметр	Значення
Тиск газу на вході	30-40 Бар
Тиск газу на виході	35-45 Бар
Температура газу на вході	-10-35 °C

Параметр	Значення
Температура газу на виході	0-45 °С
Частота обертання ТВТ	4300-4800 об/хв
Частота обертання ТНТ	3700-4200 об/хв
Перепад тиску мало-газ	0,5-2,5 Бар
Тиск паливного газу	7-10 Бар
Тиск стисненого повітря	2-3 Бар
Тиск масла після ГМН	12-14 Бар
Рівень масла в маслобаці	400-800 мм
Температура зовнішнього повітря	-20-40 °С
Температура підшипника 1	50-65 °С
Температура підшипника 2	50-65 °С
Температура підшипника 3	50-65 °С
Температура підшипника 4	50-65 °С
Температура підшипника 5	50-65 °С
Температура підшипника 6	50-65 °С
Температура підшипника 7	50-65 °С
Температура підшипника 8	50-65 °С
Температура підшипника 9	50-65 °С
Температура підшипника 10	50-65 °С
Температура підшипника 11	50-65 °С
Температура підшипника 12	50-65 °С
Температура димових газів в камері згоряння	600-750 °С
Температура димових газів ТНТ	420-480 °С
Температура масла до маслоохолоджувачів	50-65 °С
Температура масла після маслоохолоджувачів	30-45 °С
Положення регулюючого клапану паливного газу	0-100 %

10.2 Контури автоматичного регулювання

- **Регулятор частоти обертання ТВТ.** Регульованим параметром є частота обертання ТВТ. Керуючий сигнал регулятора впливає на положення регулюючого клапану (РК) паливного газу.

10.3 Технологічні захисти

- ① **Висока температура підшипників.** Умовою спрацювання технологічного захисту є перевищення температури будь-якого підшипника понад 80 °С. Для захисту застосовується схема “один з одного”. Захист активовано постійно. При спрацюванні захисту виконується аварійна зупинка газоперекачувального агрегату.
- ① **Низький перепад тиску масло-газ.** Умовою спрацювання технологічного захисту є зниження перепаду тиску масло-газ нижче 0,2 Бар. Для захисту застосовується схема “один з одного”. Захист активується на номінальному режимі роботи. При спрацюванні захисту виконується аварійна зупинка газоперекачувального агрегату.
- ① **Низький тиск масла після ГМН.** Умовою спрацювання технологічного захисту є зниження тиску масла після ГМН нижче 10 Бар. Для захисту застосовується схема “один з одного”. Захист активується на номінальному режимі роботи. При спрацюванні захисту виконується аварійна зупинка газоперекачувального агрегату.
- ① **Низький рівень масла в маслобаці.** Умовою спрацювання технологічного захисту є зниження рівня масла в маслобаці нижче 200 мм. Для захисту застосовується схема “один з одного”. Захист активовано постійно. При спрацюванні захисту виконується аварійна зупинка газоперекачувального агрегату.
- ① **Висока температура масла після маслоохолоджувачів.** Умовою спрацювання технологічного захисту є перевищення температури масла після маслоохолоджувачів понад 60 °С. Для захисту застосовується схема

“один з одного”. Захист активовано постійно. При спрацюванні захисту виконується аварійна зупинка газоперекачувального агрегату.

10.4 Технологічні блокування

- ☐ Блокування запуску газоперекачувального агрегату, якщо рівень масла в маслобаці нижче 200 мм.
- ☐ Блокування запуску газоперекачувального агрегату, якщо тиск паливного газу нижче 6 Бар.
- ☐ Блокування запуску окремого двигуна (насоса, вентилятора, тощо), якщо для нього відсутній сигнал готовності.

10.5 Контрольні запитання

- 1) Яка основна функція газоперекачувального агрегату ГТК-10?
- 2) Які основні компоненти входять до складу агрегату ГТК-10 і яку роль вони виконують?
- 3) Яка роль підшипників у роботі газоперекачувального агрегату, і як їх охолоджують?
- 4) Яке призначення турбодетандера у процесі запуску газоперекачувального агрегату?
- 5) Які контури регулювання має ГТК-10?
- 6) Яка температура підшипників вважається критичною для аварійної зупинки газоперекачувального агрегату?
- 7) При якому значенні перепаду тиску масло-газ активується відповідний технологічний захист?
- 8) Які технологічні блокування передбачені для газоперекачувального агрегату?

11 КОМПРЕСОРНА СТАНЦІЯ

Компресорна станція (КС) призначена для забезпечення транспортування природного газу через магістральні газопроводи на великі відстані. Основна функція КС полягає у збільшенні тиску природного газу, який знижується під час руху через газопровід через опір і тертя в стінках труб. Станції розташовані через певні інтервали вздовж магістралей, їх робота дозволяє підтримувати постійний і безперервний потік газу від місць видобутку або сховищ до кінцевих споживачів.

Функції КС включають стиснення газу за допомогою газоперекачувальних агрегатів (ГПА), контроль за станом газопроводу і тиском у системі, а також моніторинг і керування потоками газу. Крім цього, КС виконує функції очищення газу від механічних домішок і вологи, щоб запобігти пошкодженню обладнання і підтримувати якість газу на високому рівні.

Мнемосхема, що зображує принцип роботи обладнання, а також основні технологічні параметри, наведена на Рисунку 11.1.

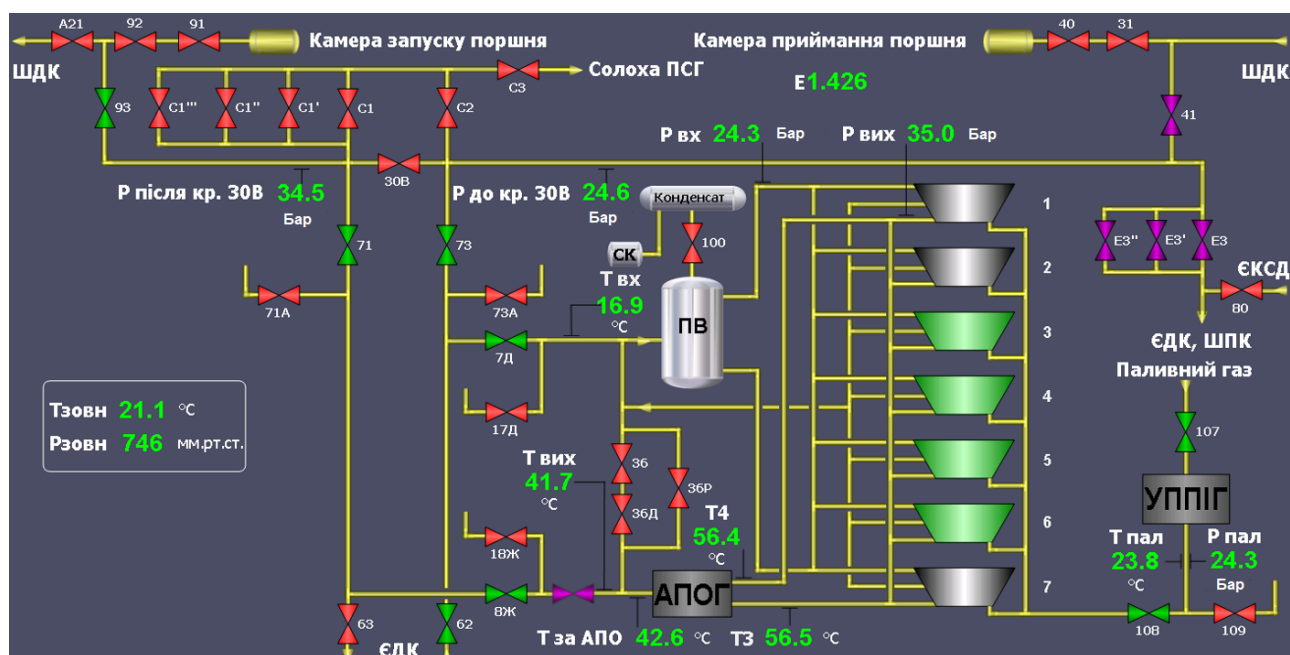


Рисунок 11.1 – Технологічна схема компресорної станції

11.1 Принцип роботи

На першому етапі природний газ, отриманий з магістрального газопроводу, проходить через установку очистки, де видаляються механічні домішки (пил, волога, інші забруднення). Очищений газ далі подається на вхідний колектор ГПА. Далі в залежності від необхідного перепаду тиску на КС вмикається необхідна кількість ГПА, які стискають цей газ і подають на агрегати повітряного охолодження (АПОГ). Оскільки після стиснення в компресорах ГПА температура газу підвищується, то для безпечного транспортування цей газ охолоджується у АПОГ. Після АПОГ газ потрапляє у магістральний газопровід.

Частина природного газу використовується як паливо для ГПА. Цей паливний газ повинен бути очищений від домішок, які можуть впливати на роботу турбін. Для очистки газу використовується установка підготовки паливного і імпульсного газу (УППІГ).

Основні технологічні параметри представлені в Таблиці 11.1.

Таблиця 11.1

Параметр	Значення
Температура газу на вході станції	5-30 °С
Температура газу на виході станції	15-45 °С
Температура газу перед АПОГ д1	15-60 °С
Температура газу перед АПОГ д2	15-60 °С
Температура газу після АПОГ	15-45 °С
Тиск газу на вході станції	20-30 Бар
Тиск газу на виході станції	30-35 Бар
Тиск газу перед ГПА	20-30 Бар
Тиск газу після ГПА	30-35 Бар
Температура зовнішнього повітря	-20-40 °С
Тиск зовнішнього повітря	720-760 мм.рт.ст.

Параметр	Значення
Температура паливного і імпульсного газу	5-30 °C
Тиск паливного і імпульсного газу	24-26 Бар

11.2 Контури автоматичного регулювання

- **Регулятор температури газу.** Регульованим параметром є температура газу на виході АПОГ. Керуючий сигнал регулятора впливає на ввімкнення/вимкнення вентиляторів АПОГ. Кількість вентиляторів змінюється східчасто, з заданим гістерезисом, в залежності від різниці заданої та виміряної температури газу на виході АПОГ.

11.3 Технологічні захисти

- ① **Висока температура газу після АПОГ.** Умовою спрацювання технологічного захисту є перевищення температури газу після АПОГ понад 50 °C. Для захисту застосовується схема “один з одного”. Захист активовано постійно. При спрацюванні захисту виконується аварійна зупинка компресорної станції.
- ① **Низький тиск газу на виході станції.** Умовою спрацювання технологічного захисту є зниження тиску газу на виході станції нижче 20 Бар. Для захисту застосовується схема “один з одного”. Захист активовано постійно. При спрацюванні захисту виконується аварійна зупинка компресорної станції.
- ① **Низький тиск газу на вході станції.** Умовою спрацювання технологічного захисту є зниження тиску газу на вході станції нижче 20 Бар. Для захисту застосовується схема “один з одного”. Захист активовано постійно. При спрацюванні захисту виконується аварійна зупинка компресорної станції.

11.4 Технологічні блокування

- 🔒 Блокування запуску газоперекачувальних агрегатів, якщо тиск газу на виході станції нижче 20 Бар.

11.5 Контрольні запитання

- 1) Яке основне призначення компресорної станції у системі транспортування природного газу?
- 2) Які функції виконує компресорна станція, крім стиснення газу?
- 3) Яку функцію виконують агрегатах повітряного охолодження?
- 4) Яку функцію виконує установки підготовки паливного і імпульсного газу?
- 5) Які параметри контролює регулятор температури газу, і як він впливає на роботу вентиляторів агрегатів повітряного охолодження?
- 6) Яка температура газу після АПОГ є критичною для спрацювання технологічного захисту?
- 7) Які технологічні блокування передбачені при роботі компресорної станції?

12 ХОЛОДИЛЬНА СТАНЦІЯ ЗАВОДУ З ВИРОБНИЦТВА ЛІНОЛЕУМУ

Холодильна станція заводу з виробництва лінолеуму виробництва і подачі холодоносія, який використовується іншими системами для підтримки потрібної температури на різних етапах виробництва лінолеуму. Охолодження необхідне для процесів, де виділяється значна кількість тепла, таких як змішування компонентів, ламінування або нанесення захисних покриттів. Завдяки охолодженню підтримується відповідна в'язкість сировинних сумішей, що сприяє кращому контролю за якістю кінцевого продукту. Також холодильна станція використовується для охолодження обладнання, щоб запобігти його перегріванню та підвищити надійність і тривалість експлуатації.

Холодильна станція підтримує температуру у двох незалежних контурах споживачів. У контурі 1 температура холодоносія повинна підтримуватися у діапазоні 28-30 °C, а у контурі 2 – 12-14 °C. Для підтримки температури у обох контурах використовується пасивне охолодження за рахунок циркуляції холодоносія через градирні, які розсіюють теплоту у атмосферу. У разі, коли пасивне охолодження неможливе через високу температуру зовнішнього повітря, для контуру 2 застосовуються холодильні машини.

У якості холодоносія використовується розчин етиленгліколю, який дає можливість експлуатації обладнання при від'ємних температурах. Це особливо важливо при використанні градирень, які встановлені на вулиці і повинні експлуатуватися у будь-яку пору року. У якості холодоносія контурів 1, 2, які забезпечують споживачів, використовується вода.

Градирні, які розсіюють тепло в атмосферу, в теплу пору року можуть працювати із зрошенням хімічно підготовленою водою. Зрошення водою дає можливість значно підвищити продуктивність градирні. Вода для зрошення надходить із системи водопідготовки, де вона фільтрується за допомогою хімічних речовин. Підготовка води є важливим етапом для зменшення утворення солей на поверхнях теплообмінника градирні і збільшення строку її експлуатації.

Мнемосхема, що зображує принцип роботи обладнання, а також основні технологічні параметри, наведена на Рисунку 12.1.

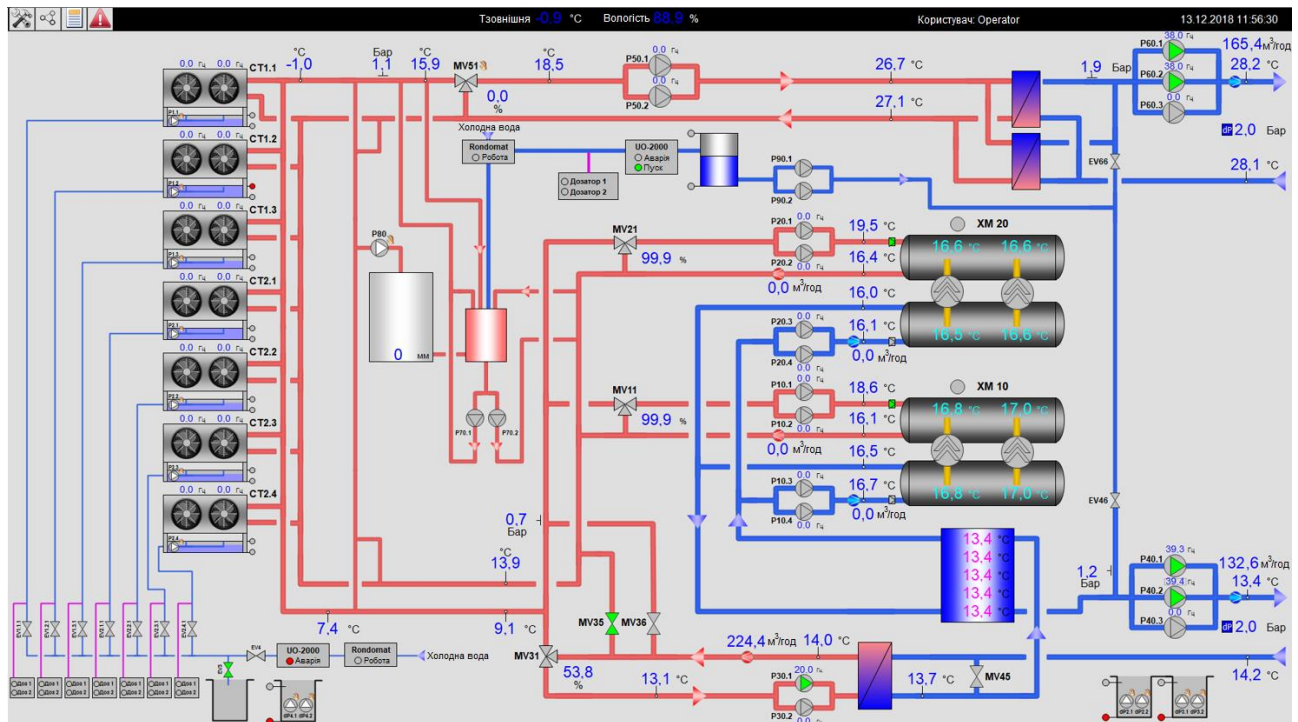


Рисунок 12.1 – Технологічна схема холодильної станції заводу з виробництва лінолеуму

12.1 Принцип роботи

Для підтримки заданої температури води у контурі 1 застосовуються насоси P50.1 та P50.2, які забезпечують циркуляцію холодоносія через теплообмінники. Частота обертання цих насосів змінюється регулятором температури води у контурі 1, тим самим збільшуючи чи зменшуючи інтенсивність теплообміну. Одночасно може працювати лише один із насосів. Інший використовується як резерв на випадок виходу з ладу першого насоса.

Щоб була можливість охолоджувати воду в контурі 1 системою забезпечується необхідна температура холодоносія перед теплообмінником. Для цього використовується 3-х ходовий клапан MV51, який змішує зворотній холодоносій після теплообмінників з відносно холодним холодоносієм, що подається від градирень.

В свою чергу, холодоносій, який подається від градирень охолоджується за рахунок роботи вентиляторів градирень, які розсіюють тепло від холодоносія

в атмосферу. Кількість задіяних градирень для охолодження холодоносія, швидкість обертання їх вентиляторів та застосування режиму зрошення залежить від керуючого сигналу регулятора. Для контуру 1 використовуються градирні СТ1.1-СТ1.3.

Аналогічно як і для контуру 1 у контурі 2 відбувається регулювання температури за рахунок насосів Р30.1, Р30.2, 3-х ходового клапану MV31 та градирень СТ2.1-СТ2.4. Цей режим охолодження контуру 2 відповідає пасивному режиму, коли не застосовуються холодильні машини. Але на відміну від контуру 1, для цього контуру такого пасивного охолодження може бути недостатньо, особливо в теплу пору року, оскільки в контурі 2 необхідно підтримувати значно нижчу температуру. Тому, якщо температура зовнішнього повітря вища, ніж допустима для роботи пасивного охолодження контуру, режим пасивного охолодження вимикається і охолодження холодоносія відбувається за рахунок роботи холодильних машин ХМ10, ХМ20. При чому потужність холодильних машин і їх режим роботи змінюється керуючим сигналом регулятора. Холодильні машини у якості конденсатора використовують градирні СТ2.1-СТ2.4.

Для забезпечення необхідної циркуляції холодної води у контурах 1 і 2 застосовуються насоси Р60.1-Р60.3 і Р40.1-Р40.2 відповідно. Частота обертання цих насосів і їх режим роботи змінюються регулятором перепаду тиску води в контурі. Слід зазначити, що в залежності від налаштувань і керуючого сигналу можлива робота одразу двох насосів. Третій насос використовується як резерв на випадок виходу з ладу будь-якого іншого насосу. Такий підхід дає можливість економії електроенергії, оскільки на низьких частотах обертання два насоси споживають менше електроенергії, ніж один насос з більшою частотою, щоб забезпечити однаковий перепад тиску у контурі або витрату води.

Основні технологічні параметри представлені в Таблиці 12.1.

Таблиця 12.1

Параметр	Значення
Температура прямої води контуру 1	25-30 °С
Температура зворотної води контур 1	25-45 °С
Тиск зворотної води в контурі 1	1,5-2,5 Бар
Витрата води в контурі 1	150-200 м ³ /год
Перепад тиску в контурі 1	1,5-2,5 Бар
Температура прямої води контуру 2	12-15 °С
Температура зворотної води контур 2	12-20 °С
Тиск зворотної води в контурі 2	1,5-2,5 Бар
Витрата води в контурі 2	120-160 м ³ /год
Перепад тиску в контурі 1	1,5-2,5 Бар
Температура етиленгліколю перед ХМ10	22-25 °С
Температура етиленгліколю після ХМ10	28-35 °С
Витрата етиленгліколю на ХМ10	150-160 м ³ /год
Температура води перед ХМ10	15-18 °С
Температура води після ХМ10	10-12 °С
Витрата води на ХМ10	200-220 м ³ /год
Температура етиленгліколю перед ХМ20	22-25 °С
Температура етиленгліколю після ХМ20	28-35 °С
Витрата етиленгліколю на ХМ20	150-160 м ³ /год
Температура води перед ХМ20	15-18 °С
Температура води після ХМ20	10-12 °С
Витрата води на ХМ20	200-220 м ³ /год

Параметр	Значення
Температура етиленгліколю після градирень контуру 1	-10-25 °C
Температура етиленгліколю перед MV51	-10-25 °C
Тиск етиленгліколю в контурі 1	0,7-1,5 Бар
Температура етиленгліколю після градирень контуру 2	-10-25 °C
Температура етиленгліколю перед градирнями контуру 2	10-35 °C
Температура етиленгліколю перед MV31	-10-25 °C
Тиск етиленгліколю в контурі 2	0,7-1,5 Бар
Рівень в баці запасу етиленгліколю	0-5000 мм
Температура етиленгліколю після MV51	22-25 °C
Температура етиленгліколю перед теплообмінниками контуру 1	22-25 °C
Температура етиленгліколю після теплообмінників контуру 1	35-45 °C
Температура етиленгліколю перед теплообмінником пасивного охолодження контуру 2	8-12 °C
Температура етиленгліколю після теплообмінника пасивного охолодження контуру 2	14-20 °C
Температура води після теплообмінника пасивного охолодження контуру 2	10-14 °C
Витрата етиленгліколю в контурі пасивного охолодження контуру 2	200-300 м ³ /год
Температура зовнішнього повітря	-20-40 °C
Вологість зовнішнього повітря	30-100 %

12.2 Контури автоматичного регулювання

- **Регулювання перепаду тиску води в контурі 1.** Регульованим параметром є перепад тиску у контурі 1. Керуючий сигнал регулятора змінює частоту обертання насосів P60.1-P60.3.
- **Регулювання перепаду тиску води в контурі 2.** Регульованим параметром є перепад тиску у контурі 1. Керуючий сигнал регулятора змінює частоту обертання насосів P40.1-P40.3.
- **Регулювання температури прямої води в контурі 1.** Регульованим параметром є температура прямої води в контурі 1. Керуючий сигнал регулятора змінює частоту обертання насосів P50.1-P50.2.
- **Регулювання температури етиленгліколю після змішуючого клапану MV51.** Регульованим параметром є температура етиленгліколю після змішуючого клапану MV51. Керуючий сигнал регулятора змінює положення змішуючого клапану MV51.
- **Регулювання температури етиленгліколю після градирень контуру 1.** Регульованим параметром є температура етиленгліколю після градирень контуру 1. Керуючий сигнал регулятора змінює частоту обертання вентиляторів градирень CT1.1-CT1.3.
- **Регулювання температури етиленгліколю після градирень контуру 2.** Регульованим параметром є температура етиленгліколю після градирень контуру 2. Керуючий сигнал регулятора змінює частоту обертання вентиляторів градирень CT2.1-CT2.4.
- **Регулювання температури етиленгліколю перед XM10.** Регульованим параметром є температура етиленгліколю перед XM10. Керуючий сигнал регулятора змінює положення змішуючого клапану M11.
- **Регулювання температури етиленгліколю перед XM20.** Регульованим параметром є температура етиленгліколю перед XM20. Керуючий сигнал регулятора змінює положення змішуючого клапану M21.

- **Регулятор перепаду температур етиленгліколю конденсатора ХМ10.**
Регульованим параметром є різниця температур на виході та вході ХМ10. Керуючий сигнал регулятора змінює частоту обертання насосів Р10.1-Р10.2.
- **Регулятор перепаду температур етиленгліколю конденсатора ХМ20.**
Регульованим параметром є різниця температур на виході та вході ХМ20. Керуючий сигнал регулятора змінює частоту обертання насосів Р20.1-Р20.2.
- **Регулятор температури етиленгліколю перед теплообмінника пасивного охолодження контуру 2.** Регульованим параметром є температура етиленгліколю перед теплообмінника пасивного охолодження контуру 2. Керуючий сигнал регулятора змінює положення змішуючого клапану MV31.
- **Регулятор температури води після теплообмінника пасивного охолодження контуру 2.** Регульованим параметром є температура води після теплообмінника пасивного охолодження контуру 2. Керуючий сигнал регулятора змінює частоту обертання насосів Р30.1-Р30.2.

12.3 Технологічні захисти

- ① **Низька температура етиленгліколю після змішуючого клапану MV51.**
Умовою спрацювання технологічного захисту є зниження температури етиленгліколю після змішуючого клапану MV51 нижче 5 °С. Для захисту застосовується схема “один з одного”. Захист активовано постійно. При спрацюванні захисту виконується аварійна зупинка контуру 1.
- ① **Низький тиск етиленгліколю в контурі 1.** Умовою спрацювання технологічного захисту є зниження тиску етиленгліколю в контурі 1 нижче 0,5 Бар. Для захисту застосовується схема “один з одного”. Захист активовано постійно. При спрацюванні захисту виконується аварійна зупинка контуру 1.
- ① **Низький тиск зворотної води в контурі 1.** Умовою спрацювання технологічного захисту є зниження тиску зворотної води в контурі 1 нижче 0,5 Бар. Для захисту застосовується схема “один з одного”. Захист

активовано постійно. При спрацюванні захисту виконується аварійна зупинка контуру 1.

① **Низька температура етиленгліколю перед теплообмінника пасивного охолодження контуру 2.** Умовою спрацювання технологічного захисту є зниження температури етиленгліколю перед теплообмінника пасивного охолодження контуру 2 нижче 5 °С. Для захисту застосовується схема “один з одного”. Захист активовано постійно. При спрацюванні захисту виконується аварійна зупинка контуру 2.

① **Низький тиск етиленгліколю в контурі 2.** Умовою спрацювання технологічного захисту є зниження тиску етиленгліколю в контурі 2 нижче 0,4 Бар. Для захисту застосовується схема “один з одного”. Захист активовано постійно. При спрацюванні захисту виконується аварійна зупинка контуру 2.

① **Низький тиск зворотної води в контурі 2.** Умовою спрацювання технологічного захисту є зниження тиску зворотної води в контурі 2 нижче 0,5 Бар. Для захисту застосовується схема “один з одного”. Захист активовано постійно. При спрацюванні захисту виконується аварійна зупинка контуру 2.

12.4 Технологічні блокування

- Блокування увімкнення холодильної машини ХМ10, якщо не увімкнено насоси Р10.1 або Р10.2 та Р10.3 або Р10.4.
- Блокування увімкнення холодильної машини ХМ20, якщо не увімкнено насоси Р20.1 або Р20.2 та Р20.3 або Р20.4.
- Блокування увімкнення холодильної машини, якщо наявний аварійний сигнал від підсистеми керування відповідної холодильної машини.
- Блокування увімкнення насосів Р60.1, Р60.2, Р60.3, якщо тиск зворотної води в контурі 1 менше 0,5 Бар.
- Блокування увімкнення насосів Р40.1, Р40.2, Р40.3, якщо тиск зворотної води в контурі 2 менше 0,5 Бар.

- Блокування запуску контуру 1, якщо тиск етиленгліколю в контурі 1 менше 0,5 Бар.
- Блокування запуску контуру 2, якщо тиск етиленгліколю в контурі 2 менше 0,5 Бар.

12.5 Контрольні запитання

- 1) Яке основне призначення холодильної станції на заводі з виробництва лінолеуму?
- 2) Яким чином відбувається охолодження холодоносія при високих температурах зовнішнього повітря?
- 3) Яку перевагу надає застосування розчину етиленгліколю у якості холодоносія?
- 4) Яким чином можна значно підвищити продуктивність градирні?
- 5) Який параметр регулюються за допомогою насосів у контурах 1 і 2?
- 6) Які дії виконуються при низькій температурі етиленгліколю після змішуючого клапану MV51?
- 7) Яке значення тиску етиленгліколю в контурі 1 призводить до активації аварійного захисту, і які наслідки для роботи системи?
- 8) За яких умов відбувається блокування запуску насосів P60.x або P40.x?

13 ЕЛЕВАТОР

Елеватор призначений для підйому, транспортування та зберігання зернових культур. Основна функція елеватора полягає в тому, щоб забезпечити ефективну логістику зберігання і переміщення великих обсягів зерна від місця збору врожаю до місця переробки або відправки на ринки. Він дозволяє організувати накопичення зерна у вертикальних або горизонтальних сховищах (силосах), зберігаючи його в належних умовах до подальшої обробки або експорту.

Функції елеватора включають очищення зерна від домішок, сушку зерна, сортування за якістю, ваговий контроль і забезпечення тривалого зберігання за належних умов вологості та температури. Елеватори також обладнані транспортними механізмами (норіями, конвеєрами), які переміщують зерно і направляють його на завантаження в транспортні засоби або в силоси.

Мнемосхема, що зображує принцип роботи обладнання, а також основні технологічні параметри, наведена на Рисунку 13.1.

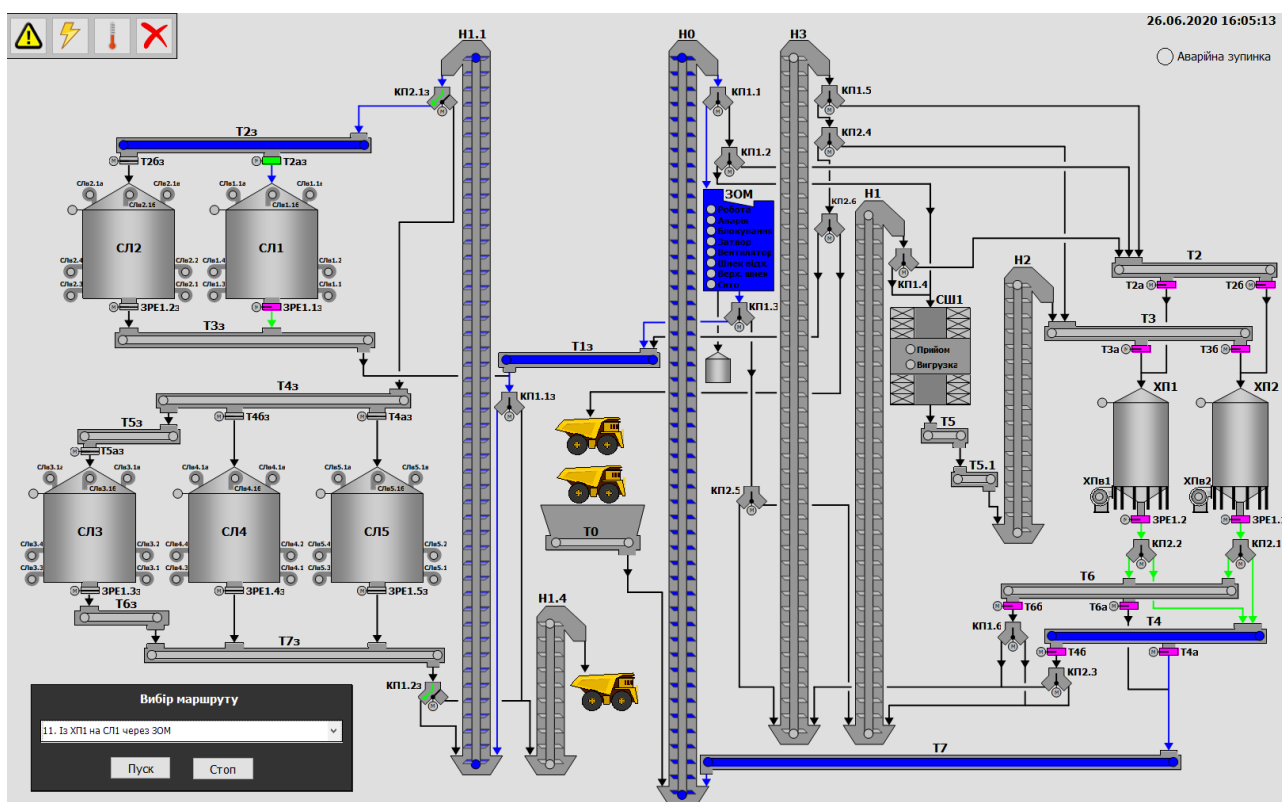


Рисунок 13.1 – Технологічна схема елеватора

13.1 Принцип роботи

Зібране зерно привозять до елеватора і розвантажують за допомогою автомобілерозвантажувачів у бункер прийому. Далі за допомогою транспортера Т0 і норії Н0 зерно потрапляє до зерноочисної машини (ЗОМ) або в сушарку СШ1. В ЗОМ відбувається очищення зерна. Після очищення зерно потрапляє через норію Н1 до СШ1 або через норію Н3 до хоперів ХП1 чи ХП2 для тимчасового зберігання. З СШ1 через норію Н2 зерно потрапляє на транспортер Т3 і ХП1 або ХП2. З ХП1, ХП2 очищене і висушене зерно за допомогою транспортерів Т4, Т6, Т7, Т2з, Т4з, Т5з та норій Н0, Н1.1 потрапляє на зберігання в силосах СЛ1-СЛ5. В силосах СЛ1-СЛ5 контролюється температура зерна за допомогою датчиків, які встановлюються по периметру силоса на різних висотах, щоб отримувати дані в різних його частинах. Якщо температура зерна вища за допустиму, то це свідчить про підвищену його вологість. В такому разі зерно із відповідного силоса через транспортери і норії направляється в сушарку СШ1 для висушування.

Основні технологічні параметри представлені в Таблиці 13.1.

Таблиця 13.1

Параметр	Значення
Температура зерна в силосі №1 (15 датчиків)	0...25 °С
Температура зерна в силосі №2 (15 датчиків)	0...25 °С
Температура зерна в силосі №3 (15 датчиків)	0...25 °С
Температура зерна в силосі №4 (15 датчиків)	0...25 °С
Температура зерна в силосі №5 (15 датчиків)	0...25 °С
Температура навколишнього середовища	-20...40 °С
Рівень зерна в силосі №1	0...20 м
Рівень зерна в силосі №2	0...20 м
Рівень зерна в силосі №3	0...20 м

Параметр	Значення
Рівень зерна в силосі №4	0...20 м
Рівень зерна в силосі №5	0...20 м
Струм двигуна норії Н0	30-35 А
Струм двигуна норії Н1	30-35 А
Струм двигуна норії Н2	30-35 А
Струм двигуна норії Н3	30-35 А
Струм двигуна норії Н1.1	30-35 А
Струм двигуна норії Н1.4	30-35 А

13.2 Контури автоматичного регулювання

Контурів регулювання немає.

13.3 Технологічні захисти

- ① **Високий рівень зерна в силосі.** Умовою спрацювання технологічного захисту є перевищення рівня зерна в силосі №1 (2, 3, 4, 5) вище 19,5 м. Для захисту застосовується схема “один з одного”. Захист активовано постійно. При спрацюванні захисту виконується аварійна зупинка усіх агрегатів маршруту подачі зерна у силос.
- ① **Високий струм норії.** Умовою спрацювання технологічного захисту є перевищення струму норії Н0 (1, 2, 3, 1.1, 1.4) вище 40 А. Для захисту застосовується схема “один з одного”. Захист активовано постійно. При спрацюванні захисту виконується аварійна зупинка усіх агрегатів маршруту транспортування зерна.
- ① **Натиснення кнопок аварійного зупину.** Умовою спрацювання технологічного захисту є натискання будь-якої кнопки аварійного зупину. Захист активовано постійно. При спрацюванні захисту виконується аварійна зупинка усіх агрегатів.

13.4 Технологічні блокування

- 🔒 Блокування запуску/зупинки будь-якого агрегату в ручному режимі, якщо запущений один із маршрутів транспортування зерна.
- 🔒 Блокування запуску іншого маршруту транспортування зерна, якщо запущений інший маршрут, або запущений будь-який агрегат в ручному режимі.

13.5 Контрольні запитання

- 1) Яка основна функція елеватора?
- 2) Які етапи проходить зерно після його розвантаження в бункер прийому до моменту, коли воно потрапляє на зберігання в силосах?
- 3) Які функції виконує зерноочисна машина?
- 4) Як контролюється температура зерна в силосах, і чому це важливо для його зберігання?
- 5) Які транспортні механізми використовуються в елеваторі для переміщення зерна і їх призначення?
- 6) Яке технологічні захисти передбачені для елеватора?
- 7) Які умови блокування запуску маршруту транспортування зерна?

14 ПРИПЛИВНО-ВИТЯЖНА СИСТЕМА З ПЛАСТИНЧАСТИМ РЕКУПЕРАТОРОМ

Припливно-витяжна установка з пластинчастим рекуператором призначена для забезпечення ефективної вентиляції приміщень із мінімальними втратами тепла. Вона виконує дві основні функції: подачу свіжого повітря до приміщення та видалення відпрацьованого повітря, одночасно зберігаючи енергію у вигляді тепла або холоду за допомогою рекуператора. Це дозволяє суттєво знизити енергоспоживання системи опалення або кондиціонування, оскільки повітря, що подається, попередньо нагрівається або охолоджується завдяки відпрацьованому повітрю.

Функція пластинчатого рекуператора полягає у передачі теплової енергії між припливним і витяжним потоками без їх змішування. Це не лише підвищує комфорт у приміщенні, але й значно економить енергію на підтримку оптимальної температури. Установка таким чином забезпечує як якісну вентиляцію, так і енергозбереження, зменшуючи експлуатаційні витрати на кліматичні системи.

Мнемосхема, що зображує принцип роботи обладнання, а також основні технологічні параметри, наведена на Рисунку 14.1.

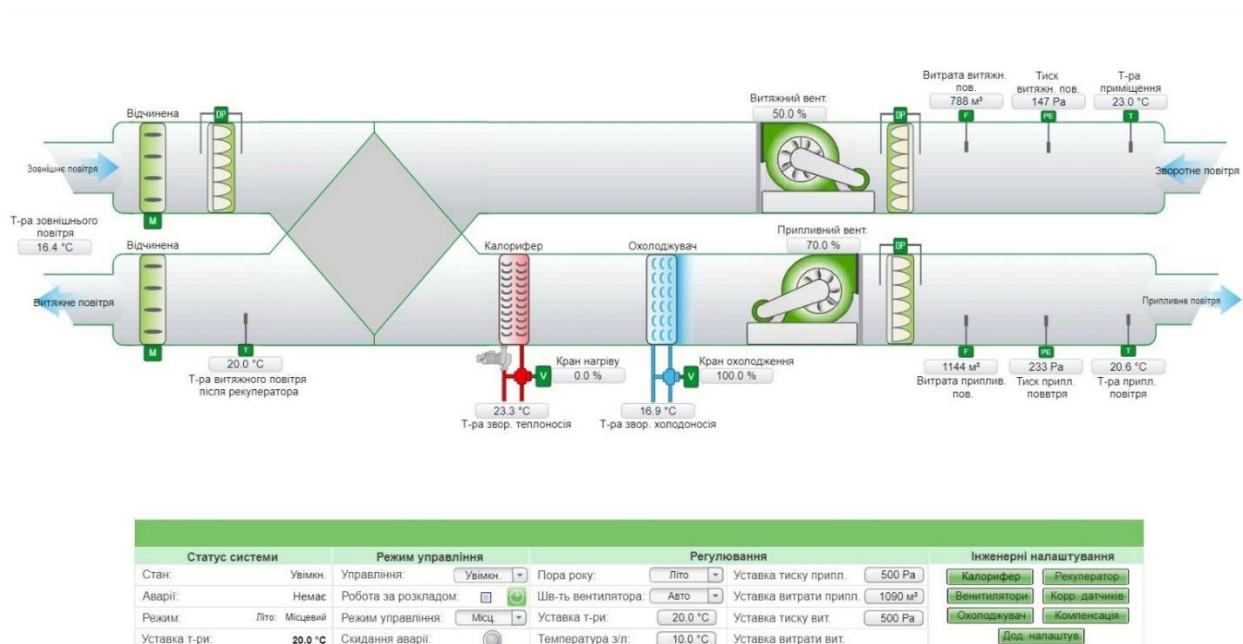


Рисунок 14.1 – Технологічна схема припливно-витяжної системи з
пластинчастим рекуператором

14.1 Принцип роботи

Свіже повітря надходить з вулиці(за допомогою припливного вентилятора) через заслінку припливного повітря, фільтрується та потрапляє до секції рекуператора. В рекуператорі відбувається нагрів або охолодження повітря за рахунок теплообміну з витяжним повітрям. Далі повітря доводиться до потрібної температури за допомогою калорифера нагріву/охолоджувача, шляхом зміни положення триходового клапану калорифера/охолоджувача в залежності від режиму роботи установки (зима/літо). Підготовлене повітря потрапляє до приміщення. Після цього відпрацьоване повітря видаляється за допомогою витяжного вентилятора.

Пластинчастий рекуператор являє собою сукупність пластин з металу, які виконують функцію поділу повітряних потоків, що надходять і видаляються. Через ці пластини відбувається теплообмін від витяжного повітря до припливного. Процес передачі тепла є безперервним через регулярну обтічність пластин повітрям. В зимовий період через перепад температур можливе обмерзання рекуператора. Це призводить до того, що свіже повітря не може потрапити у припливний канал з вулиці оскільки невеликі отвори рекуператора заповнені льодом. В такому випадку повітря з вулиці подається через байпасний повітропровід повз рекуператор. Як тільки за рахунок теплого повітря з приміщення лід на рекуператорі зникає – байпасний повітропровід перекривається і повітря надходить через рекуператор.

Основні технологічні параметри представлені в Таблиці 14.1.

Таблиця 14.1

Параметр	Значення
Витрата припливного повітря	700-1500 м ³
Тиск припливного повітря	100-250 Па
Температура припливного повітря	18-22 °С
Витрата витяжного повітря	700-1500 м ³

Параметр	Значення
Тиск витяжного повітря	100-250 Па
Температура витяжного повітря	18-25 °С
Температура зовнішнього повітря	-20-40 °С
Температура витяжного повітря після рекуператора	10-35 °С
Температура зворотного теплоносія	45-55 °С
Температура зворотного холодоносія	10-18 °С

14.2 Контури автоматичного регулювання

- Регулятор температури припливного повітря.** Регульованим параметром є температура припливного повітря. Керуючий сигнал регулятора впливає на регулюючий 3-х ходовий клапан калорифера нагріву (в режимі “зима”) або на регулюючий 3-х ходовий клапан калорифера охолодження (в режимі “літо”). У режимі “зима” система відслідковує температуру калорифера нагріву для запобігання його замерзання. У цьому режимі заборонено повне закриття регулюючого 3-х ходового клапану калорифера нагріву для можливості циркуляції теплоносія через цей калорифер.
- Регулювання тиску (витрати) припливного повітря.** Регульованим параметром є тиск (витрата) припливного повітря (в залежності від налаштувань). Керуючий сигнал регулятора змінює частоту обертання вентилятора припливного повітря.
- Регулювання тиску (витрати) витяжного повітря.** Регульованим параметром є тиск (витрата) витяжного повітря (в залежності від налаштувань). Керуючий сигнал регулятора змінює частоту обертання вентилятора витяжного повітря.

14.3 Технологічні захисти

- ① **Загроза обмерзання калорифера нагріву.** Умовою спрацювання є сигнал від термостата обмерзання калорифера нагріву. Захист активовано постійно. При спрацюванні захисту виконується аварійна зупинка вентиляційної установки.
- ① **Зупинка вентилятора припливного повітря.** Умовою спрацювання захисту є відсутність перепаду тиску повітря до та після вентилятора припливного повітря від дискретного датчика або сигнал аварії від перетворювача частоти вентилятора припливного повітря. Захист активується після увімкнення вентиляційної установки. При спрацюванні захисту виконується аварійна зупинка вентиляційної установки.
- ① **Зупинка вентилятора витяжного повітря.** Умовою спрацювання захисту є відсутність перепаду тиску повітря до та після вентилятора витяжного повітря від дискретного датчика або сигнал аварії від перетворювача частоти вентилятора припливного повітря. Захист активується після увімкнення вентиляційної установки. При спрацюванні захисту виконується аварійна зупинка вентиляційної установки.
- ① **Обмерзання рекуператора.** Умовою спрацювання захисту є відсутність перепаду тиску повітря до та після рекуператора. Захист активується після увімкнення вентиляційної установки. При спрацюванні захисту виконується відкриття клапана байпасу рекуператора.

14.4 Технологічні блокування

- 🔒 Блокування увімкнення вентиляційної установки при наявності будь-якого сигналу її аварійної зупинки.
- 🔒 Блокування вимкнення насоса в контурі калорифера нагріву у режимі “зима”.
- 🔒 Блокування повного закриття 3-х ходового клапану калорифера нагріву у режимі “зима”.

- Блокування відкриття 3-х ходового клапану калорифера охолодження у режимі “зима”.
- Блокування відкриття 3-х ходового клапану калорифера нагріву у режимі “літо”.

14.5 Контрольні запитання

- 1) Як працює пластинчатий рекуператор у системі, і яку роль він відіграє в процесі вентиляції?
- 2) Які етапи проходить свіже повітря з моменту надходження з вулиці до моменту його подачі в приміщення?
- 3) Які можливі проблеми при роботі системи вентиляції з пластинчатим рекуператором у зимовий період?
- 4) Які параметри регулюються автоматизованою системою?
- 5) Які заходи вживаються для запобігання обмерзанню рекуператора?
- 6) Які сигнали використовуються для спрацювання технологічного захисту зупинки вентилятора витяжного повітря?
- 7) Які блокування для роботи з клапанами калориферів передбачені в режимах “зима” та “літо”?

15 ПРИПЛИВНО-ВИТЯЖНА СИСТЕМА З РОТОРНИМ РЕКУПЕРАТОРОМ

Припливно-витяжна установка з роторним рекуператором призначена для забезпечення ефективного обміну повітря у приміщеннях, використовуючи теплову енергію витяжного повітря. Основним елементом такої системи є роторний рекуператор – це спеціальний обертовий теплообмінник, який нагрівається або охолоджується в залежності від різниці температур витяжного та зовнішнього повітря. Це дозволяє мінімізувати енергетичні витрати на підігрів або охолодження припливного повітря. Роторний рекуператор характеризується високою ефективністю рекуперації тепла (до 85-90%) та тривалим терміном служби. Обертовий рух теплообмінника дозволяє змінювати продуктивність рекуператора та уникати обмерзання у зимовий період, що є перевагою у порівнянні з пластинчатим рекуператором.

Мнемосхема, що зображує принцип роботи обладнання, а також основні технологічні параметри, наведена на Рисунку 15.1.

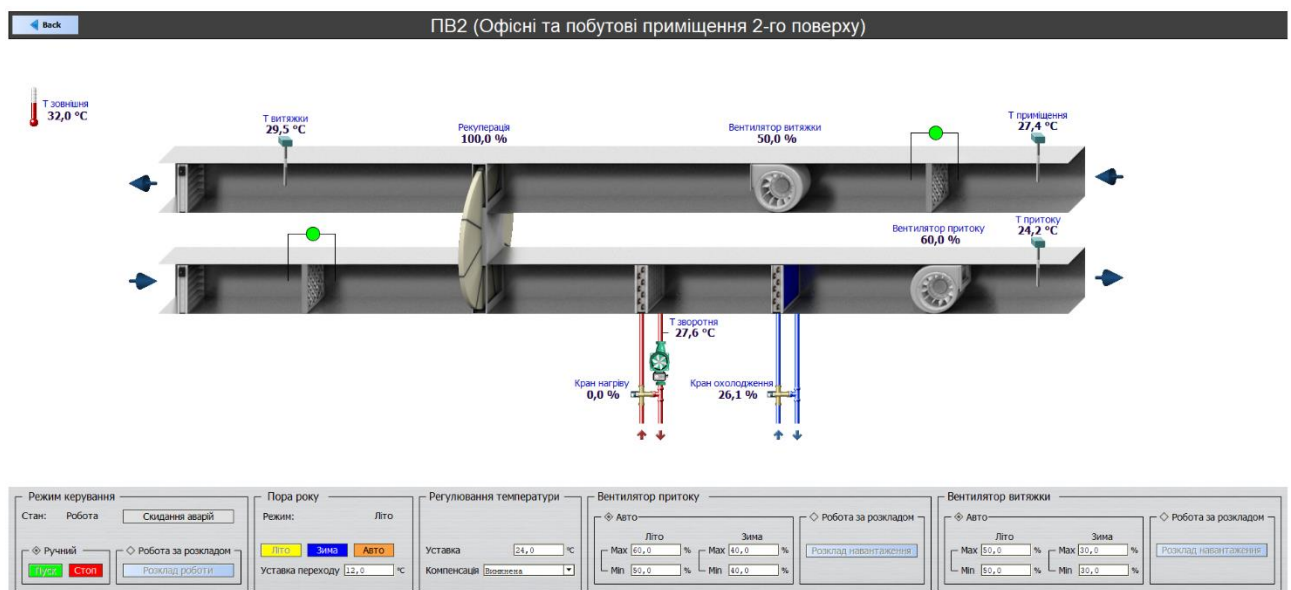


Рисунок 15.1 – Технологічна схема припливно-витяжної системи з роторним рекуператором

15.1 Принцип роботи

Принцип роботи припливно-витяжної системи з роторним рекуператором подібний принципу роботи припливно-витяжної системи з пластинчатим рекуператором, але відрізняється додатковим керуванням рекуператором. Роторний рекуператор представляє собою теплообмінник у вигляді барабана, що складається з сотень шарів гофрованого тонкого металу, через який може вільно проходити повітря. Рекуператор працює за принципом передачі теплової енергії між двома потоками повітря за рахунок обертання. Коли витяжне повітря проходить через ротор, воно передає свою теплову енергію тій частині ротора, яка знаходиться в витяжному каналі, нагріваючи або охолоджуючи його. За рахунок обертання ротора ця частина ротора переміщується в канал припливного повітря, де відбувається передача теплової енергії від ротора припливному повітря. Цикл повторюється, забезпечуючи ефективну передачу теплової енергії між потоками. Змінюючи швидкість обертання ротора рекуператора досягається зміна його продуктивності.

Оскільки роторний рекуператор немає проблем з обмерзанням, то його можна застосовувати постійно. Але використання рекуператора залежить від температури витяжного повітря, температури зовнішнього повітря та заданої температури припливного повітря. Наприклад, якщо витяжне повітря має вищу температуру, ніж зовнішнє повітря, при цьому, задана температура припливного повітря нижча за температуру зовнішнього повітря, то застосування роторного рекуператора, навпаки, буде призводити до зайвої витрати енергії на охолодження. Система керування, за можливості використання рекуператора, намагається регулювати температуру припливного повітря виключно змінюючи частоту обертання рекуператора. Якщо при максимальній продуктивності роторного рекуператора неможливо досягти необхідної температури припливного повітря, то застосовується додатковий нагрів або охолодження повітря у відповідних калориферах.

Основні технологічні параметри представлені в Таблиці 15.1.

Таблиця 15.1

Параметр	Значення
Температура припливного повітря	18-24 °С
Температура повітря в приміщенні	18-28 °С
Температура зовнішнього повітря	-20-40 °С
Температура витяжного повітря після рекуператора	10-35 °С
Температура зворотного теплоносія	45-55 °С

15.2 Конттури автоматичного регулювання

- **Регулятор температури припливного повітря рекуператором.** Регульованим параметром є температура припливного повітря. Керуючий сигнал регулятора впливає на частоту обертання ротора рекуператора. Якщо використання рекуператора неможливе через різницю температур витяжного, зовнішнього повітря та заданої температури припливного повітря, то регулятор вимикається і ротор рекуператора зупиняється.
- **Регулятор температури припливного повітря калорифером.** Регульованим параметром є температура припливного повітря. Керуючий сигнал регулятора впливає на регулюючий 3-х ходовий клапан калорифера нагріву (в режимі “зима”) або на регулюючий 3-х ходовий клапан калорифера охолодження (в режимі “літо”). Регулятор вмикається лише тоді, коли вичерпана можливість зміни температури припливного повітря за допомогою рекуператора. У режимі “зима” обмеження на повне закриття 3-х ходового клапану калорифера нагріву аналогічні, як і для припливно-витяжної системи з пластинчатим рекуператором.
- **Регулятор температури повітря в приміщенні.** Цей регулятор може застосовуватися як альтернатива регулюванню температури припливного повітря (в залежності від налаштувань). Регульованим параметром є температура повітря в приміщенні. Керуючий сигнал регулятора є завданням для регуляторів припливного повітря.

15.3 Технологічні захисти

- ① **Загроза обмерзання калорифера нагріву.** Умовою спрацювання є сигнал від термостата обмерзання калорифера нагріву. Захист активовано постійно. При спрацюванні захисту виконується аварійна зупинка вентиляційної установки.
- ① **Зупинка вентилятора припливного повітря.** Умовою спрацювання захисту є відсутність перепаду тиску повітря до та після вентилятора припливного повітря від дискретного датчика або сигнал аварії від перетворювача частоти вентилятора припливного повітря. Захист активується після увімкнення вентиляційної установки. При спрацюванні захисту виконується аварійна зупинка вентиляційної установки.
- ① **Зупинка вентилятора витяжного повітря.** Умовою спрацювання захисту є відсутність перепаду тиску повітря до та після вентилятора витяжного повітря від дискретного датчика або сигнал аварії від перетворювача частоти вентилятора припливного повітря. Захист активується після увімкнення вентиляційної установки. При спрацюванні захисту виконується аварійна зупинка вентиляційної установки.
- ① **Аварійна зупинка рекуператора.** Умовою спрацювання захисту є аварійний сигнал від перетворювача частоти рекуператора. Захист активується після увімкнення вентиляційної установки. При спрацюванні захисту виконується аварійна зупинка вентиляційної установки.

15.4 Технологічні блокування

- 🔒 Блокування увімкнення вентиляційної установки при наявності будь-якого сигналу її аварійної зупинки.
- 🔒 Блокування вимкнення насоса в контурі калорифера нагріву у режимі “зима”.
- 🔒 Блокування повного закриття 3-х ходового клапану калорифера нагріву у режимі “зима”.

- Блокування відкриття 3-х ходового клапану калорифера охолодження у режимі “зима”.
- Блокування відкриття 3-х ходового клапану калорифера нагріву у режимі “літо”.

15.5 Контрольні запитання

- 1) Які переваги роторного рекуператора в порівнянні з пластинчатим рекуператором?
- 2) Як відбувається процес передачі теплової енергії між витяжним і припливним повітрям у роторному рекуператорі?
- 3) Які фактори впливають на можливість використання роторного рекуператора для забезпечення заданої температури припливного повітря?
- 4) Як працює регулятор температури припливного повітря?
- 5) За рахунок чого припливно-витяжна установка з роторним рекуператором дозволяє знизити енергетичні витрати?
- 6) Які технологічні блокування передбачені для роботи вентиляційної установки в режимі "зима"?
- 7) Що є джерелом сигналу для технологічного захисту про аварійну зупинку рекуператора?

16 ПРИПЛИВНО-ВИТЯЖНА СИСТЕМА З РЕЦИРКУЛЯЦІЄЮ

Припливно-витяжна система з рециркуляцією призначена для подачі підготовленого припливного повітря в приміщення та видалення забрудненого повітря. При цьому частина витяжного повітря може повертатися назад у приміщення через заслінку рециркуляції. Така система дозволяє зменшити витрати на підігрів або охолодження припливного повітря, оскільки рециркуляційне повітря вже має комфортну температуру.

Припливно-витяжна система з рециркуляцією може бути застосована тільки в тих випадках, коли повітря, що надходить із приміщення, не містить шкідливих речовин та токсичних домішок. При чому, у випадку можливості використання такої системи, обсяг зовнішнього повітря в припливному повітрі повинен відповідати всім санітарно-гігієнічним нормам для даного типу приміщення. Для контролю якості повітря у приміщенні і регулювання частки рециркуляційного повітря у припливному повітрі рекомендується використовувати датчик вмісту CO₂.

Мнемосхема, що зображує принцип роботи обладнання, а також основні технологічні параметри, наведена на Рисунку 16.1.

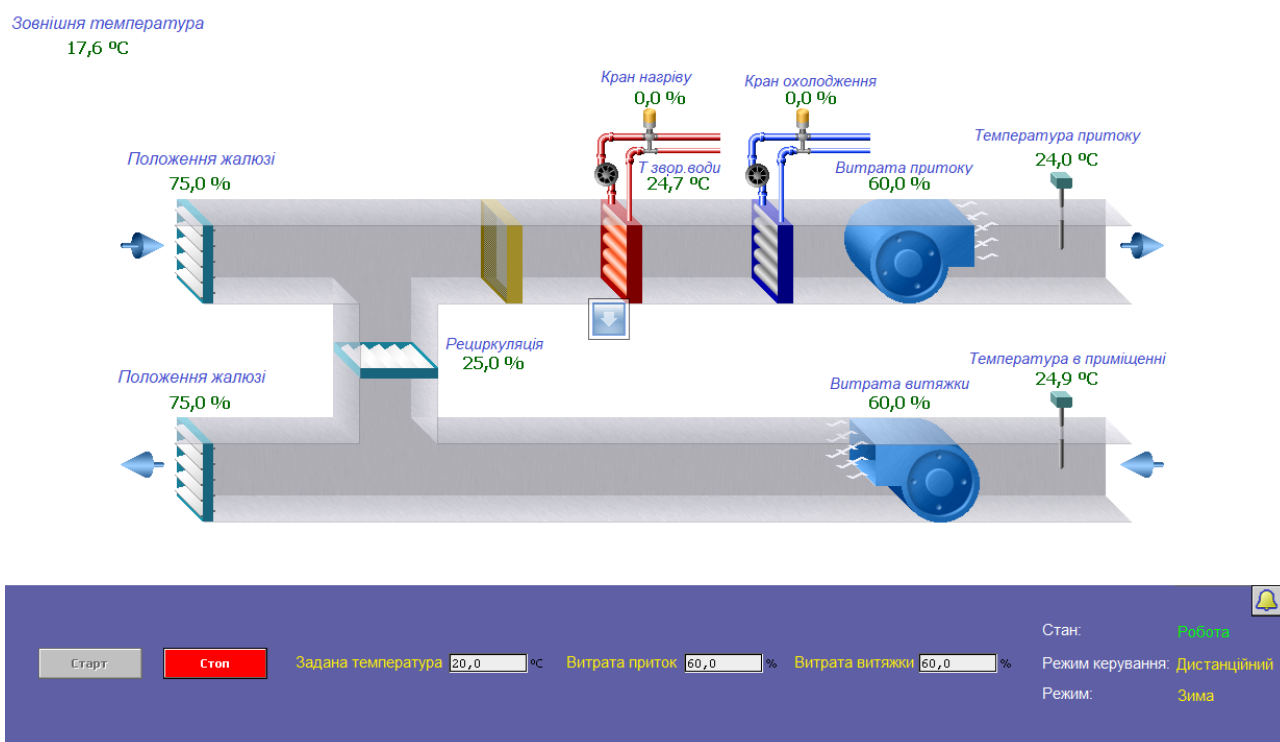


Рисунок 16.1 – Технологічна схема припливно-витяжної системи з рециркуляцією

16.1 Принцип роботи

Принцип роботи припливно-витяжної системи з рециркуляцією аналогічний системам з рекуператорами, але відрізняється тим, що секція рекуперації замінена секцією рециркуляції. Витяжний вентилятор видаляє частину повітря з приміщення, а інша частина цього повітря після очищення змішується з припливним свіжим повітрям і повертається назад у приміщення.

Система керування, за можливості використовує рециркуляційне повітря, намагається регулювати температуру припливного повітря виключно змінюючи положення заслінки рециркуляції та жалюзі припливного і витяжного каналів. При цьому заслінка рециркуляції і жалюзі працюють у протифазі, тобто, коли заслінка рециркуляції відкривається, то жалюзі закриваються і навпаки. Якщо при досягненні максимального ступеня відкриття заслінки рециркуляції температура припливного повітря не досягла заданого значення, то застосовується додатковий нагрів або охолодження повітря у відповідних калориферах. Слід зазначити, що максимальний ступінь відкриття заслінки рециркуляції повинен бути обмежений для забезпечення притоку свіжого зовнішнього повітря.

Основні технологічні параметри представлені в Таблиці 16.1.

Таблиця 16.1

Параметр	Значення
Температура припливного повітря	18-24 °C
Температура повітря в приміщенні	18-28 °C
Температура зовнішнього повітря	-20-40 °C
Температура зворотного теплоносія	45-55 °C

16.2 Контури автоматичного регулювання

- **Регулятор температури припливного повітря рециркуляцією.**
Регульованим параметром є температура припливного повітря. Керуючий

сигнал регулятора впливає на положення заслінки рециркуляції та жалюзі припливного та витяжного каналів.

- **Регулятор температури припливного повітря калорифером.** Регульованим параметром є температура припливного повітря. Керуючий сигнал регулятора впливає на регулюючий 3-х ходовий клапан калорифера нагріву (в режимі “зима”) або на регулюючий 3-х ходовий клапан калорифера охолодження (в режимі “літо”). Регулятор вмикається лише тоді, коли вичерпана можливість зміни температури припливного повітря за допомогою рециркуляції (досягнуто максимального чи мінімального положення заслінки рециркуляції). У режимі “зима” обмеження на повне закриття 3-х ходового клапану калорифера нагріву аналогічні, як і для припливно-витяжної системи з пластинчатим рекуператором.

16.3 Технологічні захисти

- ① **Загроза обмерзання калорифера нагріву.** Умовою спрацювання є сигнал від термостата обмерзання калорифера нагріву. Захист активовано постійно. При спрацюванні захисту виконується аварійна зупинка вентиляційної установки.
- ① **Зупинка вентилятора припливного повітря.** Умовою спрацювання захисту є відсутність перепаду тиску повітря до та після вентилятора припливного повітря від дискретного датчика або сигнал аварії від перетворювача частоти вентилятора припливного повітря. Захист активується після увімкнення вентиляційної установки. При спрацюванні захисту виконується аварійна зупинка вентиляційної установки.
- ① **Зупинка вентилятора витяжного повітря.** Умовою спрацювання захисту є відсутність перепаду тиску повітря до та після вентилятора витяжного повітря від дискретного датчика або сигнал аварії від перетворювача частоти вентилятора припливного повітря. Захист активується після увімкнення вентиляційної установки. При спрацюванні захисту виконується аварійна зупинка вентиляційної установки.

16.4 Технологічні блокування

- ☐ Блокування увімкнення вентиляційної установки при наявності будь-якого сигналу її аварійної зупинки.
- ☐ Блокування вимкнення насоса в контурі калорифера нагріву у режимі “зима”.
- ☐ Блокування повного закриття 3-х ходового клапану калорифера нагріву у режимі “зима”.
- ☐ Блокування відкриття 3-х ходового клапану калорифера охолодження у режимі “зима”.
- ☐ Блокування відкриття 3-х ходового клапану калорифера нагріву у режимі “літо”.

16.5 Контрольні запитання

- 1) Які умови повинні бути дотримані для використання системи з рециркуляцією, особливо щодо якості повітря?
- 2) Яким роль відіграє датчик вмісту CO₂ для вентиляційної системи з рециркуляцією?
- 3) Яка принципова відмінність між системою з рециркуляцією та системами з рекуператорами?
- 4) Які дії вживаються, якщо температура припливного повітря не досягає заданого значення, навіть при максимальному відкритті заслінки рециркуляції?
- 5) На які виконавчі механізми впливає регулятор температури припливного повітря?
- 6) Яка умова повинна виконуватися для спрацювання технологічного захисту від обмерзання калорифера нагріву?
- 7) Які несправності можуть спричинити аварійну зупинку вентиляційної установки?

17 ВЕНТИЛЯЦІЙНА СИСТЕМА КОВЗАНКИ З ОСУШУВАЧЕМ

Вентиляційна система ковзанки з осушувачем – це припливно-витяжна система, яка виконує дві функції - подача свіжого повітря та осушення повітря у критих ковзанках. Залежно від функціональної необхідності у будівлі ковзанки необхідно підтримувати різні вимоги до мікроклімату та льодового покриття. Вентиляційна система ковзанки забезпечує необхідні параметри мікроклімату, а саме – температуру повітря, вологість повітря та вміст CO_2 у повітрі. При відхиленні цих параметрів від заданих значень у будівлі ковзанки можуть виникати наступні проблеми:

- утворення туману/водяної пари на поверхні ковзанки;
- погіршення якості льоду;
- збільшення витрат на обслуговування;
- утворення конденсату на внутрішніх стінах та даху арени;
- корозія на поверхні металевих конструкцій;
- розвиток цвілі та бактерій;
- запотівання скляних конструкцій та борту манежу.

Оскільки через різницю температур між холодною поверхнею льоду і теплішим повітрям при високій вологості повітря може утворюватися туман, то повітря в будівлі ковзанки необхідно осушувати. Зниження вологості повітря відбувається за рахунок роботи осушувача повітря, який відбирає повітря з будівлі ковзанки, осушує його і подає назад у будівлю. Такий підхід більш енергоефективний, ніж інтенсивна вентиляція приміщення за допомогою підготовленого припливного повітря, оскільки повітря у приміщенні вже має необхідну температуру. Отже, осушувач повітря виконує функцію підтримки вологості повітря у приміщенні. В свою чергу, припливно-витяжна вентиляційна установка забезпечує необхідну температуру повітря у приміщенні і вміст CO_2 за рахунок подачі підготовленого свіжого повітря та видалення забрудненого витяжного повітря.

Мнемосхема, що зображує принцип роботи обладнання, а також основні технологічні параметри, наведена на Рисунку 17.1.

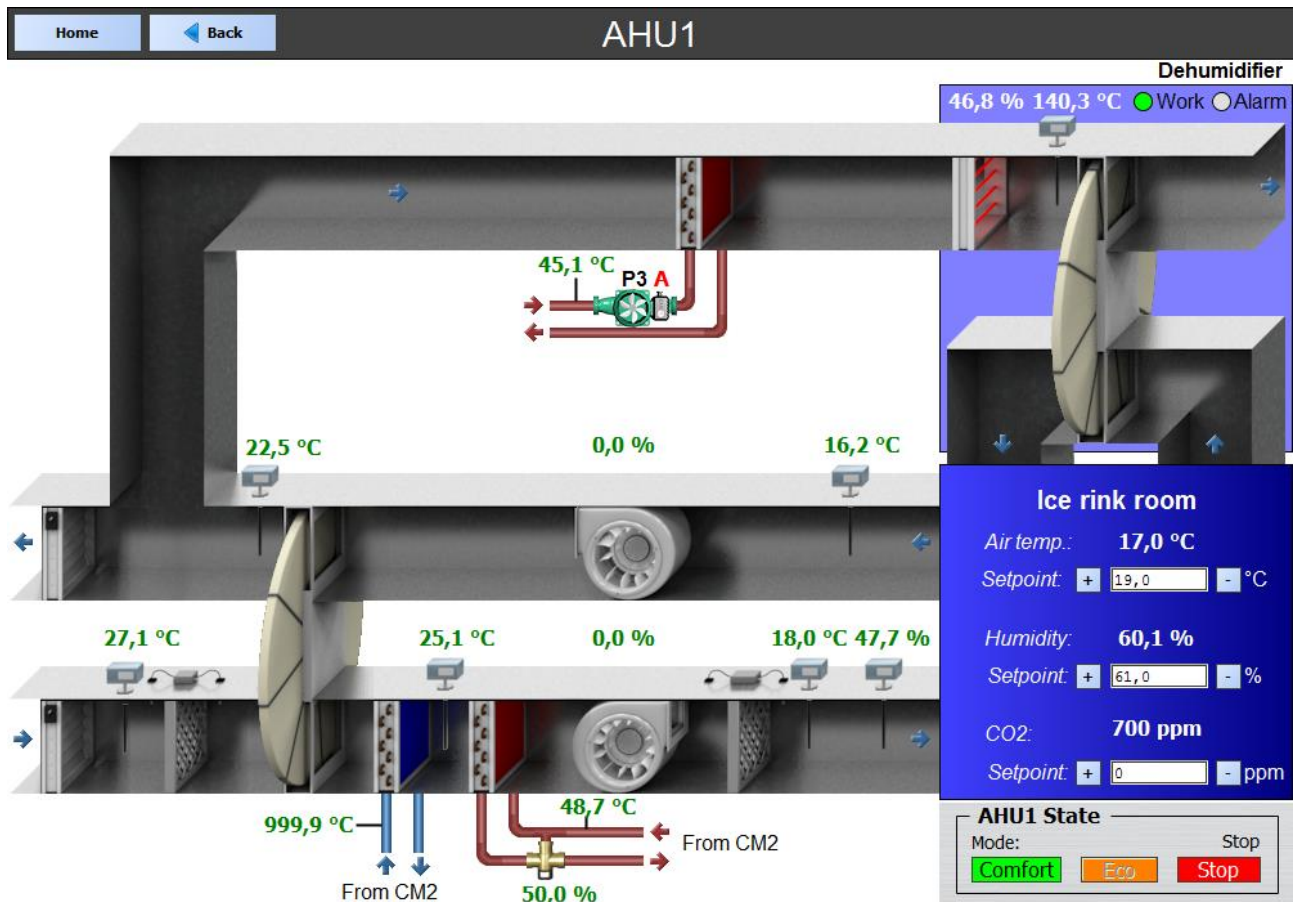


Рисунок 17.1 – Технологічна схема вентиляційної системи ковзанки з осушувачем

17.1 Принцип роботи

Принцип роботи припливно-витяжної установки з роторним рекуператором для забезпечення необхідної температури припливного повітря описаний у розділі 15. Для забезпечення необхідного вмісту CO₂ у повітрі приміщення змінюється частота обертання вентиляторів припливного і витяжного повітря. Таким чином, при низькому значенню вмісту CO₂, наприклад, коли на ковзанці невелика кількість відвідувачів, вентилятори працюють зі зменшеною потужністю, що дозволяє зменшити використання електроенергії. Відповідно, при великій кількості відвідувачів вміст CO₂ збільшується і вентилятори працюють з більшою частотою.

Для забезпечення необхідної вологості в приміщенні застосовується осушувач адсорбційного типу. Метод осушення ґрунтується на проходженні повітря через секцію осушувального агрегату, заповнену сорбентом. Для отримання якомога більшої поверхні адсорбції секція повторює конструкцію роторного рекуператора. При обертанні поверхня секції, що знаходиться в цей момент в потоці повітря, яке надходить з приміщення, поглинає з нього водяну пару. При продовженні руху ця частина секції потрапляє в зону регенерації. Оскільки в міру насичення сорбенту вологою ефективність осушення знижується, то в зоні регенерації для випарювання вологи сорбент періодично продувається потоком гарячого повітря, яке нагрівається за допомогою електрокалорифера. Осушене повітря подається назад у приміщення. Завдяки сухому вуличному повітрю в зимовий період застосування адсорбційного осушувача не потрібне. В інші періоди вуличне повітря стає більш вологим, що потребує застосування осушувача.

Основні технологічні параметри представлені в Таблиці 17.1.

Таблиця 17.1

Параметр	Значення
Температура припливного повітря	15-20 °C
Вологість припливного повітря	30-60 %
Температура витяжного повітря	15-20 °C
Температура повітря ковзанки	15-20 °C
Вологість повітря ковзанки	40-70 %
Вміст CO ₂ у повітрі ковзанки	0-2000 ppm
Температура витяжного повітря після рекуператора	15-30 °C
Температура повітря після калорифера охолодження	15-20 °C
Температура зовнішнього повітря	10-40 °C
Температура повітря перед рекуператором осушувача	120-150 °C
Температура теплоносія на вході калорифера припливної секції	35-55 °C

Параметр	Значення
Температура теплоносія на вході калорифера секції осушувача	35-55 °C
Температура холодоносія на вході калорифера припливної секції	10-15 °C
Положення 3-ходового крану	0-100 %
Частота обертання вентилятора притоку	0-100 %
Частота обертання вентилятора витяжки	0-100 %
Потужність електрокалорифера осушувача	0-100 %

17.2 Контури автоматичного регулювання

- Регулятор температури припливного повітря рекуператором.**
 Регульованим параметром є температура припливного повітря. Керуючий сигнал регулятора впливає на частоту обертання ротора рекуператора. Якщо використання рекуператора неможливе через різницю температур витяжного, зовнішнього повітря та заданої температури припливного повітря, то регулятор вимикається і ротор рекуператора зупиняється.
- Регулятор температури припливного повітря калорифером.**
 Регульованим параметром є температура припливного повітря. Керуючий сигнал регулятора впливає на регулюючий 3-х ходовий клапан калорифера нагріву (в режимі “зима”) або на регулюючий 3-х ходовий клапан калорифера охолодження (в режимі “літо”). Регулятор вмикається лише тоді, коли вичерпана можливість зміни температури припливного повітря за допомогою рекуператора. У режимі “зима” обмеження на повне закриття 3-х ходового клапану калорифера нагріву аналогічні, як і для припливно-витяжної системи з пластинчатим рекуператором.
- Регулятор температури повітря в приміщенні.** Регулятор застосовується як альтернатива регулюванню температури припливного повітря (в залежності від налаштувань). Регульованим параметром є

температура повітря в приміщенні. Керуючий сигнал регулятора є завданням для регуляторів припливного повітря.

- **Регулятор вмісту CO₂ у повітрі приміщення.** Регульованим параметром є вміст CO₂ у повітрі приміщення. Керуючий сигнал регулятора впливає на частоту обертання вентиляторів припливного і витяжного повітря одночасно.
- **Регулятор вологості повітря в приміщенні.** Регульованим параметром є вологість повітря у приміщенні. Керуючий сигнал регулятора впливає ввімкнення/вимкнення осушувача повітря (роботу ротора рекуператора). Керування відбувається з певним гістерезисом на вимкнення осушувача.

17.3 Технологічні захисти

- ① **Загроза обмерзання калорифера нагріву.** Умовою спрацювання є сигнал від термостата обмерзання калорифера нагріву. Захист активовано постійно. При спрацюванні захисту виконується аварійна зупинка вентиляційної установки.
- ① **Перегрів електрокалорифера осушувача повітря.** Умовою спрацювання захисту є сигнал від дискретного датчика перегріву електрокалорифера осушувача повітря. Захист активується після увімкнення вентиляційної установки. При спрацюванні захисту виконується аварійна зупинка вентиляційної установки.
- ① **Зупинка вентилятора припливного повітря.** Умовою спрацювання захисту є відсутність перепаду тиску повітря до та після вентилятора припливного повітря від дискретного датчика або сигнал аварії від перетворювача частоти вентилятора припливного повітря. Захист активується після увімкнення вентиляційної установки. При спрацюванні захисту виконується аварійна зупинка вентиляційної установки.
- ① **Зупинка вентилятора витяжного повітря.** Умовою спрацювання захисту є відсутність перепаду тиску повітря до та після вентилятора витяжного повітря від дискретного датчика або сигнал аварії від перетворювача

частоти вентилятора припливного повітря. Захист активується після увімкнення вентиляційної установки. При спрацюванні захисту виконується аварійна зупинка вентиляційної установки.

❗ **Аварійна зупинка рекуператора.** Умовою спрацювання захисту є аварійний сигнал від перетворювача частоти рекуператора. Захист активується після увімкнення вентиляційної установки. При спрацюванні захисту виконується аварійна зупинка вентиляційної установки.

❗ **Аварійна зупинка рекуператора осушувача.** Умовою спрацювання захисту є аварійний сигнал від перетворювача частоти рекуператора осушувача. Захист активується після увімкнення вентиляційної установки. При спрацюванні захисту виконується аварійна зупинка вентиляційної установки.

17.4 Технологічні блокування

🔒 Блокування увімкнення вентиляційної установки при наявності будь-якого сигналу її аварійної зупинки.

17.5 Контрольні запитання

- 1) Які основні функції виконує вентиляційна система ковзанки?
- 2) Які проблеми можуть виникнути в будівлі ковзанки при відхиленні параметрів мікроклімату від заданих значень?
- 3) Як осушувач повітря взаємодіє з вентиляційною системою, і чому його використання є енергоефективнішим?
- 4) За яким параметром регулюються частота обертання вентиляторів і яку роль це відіграє для енергозбереження?
- 5) Який принцип роботи адсорбційного осушувача, і як відбувається процес регенерації сорбента?
- 6) Який датчик застосовується для технологічного захисту при зупинці вентиляторів припливного і витяжного повітря?

18 ХОЛОДИЛЬНА МАШИНА ДЛЯ ОХОЛОДЖЕННЯ КОВЗАНКИ

Холодильна машина для охолодження ковзанки виконує функцію підтримки стабільної температури льодового покриття, забезпечуючи його придатність для ковзання. Основна задача такої системи — створення і утримання шару льоду на ковзанці при необхідній температурі, яка зазвичай коливається від -5°C до -10°C , залежно від типу ковзанки. Це дозволяє воді замерзати до твердого стану і зберігати оптимальні умови для ковзання, незалежно від зовнішніх температурних змін.

Холодильна машина забезпечує циркуляцію охолоджувальної рідини через трубопроводи, розміщені під льодяною поверхнею. Ця рідина відводить тепло, що утворюється на поверхні ковзанки, і дозволяє підтримувати постійну низьку температуру льоду. Завдяки цьому забезпечується рівномірне охолодження всього льодового поля, що особливо важливо для змагань і масових катань.

Мнемосхема, що зображує принцип роботи обладнання, а також основні технологічні параметри, наведена на Рисунку 18.1.

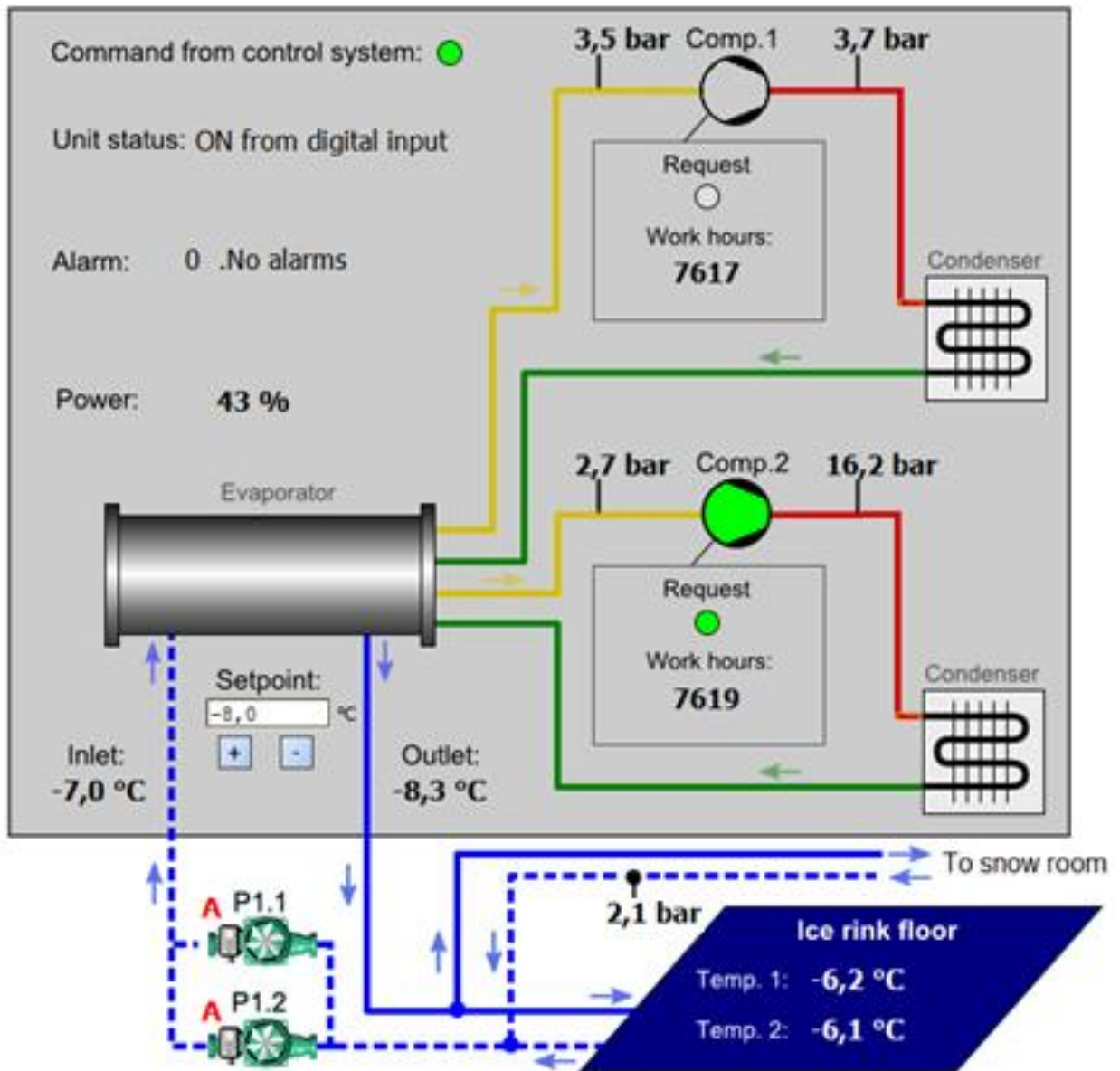


Рисунок 18.1 – Технологічна схема холодильної машини для охолодження ковзанки

18.1 Принцип роботи

В основі роботи холодильної машини покладений холодильний цикл. Холодоагент (фреон) з випарника поступає в компресор і стискається, що призводить до значного підвищення його температури. Після стиснення гарячий газоподібний фреон надходить у конденсатор, де відбувається його теплообмін із зовнішнім середовищем, яке має нижчу температуру. Завдяки теплообміну у конденсаторі фреон охолоджується і конденсується. З конденсатора рідкий фреон проходить через дросельний вентиль де його тиск різко падає, що

призводить до зниження температури та утворення суміші рідини і пари. Таким чином, з дросельного вентиля виходить насичена рідина і насичена пара. Насичена пара подається на вхід компресора, а рідкий фреон – у випарник. У випарнику фреон у результаті теплообміну нагрівається і випаровується. В свою чергу, у вторинному контурі відбувається охолодження рідини, що охолоджує ковзанку. Після випарника газоподібний фреон потрапляє у компресор і холодильний цикл повторюється знову. Інтенсивність охолодження залежить від ступеню стиснення фреону у компресорі і, відповідно, від частоти його обертання.

Основні технологічні параметри представлені в Таблиці 18.1.

Таблиця 18.1

Параметр	Значення
Температура холодоносія на вході ХМ	-6-(-8) °C
Температура холодоносія на виході ХМ	-8-(-10) °C
Температура льоду д.1	-6-(-8) °C
Температура льоду д.2	-6-(-8) °C
Тиск холодоносія	2-3 Бар
Тиск фреону перед компресором 1	2-5 Бар
Тиск фреону після компресора 1	15-18 Бар
Тиск фреону перед компресором 2	2-5 Бар
Тиск фреону після компресора 2	15-18 Бар
Температура води в баці льодогенератора	35-55 °C

18.2 Конттури автоматичного регулювання

- **Регулятор температури холодоносія.** Регульованим параметром є температура холодоносія на виході ХМ. Керуючий сигнал регулятора впливає на частоту обертання компресорів ХМ. Кількість робочих компресорів змінюється в залежності від навантаження, при високому

навантаженню працюють обидва компресори, а при низькому – лише один компресор.

18.3 Технологічні захисти

- ① **Високий тиск фреону після компресора 1.** Умовою спрацювання технологічного захисту є збільшення тиску фреону після компресора 1 вище 22 Бар. Для захисту застосовується схема “один з одного”. Захист активується після увімкнення холодильної машини. При спрацюванні захисту виконується аварійна зупинка холодильної машини.
- ① **Високий тиск фреону після компресора 2.** Умовою спрацювання технологічного захисту є збільшення тиску фреону після компресора 2 вище 22 Бар. Для захисту застосовується схема “один з одного”. Захист активується після увімкнення холодильної машини. При спрацюванні захисту виконується аварійна зупинка холодильної машини.
- ① **Низький тиск фреону перед компресором 1.** Умовою спрацювання технологічного захисту є зниження тиску фреону перед компресором 1 нижче 2 Бар. Для захисту застосовується схема “один з одного”. Захист активується після увімкнення холодильної машини. При спрацюванні захисту виконується аварійна зупинка холодильної машини.
- ① **Низький тиск фреону перед компресором 2.** Умовою спрацювання технологічного захисту є зниження тиску фреону перед компресором 2 нижче 2 Бар. Для захисту застосовується схема “один з одного”. Захист активується після увімкнення холодильної машини. При спрацюванні захисту виконується аварійна зупинка холодильної машини.
- ① **Відсутність потоку через випаровувач.** Умовою спрацювання технологічного захисту є зникнення сигналу наявності потоку через випаровувач холодильної машини. Захист активується після увімкнення холодильної машини. При спрацюванні захисту виконується аварійна зупинка холодильної машини.

⚠ **Перегрів компресора 1.** Умовою спрацювання захисту є сигнал від дискретного датчика перегріву компресора 1. Захист активується після увімкнення холодильної машини. При спрацюванні захисту виконується аварійна зупинка холодильної машини.

⚠ **Перегрів компресора 2.** Умовою спрацювання захисту є сигнал від дискретного датчика перегріву компресора 2. Захист активується після увімкнення холодильної машини. При спрацюванні захисту виконується аварійна зупинка холодильної машини.

18.4 Технологічні блокування

- 🔒 Блокування увімкнення холодильної машини, якщо відсутній сигнал наявності протоку через випаровувач.
- 🔒 Блокування увімкнення холодильної машини при наявності будь-якого сигналу її аварійної зупинки.

18.5 Контрольні запитання

- 1) Як холодильна машина забезпечує циркуляцію охолоджувальної рідини та яка роль цієї рідини в підтримці температури льоду?
- 2) Що таке холодильний цикл і які ключові етапи цього процесу?
- 3) Як змінюється інтенсивність охолодження?
- 4) Які автоматичні регулятори використовуються в системі?
- 5) Що впливає на режими роботи компресорів і як ці режими змінюються?
- 6) Яким чином відслідковується перегрів компресора холодильної машини?
- 7) При відсутності якого сигналу заборонено увімкнення холодильної машини?

19 ХОЛОДИЛЬНА МАШИНА З РЕКУПЕРАЦІЄЮ ТЕПЛА

Холодильна машина з рекуперацією тепла призначена для підготовки холодоносія для споживачів, наприклад, вентиляційних установок, а також для ефективного відведення і повторного використання (рекуперації) тепла, що утворюється в процесі роботи. Завдяки використанню рекуперації тепла, холодильна машина має значно вищу енергоефективність. Частина теплової енергії, яка в іншому випадку була б втрачена, повертається для корисного використання, що знижує загальні витрати на роботу та експлуатацію інженерних систем будівель.

Мнемосхема, що зображує принцип роботи обладнання, а також основні технологічні параметри, наведена на Рисунку 19.1.

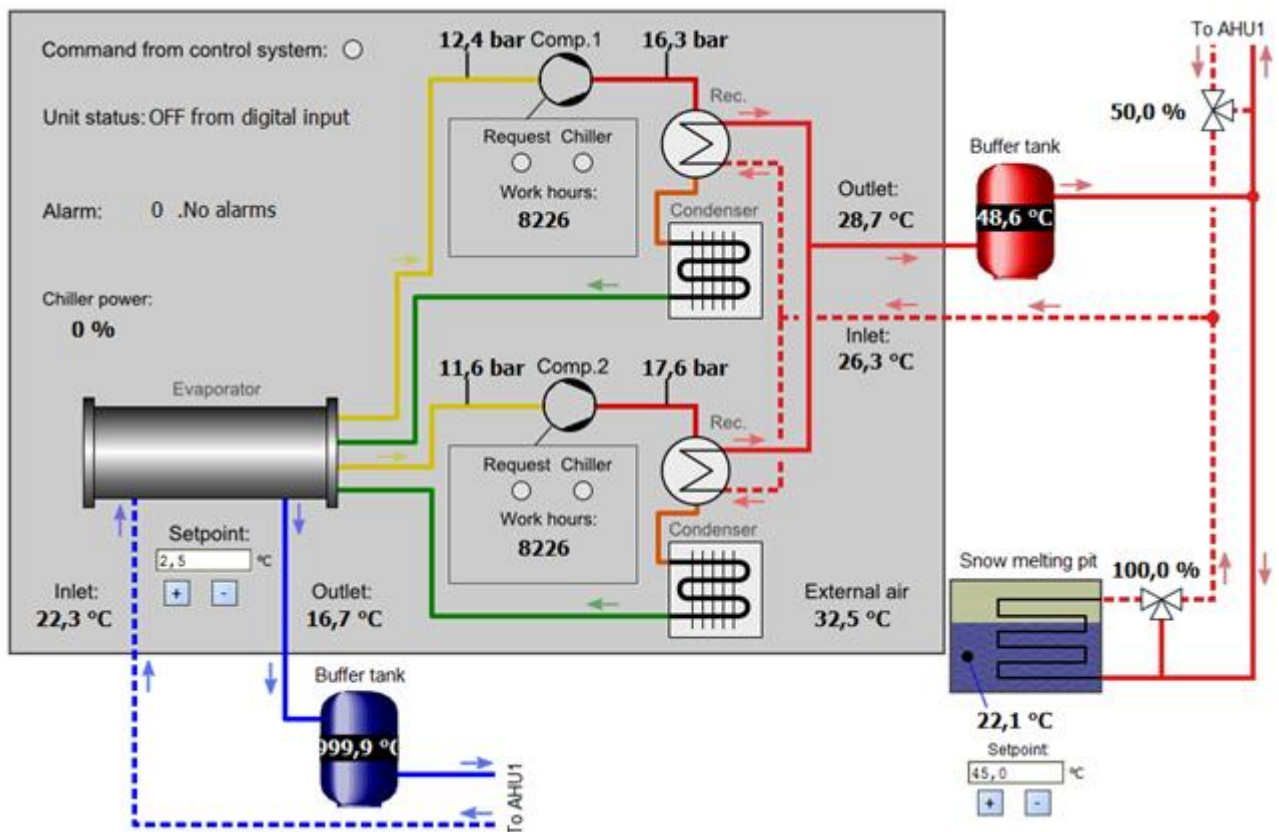


Рисунок 19.1 – Технологічна схема холодильної машини з рекуперацією тепла

19.1 Принцип роботи

Принцип роботи будь-якої холодильної машини побудований на використанні холодильного циклу. Холодильна машина з рекуперацією тепла

відрізняється тим, що стиснутий гарячий фреон після компресора спочатку проходить через додатковий теплообмінник, де віддає частину теплоти вторинному контуру з баком-акумулятором теплоносія. Після цього теплообмінника фреон потрапляє в конденсатор, де конденсується. Процес рекуперації є додатковим етапом холодильного циклу. Більш детально про холодильний цикл див. розділ «Холодильна машина для охолодження ковзанки». З баку-акумулятору теплоносії використовується для різних споживачів, наприклад, системи вентиляції або системи підготовки льоду для ковзанки.

Основні технологічні параметри представлені в Таблиці 19.1.

Таблиця 19.1

Параметр	Значення
Температура холодоносія на вході ХМ	9-15 °С
Температура холодоносія на виході ХМ	6-8 °С
Тиск фреону перед компресором 1	5-15 Бар
Тиск фреону після компресора 1	15-20 Бар
Тиск фреону перед компресором 2	5-15 Бар
Тиск фреону після компресора 2	15-20 Бар
Температура води в буферному баці	35–55 °С
Температура води на вході контуру рекуперації тепла	15–30 °С
Температура води на виході контуру рекуперації тепла	35–55 °С
Температура зовнішнього повітря	-20-40 °С
Температура води в баці танення льоду	40-50 °С

19.2 Контури автоматичного регулювання

- **Регулятор температури холодоносія.** Регульованим параметром є температура холодоносія на виході ХМ. Керуючий сигнал регулятора впливає на частоту обертання компресорів ХМ. Кількість робочих

компресорів змінюється в залежності від навантаження, при високому навантаженню працюють обидва компресори, а при низькому – лише один компресор.

- **Регулятор температури води в баці танення льоду.** Регульованим параметром є температура води в баці танення льоду. Керуючий сигнал регулятора впливає на регулюючий 3-х ходовий клапан теплообмінника нагріву в баці танення льоду.

19.3 Технологічні захисти

① **Низька температура холодоносія на виході холодильної машини.**

Умовою спрацювання технологічного захисту є зниження температури холодоносія на виході холодильної машини нижче 5,0 °С. Для захисту застосовується схема “один з одного”. Захист активується після увімкнення холодильної машини. При спрацюванні захисту виконується аварійна зупинка холодильної машини.

① **Високий тиск фреону після компресора 1.**

Умовою спрацювання технологічного захисту є збільшення тиску фреону після компресора 1 вище 22 Бар. Для захисту застосовується схема “один з одного”. Захист активується після увімкнення холодильної машини. При спрацюванні захисту виконується аварійна зупинка холодильної машини.

① **Високий тиск фреону після компресора 2.**

Умовою спрацювання технологічного захисту є збільшення тиску фреону після компресора 2 вище 22 Бар. Для захисту застосовується схема “один з одного”. Захист активується після увімкнення холодильної машини. При спрацюванні захисту виконується аварійна зупинка холодильної машини.

① **Низький тиск фреону перед компресором 1.**

Умовою спрацювання технологічного захисту є зниження тиску фреону перед компресором 1 нижче 2 Бар. Для захисту застосовується схема “один з одного”. Захист активується після увімкнення холодильної машини. При спрацюванні захисту виконується аварійна зупинка холодильної машини.

- ❗ **Низький тиск фреону перед компресором 2.** Умовою спрацювання технологічного захисту є зниження тиску фреону перед компресором 2 нижче 2 Бар. Для захисту застосовується схема “один з одного”. Захист активується після увімкнення холодильної машини. При спрацюванні захисту виконується аварійна зупинка холодильної машини.
- ❗ **Відсутність потоку через випаровувач.** Умовою спрацювання технологічного захисту є зникнення сигналу наявності потоку через випаровувач холодильної машини. Захист активується після увімкнення холодильної машини. При спрацюванні захисту виконується аварійна зупинка холодильної машини.
- ❗ **Перегрів компресора 1.** Умовою спрацювання захисту є сигнал від дискретного датчика перегріву компресора 1. Захист активується після увімкнення холодильної машини. При спрацюванні захисту виконується аварійна зупинка холодильної машини.
- ❗ **Перегрів компресора 2.** Умовою спрацювання захисту є сигнал від дискретного датчика перегріву компресора 2. Захист активується після увімкнення холодильної машини. При спрацюванні захисту виконується аварійна зупинка холодильної машини.

19.4 Технологічні блокування

- 🔒 Блокування увімкнення холодильної машини, якщо відсутній сигнал наявності потоку через випаровувач.
- 🔒 Блокування увімкнення холодильної машини при наявності будь-якого сигналу її аварійної зупинки.

19.5 Контрольні запитання

- 1) Як відбувається процес рекуперації тепла в холодильній машині, і які етапи він включає?
- 2) Які параметри контролюються регуляторами в системі, і як вони впливають на роботу компресорів холодильної машини?

- 3) Які зміни в роботі компресорів відбуваються в залежності від навантаження, і як це впливає на загальну продуктивність системи?
- 4) Якою є принципова відмінність холодильної машини з рекуперацією від звичайних холодильних машин?
- 5) На який виконавчий механізм впливає регулятор температури води в баці танення льоду?
- 6) Який максимальний тиск фреону після компресора 1 і компресора 2 допускається для безпечної роботи холодильної машини?
- 7) Що відбувається з увімкненою холодильною машиною, якщо відсутній сигнал наявності потоку через випаровувач?

20 ХОЛОДОПОСТАЧАННЯ БІЗНЕС-ЦЕНТРУ

Система холодопостачання бізнес-центру забезпечує холодною водою, яка є холодоносієм, системи кондиціонування та вентиляції повітря в приміщеннях. Для підтримки температури холодної води використовуються холодильні машини та контур пасивного охолодження.

Окрім охолодження, система також забезпечує ефективне використання тепла, що відводиться від холодильних машин. Ця теплова енергія рекуперується для підігріву гарячої води, що підвищує загальну енергоефективність будівлі і знижує витрати на опалення.

Мнемосхема, що зображує принцип роботи обладнання, а також основні технологічні параметри, наведена на Рисунку 20.1.

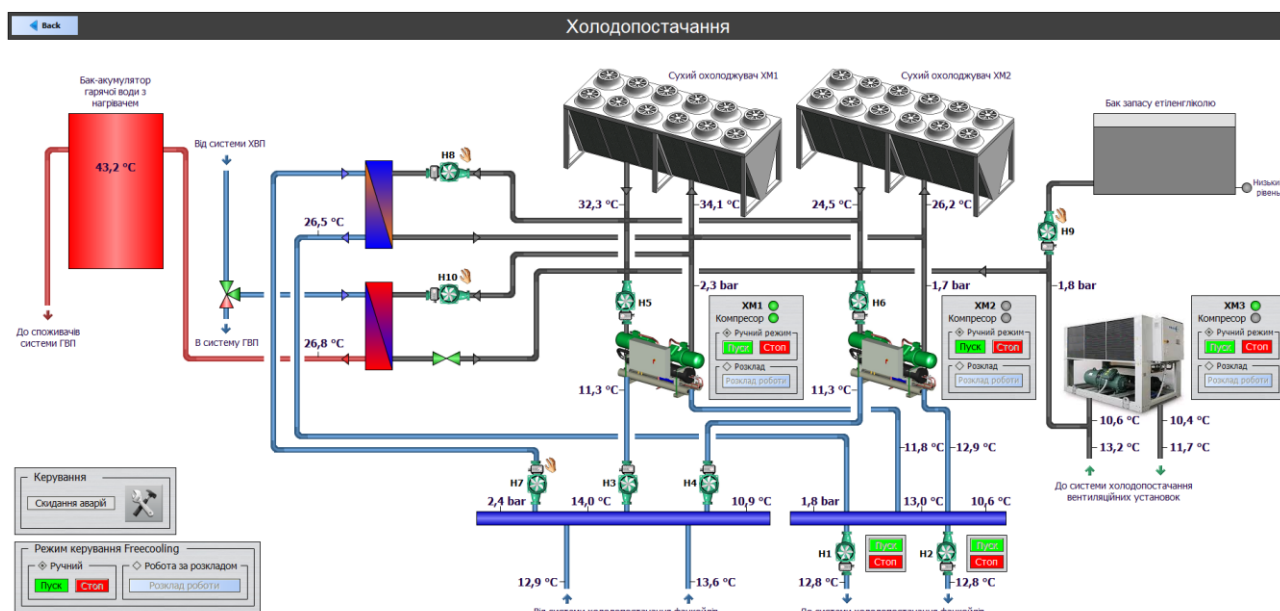


Рисунок 20.1 – Технологічна схема холодопостачання бізнес-центру

20.1 Принцип роботи

Для охолодження приміщення використовується холодна вода, температура якої влітку підтримується за допомогою холодильних машин XM1, XM2. Циркуляція холодної води через холодильні машини до колектора подачі фанкойлів забезпечується насосами N3 та N4.

За необхідності охолодження приміщень з висом виділенням тепла взимку, для охолодження води використовується контур пасивного охолодження. В

цьому контурі насос Н8 забезпечує циркуляцію розчину етиленгліколю через сухі охолоджувачі і додатковий теплообмінник, а насос Н7 забезпечує подачу холодної води у колектор подачі фанкойлів. Температура етиленгліколю у сухих охолоджувачах знижується за рахунок теплообміну з зовнішнім повітрям.

Холодна вода з колектора подачі фанкойлів подається за допомогою насосів Н1 та Н2 у приміщення і потрапляє у теплообмінники фанкойлів. Повітря з приміщення, яке проходить через теплообмінник фанкойла, охолоджується у результаті теплообміну з холодною водою.

Для забезпечення роботи калориферів охолодження вентиляційних систем використовується окрема холодильна машина ХМ3. Холодоносієм в контурі цієї холодильної машини є розчин етиленгліколю, який дозволяє убезпечити розмерзання калориферів вентиляційних систем при низьких температурах.

У якості конденсаторів холодильних машин використовуються відповідні сухі охолоджувачі, які розсіюють тепло від холодильних машин в атмосферу. Сухі охолоджувачі працюють лише за умови наявності надлишкового тепла. В інших випадках це тепло через додатковий теплообмінник утилізується для підігріву води системи гарячого водопостачання.

Основні технологічні параметри представлені в Таблиці 20.1.

Таблиця 20.1

Параметр	Значення
Температура води на виході теплообмінника ГВП	25-45 °С
Температура води в баці акумуляторі ГВП	50-60 °С
Температура води на виході теплообмінника пасивного охолодження	7-15 °С
Тиск етиленгліколю на виході холодильної машини	1,5-2,5 Бар
Температура етиленгліколю на виході з градирні	15-30 °С
Температура етиленгліколю на вході в градирню	25-50 °С
Температура води до фанкойлів	7-10 °С

Параметр	Значення
Тиск прямої води в трубопроводі фанкойлів	1,5-2,5 Бар
Тиск зворотної води в трубопроводі фанкойлів	1,5-2,5 Бар
Температура води від фанкойлів	12-18 °C
Температура води на вході холодильної машини	12-18 °C
Температура води на виході холодильної машини	7-10 °C
Температура етиленгліколю на вході холодильної машини	12-18 °C
Температура етиленгліколю на виході холодильної машини	7-10 °C

20.2 Контури автоматичного регулювання

- **Регулятор температури холодної води на виході холодильної машини.** Регульованим параметром є температура холодної води на виході холодильної машини. Керуючий сигнал регулятора впливає на частоту обертання компресора холодильної машини.
- **Регулятор тиску прямої води в контурі фанкойлів.** Регульованим параметром є тиск прямої води в контурі фанкойлів. Керуючий сигнал регулятора впливає на частоту обертання насоса подачі прямої води.

20.3 Технологічні захисти

- ① **Низький тиск прямої води в контурі фанкойлів.** Умовою спрацювання технологічного захисту є зниження тиску прямої води в контурі фанкойлів нижче 1,0 Бар. Для захисту застосовується схема “один з одного”. Захист активовано постійно. При спрацюванні захисту виконується аварійна зупинка холодильних машин ХМ1-ХМ2 та насосів Н1-Н8.
- ① **Низький тиск зворотної води в контурі фанкойлів.** Умовою спрацювання технологічного захисту є зниження тиску зворотної води в

контурі фанкойлів нижче 1,0 Бар. Для захисту застосовується схема “один з одного”. Захист активовано постійно. При спрацюванні захисту виконується аварійна зупинка холодильних машин ХМ1-ХМ2 та насосів Н1-Н8.

① **Низький тиск етиленгліколю на виході холодильної машини ХМ1.**

Умовою спрацювання технологічного захисту є зниження тиску етиленгліколю на виході холодильної машини ХМ1 нижче 1,0 Бар. Для захисту застосовується схема “один з одного”. Захист активовано постійно. При спрацюванні захисту виконується аварійна зупинка холодильної машини ХМ1 та насосів Н3, Н5.

① **Низький тиск етиленгліколю на виході холодильної машини ХМ2.**

Умовою спрацювання технологічного захисту є зниження тиску етиленгліколю на виході холодильної машини ХМ2 нижче 1,0 Бар. Для захисту застосовується схема “один з одного”. Захист активовано постійно. При спрацюванні захисту виконується аварійна зупинка холодильної машини ХМ2 та насосів Н4, Н6.

① **Низький тиск етиленгліколю на виході холодильної машини ХМ3.**

Умовою спрацювання технологічного захисту є зниження тиску етиленгліколю на виході холодильної машини ХМ3 нижче 1,0 Бар. Для захисту застосовується схема “один з одного”. Захист активовано постійно. При спрацюванні захисту виконується аварійна зупинка холодильної машини ХМ3.

① **Низька температура води до фанкойлів.**

Умовою спрацювання технологічного захисту є зниження температури води до фанкойлів нижче 5 °С. Для захисту застосовується схема “один з одного”. Захист активовано постійно. При спрацюванні захисту виконується аварійна зупинка холодильних машин ХМ1-ХМ2 та насосів Н1-Н8.

① **Зупинка насосу Н3.**

Умовою спрацювання технологічного захисту є вимкнення насосу Н3 під час роботи холодильної машини ХМ1. Захист активується після увімкнення насосу Н3. При спрацюванні захисту виконується аварійна ХМ1.

- ❗ **Зупинка насосу Н5.** Умовою спрацювання технологічного захисту є вимкнення насосу Н5 під час роботи холодильної машини ХМ1. Захист активується після увімкнення насосу Н5. При спрацюванні захисту виконується аварійна ХМ1.
- ❗ **Зупинка насосу Н4.** Умовою спрацювання технологічного захисту є вимкнення насосу Н4 під час роботи холодильної машини ХМ2. Захист активується після увімкнення насосу Н4. При спрацюванні захисту виконується аварійна ХМ2.
- ❗ **Зупинка насосу Н6.** Умовою спрацювання технологічного захисту є вимкнення насосу Н6 під час роботи холодильної машини ХМ2. Захист активується після увімкнення насосу Н6. При спрацюванні захисту виконується аварійна ХМ2.

20.4 Технологічні блокування

- 🔒 Блокування увімкнення холодильної машини ХМ1, якщо не увімкнено насоси Н3, Н5.
- 🔒 Блокування увімкнення холодильної машини ХМ2, якщо не увімкнено насоси Н4, Н6.
- 🔒 Блокування увімкнення холодильної машини, якщо наявний аварійний сигнал від підсистеми керування відповідної холодильної машини.
- 🔒 Блокування увімкнення насосів Н3, Н4, Н7, якщо тиск зворотної води в трубопроводі фанкойлів менше 1,0 Бар.
- 🔒 Блокування увімкнення насоса Н5, якщо тиск етиленгліколю на виході холодильної машини ХМ1 менше 1,0 Бар.
- 🔒 Блокування увімкнення насоса Н6, якщо тиск етиленгліколю на виході холодильної машини ХМ2 менше 1,0 Бар.
- 🔒 Блокування увімкнення холодильної машини ХМ3, якщо тиск етиленгліколю на виході холодильної машини ХМ3 менше 1,0 Бар.
- 🔒 Блокування увімкнення насоса Н9, якщо рівень етиленгліколю в баці запасу нижче мінімального.

- Блокування запуску насосів Н8, Н10, якщо жодна з холодильних машин ХМ1-ХМ2 не увімкнена.
- Блокування запуску насосів Н1-Н2, якщо тиск прямої води в контурі фанкойлів менше 1,0 Бар.

20.5 Контрольні запитання

- 1) Яка система обслуговує система холодопостачання бізнес-центру?
- 2) Яким чином система холодопостачання рекуперує теплову енергію, і для яких цілей ця енергія використовується?
- 3) Як працює контур пасивного охолодження працює взимку, і які елементи системи беруть участь у цьому процесі?
- 4) Як охолоджується повітря в приміщеннях?
- 5) Які параметри контролюються в автоматичних регуляторах системи, і як вони впливають на роботу холодильних машин та насосів?
- 6) За яких умов спрацьовує технологічний захист по тиску прямої та зворотної води в контурі фанкойлів, і які дії виконуються при його активації?
- 7) Як впливає зниження тиску етиленгліколю на виході холодильних машин ХМ1-ХМ3 на роботу відповідних насосів і машин?
- 8) За яких умов відбувається аварійна зупинка холодильних машин?
- 9) Які блокування передбачено для увімкнення холодильних машин ХМ1, ХМ2 та ХМ3, і з чим вони пов'язані?
- 10) Від чого залежить блокування запуску насосів Н8 та Н10?

21 ТЕПЛОПУНКТ

Теплопункт виконує функцію передачі теплової енергії від зовнішньої теплової мережі (джерела тепла) до споживачів. У якості споживачів можуть виступати різні системи, наприклад, системи опалення, гарячого водопостачання (ГВП), вентиляції, тощо.

Основна функція системи опалення полягає в підтримці комфортної температури в приміщеннях під час холодної пори року. Ця система забезпечує циркуляцію теплоносія через радіатори або конвектори опалення, які в свою чергу нагрівають повітря в приміщенні.

Іншою, не менш важливою, функцією теплопункту є забезпечення будівлі гарячою водою для побутових потреб користувачів будівлі. В цьому контурі холодна вода нагрівається за допомогою теплообмінників і подається у трубопровід ГВП.

Крім опалення та ГВП теплопункт може мати інші контури, наприклад, контури для підігріву теплої підлоги або забезпечення теплом калориферів систем вентиляції.

Мнемосхема, що зображує принцип роботи обладнання, а також основні технологічні параметри, наведена на Рисунку 21.1.

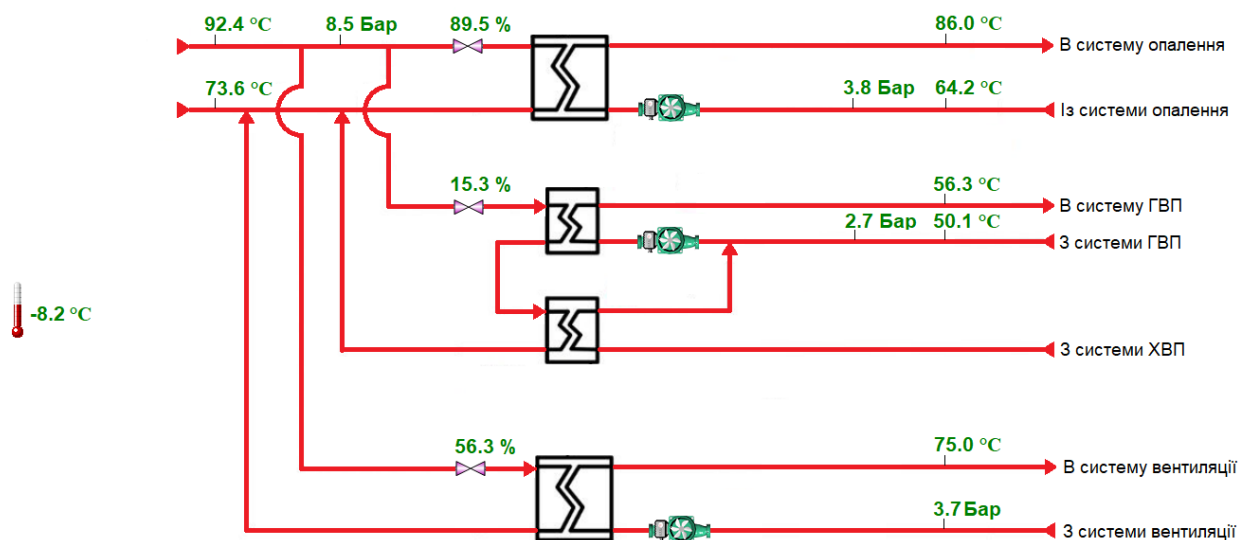


Рисунок 21.1 – Технологічна схема теплопункту

21.1 Принцип роботи

У наведеній схемі тепlopункту система опалення є незалежною, тобто контур опалення будівлі повністю відокремлений від джерела тепла. Гарячий теплоносій із зовнішньої тепломережі надходить до теплообмінника, де відбувається передача тепла внутрішньому контуру опалення. Після передачі тепла теплоносій із зовнішньої тепломережі повертається назад до джерела тепла для повторного нагріву. Внутрішній теплоносій, нагрітий у теплообміннику, циркулює через радіатори будівлі, віддаючи тепло повітрю в приміщеннях. Для регулювання температури прямої води у внутрішньому контурі використовується регулюючий клапан, який встановлюється на трубопроводі прямої води зовнішньої тепломережі. Регулюючий клапан впливає на кількість теплоносія, що проходить через теплообмінник і таким чином змінює температуру прямої води системи опалення. Задана температура прямої води системи опалення, яку використовує регулятор, залежить від температури зовнішнього повітря, тим самим забезпечуючи погодозалежне керування.

Аналогічно до системи опалення в системах ГВП та вентиляції температура прямої води регулюється за рахунок зміни положення відповідного регулюючого клапана. Але, на відміну від системи опалення, задане значення температури прямої води є сталим. Для системи ГВП це задане значення температури встановлюється в діапазоні 50-60 °C, що відповідає державним будівельним нормам (ДБН).

Основні технологічні параметри представлені в Таблиці 21.1.

Таблиця 21.1

Параметр	Значення
Температура прямої води теплової мережі	90-110 °C
Температура зворотної води в теплову мережу	70-90 °C
Тиск прямої води теплової мережі	7-10 Бар
Температура прямої води в систему опалення	65-90 °C
Температура зворотної води з системи опалення	40-65 °C

Параметр	Значення
Температура прямої води в систему ГВП	50-60 °C
Температура зворотної води з системи ГВП	45-55 °C
Температура прямої води в систему вентиляції	65-90 °C
Тиск води на виході з системи опалення	3-4 Бар
Тиск води на виході з системи ГВП	2.5-3 Бар
Тиск води на виході з системи вентиляції	3-4 Бар

21.2 Контури автоматичного регулювання

- **Регулятор температури прямої води в систему опалення.** Регульованим параметром є температура прямої води в систему опалення. Керуючий сигнал регулятора впливає на регулюючий клапан подачі теплоносія на теплообмінник системи опалення із зовнішньої тепломережі.
- **Регулятор температури прямої води в систему ГВП.** Регульованим параметром є температура прямої води в систему ГВП. Керуючий сигнал регулятора впливає на регулюючий клапан подачі теплоносія на теплообмінники системи ГВП із зовнішньої тепломережі.
- **Регулятор температури прямої води в систему вентиляції.** Регульованим параметром є температура прямої води в систему вентиляції. Керуючий сигнал регулятора впливає на регулюючий клапан подачі теплоносія на теплообмінник системи вентиляції із зовнішньої тепломережі.

21.3 Технологічні захисти

- ① **Низький тиск води на виході з системи опалення.** Умовою спрацювання технологічного захисту є зниження тиску води на виході з системи опалення нижче 2,0 Бар. Для захисту застосовується схема “один з одного”.

Захист активовано постійно. При спрацюванні захисту виконується аварійна зупинка насосу циркуляції в системі опалення.

① **Низький тиск води на виході з системи ГВП.** Умовою спрацювання технологічного захисту є зниження тиску води на виході з системи ГВП нижче 1,5 Бар. Для захисту застосовується схема “один з одного”. Захист активовано постійно. При спрацюванні захисту виконується аварійна зупинка насосу циркуляції в системі ГВП.

① **Низький тиск води на виході з системи вентиляції.** Умовою спрацювання технологічного захисту є зниження тиску води на виході з системи вентиляції нижче 2,0 Бар. Для захисту застосовується схема “один з одного”. Захист активовано постійно. При спрацюванні захисту виконується аварійна зупинка насосу циркуляції в системі вентиляції.

① **Зупинка насосу циркуляції в контурі опалення.** Умовою спрацювання технологічного захисту є вимкнення насосу циркуляції в контурі опалення. Захист активується після увімкнення насосу циркуляції контуру опалення. При спрацюванні захисту закривається регулюючий клапан контуру опалення.

① **Зупинка насосу циркуляції в контурі ГВП.** Умовою спрацювання технологічного захисту є вимкнення насосу циркуляції в контурі ГВП. Захист активується після увімкнення насосу циркуляції в контурі ГВП. При спрацюванні захисту закривається регулюючий клапан контуру ГВП.

① **Зупинка насосу циркуляції в контурі вентиляції.** Умовою спрацювання технологічного захисту є вимкнення насосу циркуляції в контурі вентиляції. Захист активується після увімкнення насосу циркуляції в контурі вентиляції. При спрацюванні захисту закривається регулюючий клапан контуру вентиляції.

21.4 Технологічні блокування

🔒 Блокування відкриття регулюючого клапану контуру опалення, якщо не увімкнено насос циркуляції контуру опалення.

- ❏ Блокування відкриття регулюючого клапану контуру ГВП, якщо не увімкнено насос циркуляції контуру ГВП.
- ❏ Блокування відкриття регулюючого клапану контуру вентиляції, якщо не увімкнено насос циркуляції контуру вентиляції.
- ❏ Блокування увімкнення насоса циркуляції контуру опалення, якщо тиск води на виході з системи опалення менше 2,0 Бар.
- ❏ Блокування увімкнення насоса циркуляції контуру ГВП, якщо тиск води на виході з системи ГВП менше 1,5 Бар.
- ❏ Блокування увімкнення насоса циркуляції контуру вентиляції, якщо тиск води на виході з системи вентиляції менше 2,0 Бар.
- ❏ Блокування запуску окремого насосу циркуляції контурів при наявності сигналу аварійної зупинки відповідного насосу.

21.5 Контрольні запитання

- 1) Яку основну функцію виконує теплопункт?
- 2) Яким чином регулюється температура прямої води в системі опалення, і які фактори впливають на задану температуру?
- 3) Які особливості регулювання температури прямої води в системах гарячого водопостачання у порівнянні з системою опалення?
- 4) Які контури автоматичного регулювання використовуються у теплопункті, і які параметри вони контролюють?
- 5) Якими нормами в Україні визначено діапазон температур для системи гарячого водопостачання і які межі цього діапазону?
- 6) Які дії передбачені при зупинці циркуляційного насосу в контурі ГВП?
- 7) За яких умов блокується увімкнення насосу циркуляції в контурі вентиляції?

ПЕРЕЛІК ЛІТЕРАТУРИ

1. Ладанюк А.П., Архангельська К.С., Власенко Л.О. Теорія автоматичного керування технологічними об'єктами: Навч. посіб. / — К.: НУХТ, 2014. — 274 с.
2. Автоматизація виробничих процесів : навчальний посібник / Б.М. Гончаренко [та ін.]. - Кіровоград : В.О. Лисенко, 2016. - 351 с.
3. Ельперін, Ігор Володимирович. Автоматизація виробничих процесів : підручник / І.В. Ельперін, О.М. Пупена, В.М. Сідлецький, С.М. Швед ; Міністерство освіти і науки України, Національний університет харчових технологій. - Київ : Видавництво Ліра-К, 2021. - 377 с.
4. Лукінюк, Михайло Васильович. Автоматизація типових технологічних процесів: технологічні об'єкти керування та схеми автоматизації : навч. пос. для студ. вищ. навч. закл. за напр. "Автоматизація і комп'ютерно-інтегровані технології" / М.В. Лукінюк ; НТУУ"КПІ". - Київ : НТУУ "КПІ", 2008. - 236 с.
5. Бобух А.О. Автоматизовані системи керування технологічними процесами: Навч. посібник. — Харків: ХНАМГ, 2006. - 185 с.
6. Гончаренко, Б. М. Автоматизація виробничих процесів харчових технологій : підручник / Б. М. Гончаренко, А. П. Ладанюк. — К. : НУХТ, 2014. — 530 с.
7. Дудник С.О., Поліщук І.А. Проблематика систем управління бойлерною станцією сміттєспалювального заводу // XVII міжнародна науково-практична конференція молодих вчених та студентів «Сучасні проблеми наукового забезпечення енергетики», 2019.
8. Лукінюк, М. В. Автоматизація типових технологічних процесів: технологічні об'єкти керування та схеми автоматизації [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студ. вищих навчальних закладів, які навчаються за напрямом «Автоматизація і комп'ютерно-інтегровані технології» / М. В. Лукінюк ; М-во освіти і науки України, НТУУ «КПІ». — Електронні текстові дані (1 файл: 2,93 Мбайт). — Київ : Політехніка, 2008. — 236 с.

9. Технологічні об'єкти керування. Розрахунково-графічна робота [Електронний ресурс] : навчальний посібник для студентів, які навчаються за спеціальністю 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології», освітня програма «Технічні та програмні засоби автоматизації» / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад. З. Я. Козаневич. – Електронні текстові дані (1 файл 611 Кбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. – 28 с.