

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

факультет прикладних інформаційних технологій та електроінженерії

(повна назва факультету)

кафедра автоматизації технологічних процесів і виробництв

(повна назва кафедри)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

магістр

(назва освітнього ступеня)

на тему: Розробка та дослідження системи автоматичного контролю
гідропневмоавтоматики газоперекачувального агрегату

Виконав: студент VI курсу, групи КАм-61
спеціальності 151 «Автоматизація
та комп'ютерно-інтегровані технології»

(шифр і назва спеціальності)

Борак О.А.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Яремчук А.Б.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник Савків В.Б.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Нормоконтроль Козбур І.Р.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри Савків В.Б.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Рецензент Чихіра І.В.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Тернопіль
2023

Анотація

У даній кваліфікаційній роботі розглянуто питання модернізації автоматизованої системи керування газоперекачувальним агрегатом та дослідження окремих технологічних параметрів транспортування природного газу.

Мета створення САК ГПА – заміна окремих елементів цієї автоматизованої системи на більш сучасні технічні засоби контролю і керування, що забезпечують зниження затрат на транспортування природного газу завдяки зменшенню кількості зупинок технологічного процесу, спрощення процесів пуску, зупинки, керування ГПА і відповідно, збільшенням, технічного ресурсу ГПА, забезпеченням персоналу достатньою та достовірною інформацією про хід технологічного процесу, а також зменшенням часу на технічне обслуговування та ремонт агрегату.

Обсяг пояснювальної записки 129 сторінок. Обсяг графічного матеріалу 12 аркушів.

Зміст

Анотація.....	4
Вступ.....	7
1 Аналітична частина.....	10
1.1 Аналіз умов експлуатації газоперекачувального агрегата.....	10
1.2 Аналіз системи атоматизованого контролю газоперекачувального агрегату.....	12
2 Технологічна частина.....	16
2.1 Технічні характеристики системи	16
2.2 Призначення САК ГПА	16
2.3 Умови експлуатації САК ГПА.....	17
2.4 Режими роботи САК ГПА	18
2.5 Параметри каналів вхідних і вихідних сигналів	21
2.6 Алгоритми роботи основних механізмів ГПА.....	25
2.7 Характеристика компресорної станції	37
3 Конструкторська частина	49
3.1. Перелік технічних засобів	49
3.2 Опис роботи САК ГПА та набір модулів секції ОКР.....	50
3.3 Опис пульта оператора	62
3.4 Опис пульта панелі пристрою оператора	68
3.5 Опис основних режимів роботи ГПА.....	69
3.6 Опис роботи каналів захисту	79
4 Науково-дослідна частина.....	84
4.1 Математичне моделювання газодинамічних характеристик нагнітачів.....	84
4.2 Алгоритм розрахунку роботи ГПА	86
5. Спеціальна частина	94
5.1 Постановка завдання та формування вихідних даних.....	94

5.2 Алгоритм розрахунку для конкретних температурних умов	98
5.3 Розрахунок гідравлічної ефективності.....	101
5.4 Основні характеристики програми для теплогідравлічного розрахунку газопроводу	103
5.5 Аналіз результатів теплогідравлічного розрахунку ділянки газопроводу та гідравлічної ефективності для різних сезонів та завантаження.....	104
6 Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	106
6.1. Заходи з охорони праці на підприємстві.....	106
6.2 Заходи з безпеки в надзвичайних ситуаціях.....	119
Висновки	129
Перелік посилань.....	130

Вступ

Газова промисловість – потужна галузь економіки України, вплив якої на функціонування і розвиток усього народного господарства є вирішальним.

Україна має розгалужену мережу трубопровідного транспорту. Вигідне географічне розташування нашої країни сприяло тому, що нині 90% (понад 140 млрд. м³) усіх експортних поставок газу з країн СНД здійснюється через Україну. У нашому комплексі підземних сховищ газу є можливість створити резерви його і для країн Європи [2].

Основним видом транспортування природного газу є трубопровідний. Протяжність магістральних газопроводів досягла в Україні 34 тисячі кілометрів.

Трубопровідний транспорт (в порівнянні з іншими видами транспорту) характеризується відносно малими термінами окупності (від 2 до 5 років), регульованою, неперервною і рівномірною подачею споживачам продукту, що транспортується [3].

Магістральні газопроводи складаються з двох основних комплексів споруд:

- Лінійних споруд, до складу яких входять, власне, трубопровід і керуючі пристрої на ньому у вигляді лінійних кранів, засувки, водо- і конденсатозбірників, камер пуску і прийому поршня а також інших вузлів. Лінійна частина містить різні переходи через природні і штучні перепони, споруди, які є вздовж траси;

- Головних і проміжних КС із комплексами виробничо-допоміжних і обслуговуючих будівель та споруд, інженерними мережами і комунікаціями.

Магістральні газопроводи проходять по багатьох районах із різноманітними кліматичними умовами, що викликає різний підхід до

спорудження та експлуатації трубопроводів.

Оптимальний режим роботи компресорних станцій у значній мірі залежить від типу і числа газоперекачиваючих агрегатів (ГПА), установлених на станції, їхніх енергетичних показників і технологічних режимів роботи.

Основними типами ГПА на КС у даний час є: агрегати з приводом від газотурбінних установок (ПТУ), електропривідні агрегати і поршневі газомоторокомпресори. Особливості роботи газотурбінного приводу в найкращому ступені, серед відзначених типів ГПА, відповідають вимогам експлуатації газотранспортних систем: висока одинична потужність (від 6 до 25 Мвт), невелика відносна маса, блочно-модульна конструкція, висока степінь автоматизації і надійності, автономність приводів та робота на перекачуваному природному газі. Саме тому цей вид приводу одержав найбільше поширення на газопроводах (більше ніж 85% встановленої на компресорній станції потужності агрегатів). Інше приходить на електричний і поршневий види приводу.

У зв'язку з безупинним ростом вартості енергоресурсів у країні, збільшенням собівартості транспорту газу, невіднолюваність його природних ресурсів, найважливішими напрямками робіт в області трубопровідного транспорту газів варто вважати розробки, спрямовані на зниження й економію енерговитрат.

Рішення цієї найважливішої для галузі задачі можливо як за рахунок впровадження газоперекачуючих агрегатів нового покоління з ККД34-36% замість застарілих та агрегатів які вичерпали свій моторесурс, так і за рахунок збільшення ефективності експлуатації наявних на КС різних типів газоперекачуючих агрегатів.

Підвищення економічної ефективності експлуатації ГПА нерозривно пов'язане з забезпеченням необхідної енергозберігаючої технології транспорту газу, діагностуванням встановленого енергомеханічного устаткування ГПА, вибором оптимальних режимів його роботи, підвищенням

рівнем загально-технічної культури експлуатації газопровідних систем у цілому.

Потужна і розгалужена мережа магістральних газопроводів з тисячами встановлених на них ГПА, багато хто з них уже виробили свій моторесурс, зобов'язують експлуатаційний персонал компресорних цехів і виробничих підприємств по обслуговуванню газопроводів детально знати техніку і технологію транспорту газів, вивчати досвід експлуатації і на основі цього забезпечити насамперед працездатність і ефективність експлуатації встановленого устаткування КС.

Тому при написанні кваліфікаційної роботи ми розробили САК ГПА – заміна фізично зношеної та морально застарілої системи СЦКУ на більш сучасні технічні засоби контролю і керування, що забезпечують зниження витрат при транспортуванні газу завдяки зменшенню кількості зупинок технологічного процесу, спрощенням процесів пуску, зупинки, керування ГПА і відповідно, збільшенням, технічного ресурсу ГПА, забезпеченням персоналу достатньою та достовірною інформацією про хід технологічного процесу, а також зменшенням часу на технічне обслуговування та ремонт агрегату.

1 Аналітична частина

1.1 Аналіз умов експлуатації газоперекачувального агрегата

При русі газу по газопроводу частина його енергії йде на подолання сил тертя. Швидкість газу зменшується в результаті падіння тиску по довжині магістрального газопроводу, і відповідно зменшується пропускна здатність. Тому необхідно періодично, через певні відстані, надавати необхідну кількість енергії газу, який транспортується.

ГПА - призначений для компримування природного газу, це машина, яка перетворює теплову енергію в механічну за рахунок внутрішньої енергії газового потоку, який надходить з великою швидкістю на лапатки ротора турбіни і складається з двох механічно нез'язаних між собою турбін.

Турбіни високого тиску - для привода осьового компресора, та силової турбіни – для привода газового нагнітача, камери згорання, підігрівача повітря, пускового турбодетандера, а також, систем змащення, регулювання, захисту і керування, які забезпечують нормальну роботу та обслуговування агрегата.

В даній роботі розглянуто технологічний процес компримування газу. Щоб підтримувати в нормі режими роботи ГПА потрібно створити САК.

При дослідженні ми керувались новітніми технологіями наукових розробок САК ГПА. Технічна база для розробки взята з слідуючих умов експлуатації:

САК ГПА стаціонарно розміщується в операторній компресорній станції і призначена для експлуатації в пожежо-вибухобезпечних приміщеннях, які опалюються та вентилуються умовно чистим повітрям:

- мінімальна температура зовнішнього повітря – 5° С;
- максимальна температура зовнішнього повітря – 40° С;

- відносна вологість 80% при температурі плюс 35° С;
- атмосферний тиск – від 84 до 106,7 кПа.

Згідно із державним стандартом САК ГПА щодо:

- експлуатаційної завершеності – виріб третього порядку;
- стійкості до впливу синусоїдальних вібрацій високої частоти

виконання L3;

- залежності від механічних дій, виконання – вібростійке;
- стійкості до впливу температури та вологості навколишнього середовища (температура повітря при експлуатації від +5°С до +50±5° С та верхнє значення відносної вологості 80% при +35°С) – група виконання В4;
- стійкості до впливу атмосферного тиску – група виконання Р1;
- захищеності від впливу зовнішнього середовища – виконання звичайне зі ступенем захисту відповідно до стандартів.

Забезпечення режимів роботи, що передбачені технологічним процесом компримування газу, а саме:

- автоматичний пуск агрегату з ручним (за командою оператора) завантаженням в трасу і підтримка заданого режиму роботи;
- автоматичне розвантаження на холостий хід;
- підтримка агрегату в стані готовності до запуску з контролем умов готовності;
- автоматичний пуск агрегату;
- поетапний пуск;
- повернення на початок етапу при невиконанні умов алгоритму та на вимогу оператора;
- нормальну зупинку агрегату;
- аварійну зупинку агрегату із стравлюванням газу із контура нагнітача за командою оператора або у випадку спрацювання захисту;
- екстрену аварійну зупинку агрегату при відмові основних функціональних вузлів САК впливом на виконавчі механізми через фізичні канали.

1.2 Аналіз системи атоматизованого контролю газоперекачувального агрегату

САК ГПА ГТК-10-2 – це КТЗ виготовлений повністю на елементній базі фірми “Siemens”, і складається з наступних частин:

- пристрій керування з МПО;
- пристрій оператора, що складається із системного блоку, монітора, панелі керування і пристрою безперебійного живлення;
- принтер (один на групу систем);
- давачі ФВ і параметрів та сигналізатори, котрі розміщені безпосередньо на ГПА ГТК-10-2.

Пристрій керування складається із:

- основного контролера (ОКР) на базі програмованого логічного контролера Simatic S7-400, що розміщений в корзині UR1-№1 (9 модулів);
- додаткового контролера (ДКР) на базі програмованого логічного контролера Simatic S7-300 (7 модулів) і корзини розширення (5 модулів);
- місцевої панелі оператора (МПО) на базі сенсорної панелі промислового виконання MP 370B, що служить для відображення
 - основної мнемосхеми ГПА і трьох додаткових мнемосхеми;
 - секцій блоків живлення, силових реле і клемних терміналів;
 - кнопок ЕЗ, АЗ та ключа управління засувкою АЗМ.

Пульт оператора складається із:

- комп'ютера промислового виконання SIMATIC Rack PC840 з вбудованим портом ProfiBus-DP/MPI зі швидкістю передачі до 12 Мбіт/сек., Ethernet 100 Мбіт/сек;
- монітора призначеного для відображення всіх мнемосхем і для керування ГПА за допомогою вбудованого пульта, що складається з 36-ти функціональних кнопок з підсвіткою і трекбола;

- блока безперебійного живлення .

Перша секція пристрою керування ОКР побудована на базі ПЛК Simatic S7-400 фірми "Siemens". Вона призначена для оперативного збору та обробки інформації і вміщує в собі:

- швидкодіючий і багатозадачний процесор CPU 416-2DP,
- набір модулів вводу-виводу,
- два резервовані блоки живлення типу PS 407-0KR00.

Перший блок живлення працює від мережі ~220V (основної), другий блок – від резервної мережі = 220В. При виході з ладу будь-якого блока, або несправності будь-якої з силових мереж, система зберігає працездатність.

Процесор CPU 416-2DP зв'язаний зі станцією оператора і блоком ДКР за допомогою інформаційної мережі – Profibus-DP.

Друга секція (ДКР) побудована на базі ПЛК Simatic S7-300. Вона призначена для контролю справності основного контролера, збору та обробки неосновної частини інформації і складається з:

- контролера CPU 314C-2DP;
- каналів аналогового і дискретного вводу-виводу;
- корзини розширення.

ОКР (S7-400) періодично приймає кодову послідовність з блока ДКР (S7-300) мережею Profibus-DP і аналізує її. У випадку несправності ДКР основний контролер S7-400 через 5 сек видає команду АЗ та відпрацює алгоритм аварійної зупинки ГПА .

Перші чотири місця секції ОКР займають два резервовані блоки живлення типу PS 407-0KR00 (A1.1, A1.2).

Наступні місця займають:

1) модулі вводу дискретних сигналів (МВДС) SM421-7BH01, SM421-7DH00 (A1.7-A1.10)

- 2) МВДС SM422-1BL00 (A1.11)
- 3) МВДС SM422-1BL00 (A1.12)
- 4) модуль вводу аналогових сигналів (МВАС) SM431-1KF20 (A1.13)
- 5) МВАС SM431-7QH00 (A1.14)
- 6) МВАС SM431-7KF10 (A1.15)
- 7) МВАС SM431-7KF10 (A1.16)
- 8) МВАС SM431-7KF10 (A1.17)

Набір модулів секції ДКР.

Цей блок реалізований на базі контролера CPU 314C-2DP.

Частина вбудованих каналів даного контролера використовується для виводу аналогових сигналів на управління РК.

Кількість каналів аналогового виводу = 2 шт. (використовується 1 шт.)

Друга частина вбудованих каналів використовується для вводу сигналів від кінцевих вимикачів кранів і механізмів, що беруть участь в алгоритмі АЗ.

Третя частина вбудованих каналів використовується для виводу команд керування кранами і механізмами, що беруть участь в алгоритмі АЗ.

Секція ДК отримує живлення від двох блоків G7 і G8 типу SITOP 24V/4A, увімкнених паралельно за допомогою діодної матриці V14. Блок G7 працює від мережі ~220V (основної), другий блок G8 – від резервної мережі =220V. При виході з ладу будь-якого блока або при несправності будь-якої з силових мереж система зберігає працездатність.

Друге місце секції ДКР займає 407-0KR00 модуль дискретного виводу SM322-1HF01 (A2.3)

Наступні місця займають:

- 1) модуль вводу дискретних сигналів SM 321–1BL01 (A2.4)
- 2) модуль дискретного вводу SM321 – 1BL01 (A2.5)
- 3) модуль DM 370 (A2.6)
- 4) модулі вводу аналогових сигналів іскробезпечного виконання

SM331-7RD00 (A2.6-A2.9)

Секція розширення.

Перше місце секції розширення займає модуль вводу аналогових сигналів SM331-1KF00 (A2).

1) модуль DM 370 (A2.12)

2) модулі вводу аналогових сигналів іскробезпечного виконання SM331-7SF00 (A2.13-A2.15)

2 Технологічна частина

2.1 Технічні характеристики системи

Основні технічні характеристики системи:

- основні відомості про структуру, технічні характеристики системи автоматичного керування газоперекачуючим агрегатом ГТК-10-2 (надалі – САК ГПА);
- приведений опис пульта панелі пристрою оператора (в надалі – ППО), пульта місцевої панелі пристрою керування (надалі – МПО), описана взаємодія між ними;
- приведений опис роботи клапанів;
- відображено вміст всіх мнемосхем, і також приведений опис основних режимів роботи САК ГПА.

2.2 Призначення САК ГПА

Система призначена для автоматичного керування ГПА ГТК-10-2 потужністю 10МВт.

Мета створення САК ГПА – заміна фізично зношеної та морально застарілої системи СЦКК на більш сучасні технічні засоби контролю і керування, що забезпечують зниження витрат при транспортуванні газу завдяки зменшенню кількості зупинок технологічного процесу, спрощенням процесів пуску, зупинки, керування ГПА і відповідно, збільшенням, технічного ресурсу ГПА, забезпеченням персоналу достатньою та достовірною інформацією про хід технологічного процесу, а також зменшенням часу на технічне обслуговування та ремонт агрегату.

ГПА ГТК-10-2 складається з газотурбінного двигуна ГТК-10 і

відцентрового неповнонапірного нагнітача 520-12-1.

Схема кранової обв'язки ГТК-10-2 (аркуш 6).

Призначення кранової обв'язки:

- кран 1 для підключення нагнітача до вхідного колектора компресорного цеху (КЦ);
- кран 2 для підключення нагнітача до вихідного колектора КЦ;
- кран 4 для продувки і поступового заповнення порожнини нагнітача газом при пуску агрегату;
- кран 5 для подачі газу на "свічу" з контуру порожнини нагнітача (при пуску й зупинці агрегату);
- кран 3 та 3 біс для підключення нагнітача до байпасного колектора (на "Кільце");
- розподільний трьохходовий клапан 12 для подачі паливного газу до стопорного і регулюючого клапанів, а також для випуску паливного газу на "свічу" з трубопроводів між краном 12 і стопорним клапаном (при зупинках ГПА ГТК-10-2);
- розподільний трьохходовий клапан 11 для подачі пускового газу на клапан 13 до турбодетандера, а також для випуску пускового газу на "свічу" з трубопроводів між краном 11 і клапаном 13 (при пусках ГПА ГТК-10-2);
- клапан 15 для подачі паливного газу на запальний пристрій.

2.3 Умови експлуатації САК ГПА

САК ГПА стаціонарно розміщується в операторній компресорній станції і призначена для експлуатації в пожежо-вибухобезпечних приміщеннях, які опалюються та вентилуються умовно чистим повітрям:

- мінімальна температура зовнішнього повітря – 5° С;
- максимальна температура зовнішнього повітря – 40° С;

- відносна вологість 80% при температурі плюс 35° С;
- атмосферний тиск – від 84 до 106,7 кПа.

Згідно до діючих стандартів САК ГПА щодо:

- експлуатаційної завершеності – виріб третього порядку;
- стійкості до впливу синусоїдальних вібрацій високої частоти – виконання L3;
- залежності від механічних дій, виконання – вібростійке;
- стійкості до впливу температури та вологості навколишнього середовища (температура повітря при експлуатації від +5°С до +50±5° С та верхнє значення відносної вологості 80% при +35°С) – група виконання В4;
- стійкості до впливу атмосферного тиску – група виконання Р1;
- захищеності від впливу зовнішнього середовища – виконання звичайне зі ступенем захисту згідно із ДСТУ 14254.

Первинні перетворювачі вхідних сигналів САК, які вимірюють параметри нагнітача ГПА, мають іскробезпечне і вибухозахисне виконання згідно із ДСТУ 22782.5.

2.4 Режими роботи САК ГПА

1. Автоматичне і ручне (за командами оператора) керування та захист технологічного обладнання агрегату при всіх режимах його роботи і переходах з режиму на режим, а також автоматичне регулювання основних параметрів у відповідності до технологічних алгоритмів.

2. Забезпечення режимів роботи, що передбачені технологічним процесом компресування газу, а саме:

- автоматичний запуск ГПА з ручним (відповідно до команди оператора) завантаженням в контур та підтримка відповідного режиму роботи;

- автоматичне розвантаження на холостий хід;
- підтримка ГПА у стані повної готовності до вмикання поряд з контролем необхідних умов готовності;
- автоматичне вмикання ГПА;
- поетапний запуск ГПА;
- повернення до початку етапу при невідповідності умовам алгоритму або через вимогу оператора;
- нормальна зупинка ГПА;
- аварійна зупинка ГПА із стравленням газу із контуру нагнітача відповідно до команди оператора чи у випадку виникнення аварійної ситуації;
 - екстренна аварійна зупинка ГПА при відказі головних функціональних вузлів САК через вплив на виконавчі механізми за допомогою фізичних каналів.

3. Автоматичне управління може здійснюватись двома способами функціонування:

- автономна робота;
- робота під управлінням САК компресорної станції (вищого рівня).

2.4.1 Основні інформаційні функції

САК газоперекачувального агрегату виконує наступні інформаційні функції:

- неперервний контроль та вимірювання експлуатаційних параметрів ГПА;
- контролювання стану позиційних сигналів та відображення їх на моніторах пульта оператора;
- порівняння результатів вимірюваних та розрахункових параметрів із заданими, формування технологічних, попереджувальних та аварійних сигналів та їх оперативне відображення, сигналізування та надання

інформації оператора;

- сигналізуваннн та оперативне відображеннн спрацюваннн блокуванн чн сигналів захисту на екранах пульта;
- відображеннн станів всіх виконавчих пристроїв та агрегатів на мнемосхемах і пульті оператора;
- формуваннн ряду масивів інформації про стан виконавчих пристроїв та автоматики з можливістю збереженнн на диску;
- формуваннн облікових та звітних документів (добові відомості);
- перевірка правдивості інформації від вимірювальних пристроїв за дійсними результатами цих вимірюванн;
- автоматичне перемиканнн на резервні канали при наявності помилкової інформації від вимірювальних пристроїв;
- перевірка працездатності ланцюгів давачів та виконавчих пристроїв;
- контроль стану роботи технічних засобів системи управліннн;
- аналіз технічного ресурсу газоперекачувального агрегату;
- обчисленнн значень технологічних параметрів:
 - а) ступеня стиску;
 - б) запасу до помпажу насоса;
 - в) витрату спалюваного природного газу;
 - г) об'ємної продуктивності насосу;
 - д) політропного к.к.д насосу;
 - ж) потужності на валі компресора.

2.4.2 Основні функції регулюваннн

САК газоперекачувального агрегату виконує такі функції регулюваннн:

- автоматичне обмеженнн швидкості збільшеннн температури перед ТВТ;
- автоматичне обмеженнн максимальної температури перед ТВТ;

- автоматичне регулювання швидкості обертання ротора ТНТ;
- автоматичне обмеження максимальної частоти роторів ТНТ і ТВТ;
- автоматичний антипомпажний захист;
- автоматичне охолодження оливи після МО.

Швидкодія каналу дискретного керування та захисту ГПА – менша 100 мс, а швидкодія каналів регулювання ГПА – менша 20 мс. Швидкодія каналів керування та захисту ГПА стосовно температурних параметрів – менша 3сек.

2.5 Параметри каналів вхідних і вихідних сигналів

Число вхідних сигналів:

постійного струму 4-20 мА	24;
імпульсних з частотою 0-10 кГц	4;
від термопар	16;
від термоопорів	36;
дискретних	140.

Допустимі значення напруги дискретних сигналів:

лог. 0 від -3...+5В;

лог. 1 від 11...30В.

Всі вхідні аналогові і дискретні канали гальванічно розв'язані від внутрішньої шини і між собою. Вхідні аналогові канали від давачів нагнітача іскро-безпечного виконання.

Число вихідних сигналів:

постійного струму 4-20 мА,	2;
дискретних.....	96

Найбільший струм навантаження, який комутує САК при вихідному сигналі керування:

до 2,0 А при напрузі 220 В, 50 Гц змінного струму;

до 5,0 А при напрузі 24 В постійного струму;

до 1,0 А при напрузі 220 В постійного струму.

САК – засіб автоматичного керування, що містить вимірювальні канали.

Довірча границя допустимої зведеної похибки електричного тракту (ЕТ) та ПВП вимірювальних каналів САК вказана в табл. 2.1.

Назва ФВ вимірювального параметра, вхідного та вихідного сигналів	Тип ПВП	Довірча границя допустимої зведеної похибки, %		Примітка
		Електричного тракту	ПВП	
Температура	ТСП, ТСМ, ТХА, Pt100	±0,5	±1,0	
Тиск, перепад тиску.	Honeywell, TEX UA	±0,2	±0,25	

Характеристики похибок ВК обчислювальних каналів встановлюються за результатами метрологічної атестації САК в робочих умовах.

Всі вихідні канали гальванічно розв'язані від внутрішньої шини і між собою.

Первинні перетворювачі вхідних сигналів САК, які вимірюють параметри нагнітача ГПА іскробезпечного і вибухозахисного виконання згідно із ДСТУ 22782.5.

Перелік вхідних і вихідних сигналів і значення уставок, з привязкою до апаратного забезпечення наведено в додатку 1.

Канали зв'язку з вищим рівнем.

З системою вищого рівня САК КС зв'язок здійснюється мережею Profibus (інтерфейс RS-485) зі швидкістю обміну 6 Мбіт/сек. Довжина мережі не більша 20 м.

З існуючою на даний момент загальностанційною системою зв'язок здійснюється фізичними каналами.

Система електроживлення.

Електроживлення САК здійснюється від двох джерел живлення:

- основне – від промислової мережі напругою $220 \frac{+22}{-33}$ В змінного струму з частотою 50 ± 1 Гц та коефіцієнтом вищих гармонік до 5%, потужність споживання 350 Вт.

- резервне – від акумуляторної батареї напругою $220 \frac{+22}{-33}$ В постійного струму, потужність споживання 300 Вт.

При зникненні живлення перехід від основного джерела на резервне відбувається безударно зі збереженням всіх функцій і без втрати інформації.

При зникненні на час більше як 5 хвилин живлення від основного джерела САК ГПА аварійно зупиняє агрегат (для запобігання зниження перепаду тиску масло-газ в нагнітачі нижче аварійного рівня).

Час роботи ПО від резервного джерела живлення – до 30 хвилин.

Відключення джерела постійного струму 220 В недопустимо.

Показники надійності

Середній термін служби САК ГПА ГТК-10-2 – не менше 10 років.

Середнє напрацювання САК ГПА ГТК-10-2 на відмову "Пропуск аварії" при роботі в робочих умовах без обліку відмов давачів і виконавчих механізмів – не менше 100000 годин. Критерій відмови "Пропуск аварії" – подія, що проявляється у відсутності команди керування аварійною зупинкою агрегату на виході САК ГПА ГТК-10-2 при наявності будь-якого з аварійних сигналів на його входах.

Середнє напрацювання САК ГПА ГТК-10-2 на відмову "Помилкова аварійна зупинка агрегату" при роботі в робочих умовах без врахування відмов давачів і виконавчих механізмів – не менше 40000 годин. Критерій відмови "Помилкова аварійна зупинка агрегату" – подія, що проявляється у видачі команди керування аварійною зупинкою при фактичній відсутності аварійної ситуації на об'єкті.

Середнє напрацювання САК ГПА ГТК-10-2 на відмову типу "Невиконання команд керування" при роботі в робочих умовах без врахування відмов давачів і виконавчих механізмів – не менше 40000 годин. Критерій відмови "Невиконання команд керування" – подія, що проявляється відсутністю необхідної команди керування при обраному режимі роботи ГПА.

Середнє напрацювання САК ГПА ГТК-10-2 на відмову кожного з каналів контролю параметрів температури, тиску, перепаду тиску, частоти обертання та вібрації при роботі в робочих умовах без врахування відмов давачів і виконавчих механізмів – не менше 20000 годин. Критерій відмови каналу контролю – подія, що проявляється відсутністю відповідно інформації про значення і стан відносно граничних значень кожного з основних технологічних параметрів агрегату.

Надійність САК ГПА ГТК-10-2 визначається без врахування надійності давачів, сигналізаторів і виконавчих механізмів.

Середній час відновлення працездатності системи при заміні несправних пристроїв запасними частинами взятими зі складу, включно із пошуком несправностей – не більше 60 хв.

Габаритні розміри та вага:

Габаритні розміри:

- пристрою керування 1900 x 1200 x 600 мм.
- пристрою оператора..... 1600 x 600 x 770 мм.

Вага:

- пристрою керування..... 180 кг.
- пристрою оператора..... 95 кг.

2.6 Алгоритми роботи основних механізмів ГПА

2.6.1 Робота ПМН

1) ПМН вмикається за командою оператора на агрегаті, що знаходиться в резерві або автоматично на 1-ому етапі пуску.

ПМН забезпечує:

$$P_m \text{ мастила підш. ТК} \geq 0.6 \text{ Кгс/см}^2$$

$$P_m \text{ мастила підш. Н} \geq 3,0 \text{ Кгс/см}^2$$

При наявності таких уставок зводиться захист ЗРмз.

2) ПМН вимикається за командою оператора або автоматично на 4-ому етапі пуску після того, як ГМН забезпечить достатній тиск масла після $ГМН \geq 6.0 \text{ Кгс/см}^2$ (уставка $P_m_GMNS_Gy$).

3) При пониженні тиску масла після $ГМН \leq 5.0 \text{ Кгс/см}^2$ (уставка $P_m_GMNS_Ly$) ПМН знову вмикається автоматично.

2.6.2 Робота РМН

1) РМН вмикається командою оператора агрегату, що знаходиться в резерві, або автоматично при несправності ПМН, тобто при пониженні тиску масла змазки підшипників $ТК \leq 0.2 \text{ Кгс/см}^2$ – (уставка $P_m_zm_TK_La$).

Під час роботи агрегата така ситуація приводить до АЗ.

2) РМН вимикається командою оператора після завершення режиму АЗ.

2.6.3 Робота МНУ

1) МНУ вмикається командою оператора агрегату, що знаходиться в резерві (попередньо необхідно увімкнути ПМН), або автоматично на 1-ому етапі пуску. МНУ забезпечує:

$$P_m \text{ ущільнення} \leq 5.0 \text{ Кгс/см}^2;$$

$$dP_{\text{масло-газ}} \geq 1.0 \text{ Кгс/см}^2;$$

$$P_m \text{ проточного} \geq 1.5 \text{ Кгс/см}^2.$$

2) при пониженні перепаду тиску масло-газ $\leq 1.0 \text{ Kgc/cm}^2$ – (уставка dPm-g_La) автоматично вмикається резервний МНУ; при цьому основний МНУ автоматично вимикається.

3) при несправності основного МНУ (відсутність блок контакту) автоматично вмикається резервний МНУ.

4) У випадку відсутності напруги на шині МНУ перемикач на резервний заблоковується, (тобто при відновленні напруги основний МНУ залишається в роботі).

5) при необхідності основний МНУ можна вимкнути, ввімкнувши за командою оператора резервний МНУ. В такому випадку автоматично вимикається основний МНУ.

2.6.4 Робота ВВ

1) ВВ вмикається за командою оператора агрегату, що знаходиться в резерві (попередньо необхідно увімкнути ПМН), або автоматично на 3-ому етапі пуску після відкриття стопорного клапана.

2) ВВ вимикається за командою оператора на агрегаті, що знаходиться в резерві, або автоматично після закриття стопорного клапана і охолодження агрегата до Тгазу перед ТВТ $\leq 100^\circ\text{C}$ (наявність сигналу Tg_vxTVT1_Gy).

2.6.5 Робота ВМО

1) ВМО вмикається за командою оператора або автоматично.

В автоматичний режим ВМО переводяться за допомогою діалогового вікна вибору режимів роботи ВМО, що знаходиться на мнемосхемі "Масло".

В даному вікні також задаються дві уставки керування – верхня і нижня.

При досягненні температури масла на виході МО верхньої уставки ВМО почергово вмикаються в заданому за допомогою діалогового вікна послідовності до моменту стабілізації температури масла.

При досягненні температури нижньої уставки ВМО, в заданій

послідовності автоматично вимикаються.

2.6.6 Робота ВПП

1) ВВ вмикається за командою оператора агрегату, що знаходиться в резерві (після попереднього увімкнення ПМН), або автоматично на 3-ому етапі пуску, коли подається команда увімкнення ВПП вперед.

При появі сигналу VPP_1BK (блок-контакт) зводиться захист ZPмз;

2) після вводу шестерні-муфти в зачеплення появляється сигнал VPP_1VK (кінцевий вимик.); при збільшенні обертів ротора ТВТ до 200 об/хв шестерня-муфта ВПП при цьому виходить із зачеплення і тоді при відсутності сигналу VPP_1VK (кінцевий вимик.) подається команда увімкнення ВПП на реверс;

3) після повернення шестерні-муфти в висхідний стан появляється сигнал VPP_2VK (кінцевий вимик.) і команда увімкнення ВПП на реверс знімається. При цьому при відсутності сигналу VPP_2BK (блок-контакт) знімається захист ZPмз.

4) при самовільному відході шестерні-муфти із висхідного стану (відсутність сигналу VPP_2VK) теж подається команда увімкнути ВПП на реверс для повернення шестерні-муфти у висхідний стан.

2.6.7 Робота РК

Клапан призначений для управління подачею палива в камеру згорання у відповідності з заданим для даного режиму значенням.

До складу клапана входить регульований вентильний реактивний електродвигун постійного струму з інтегрованою силовою частиною схеми управління і власний мікропроцесорний контролер позиціонування.

В якості регулюючого клапану застосовано поворотний паливний клапан типу “Amot” з автономним блоком управління.

РК управляється за командою оператора на агрегаті, що знаходиться в резерві, або автоматично на 3-ому етапі пуску, коли подається команда на

ввімкнення РК вверх.

У висхідному стані РК знаходиться у нижньому (закритому) положенні (присутній сигнал VK_RCN).

На 4-му етапі пуску подається команда на увімкнення “РК-підйом” і клапан рухається вверх, забезпечуючи тим самим рівномірний прогрів турбіни із попередньо заданою швидкістю наростання температури газу перед ТВТ.

Необхідна швидкістю наростання температури газу задається в мнемосхемі “Параметри” за допомогою паспорта РК-dT і контролюється програмним ПІД регулятором обмеження градієнту.

При самовільному відхиленні градієнту температури на вході ТВТ від заданого, регулятор за допомогою привідкриття- призакриття РК оптимально дозує відповідним чином подачу палива і тим самим забезпечує рівномірний прогрів турбіни до появи режиму холостого ходу (сигнал VK_RCX).

Для більш оперативного коректування швидкості прогріву турбіни оператор отримує можливість керувати РК з пульта за допомогою кнопок “Оберти вище”, “Оберти нижче”.

Даний регулятор працює тільки на період пуску.

При виході агрегату на режиму холостого ходу в роботу включається другий ПІД регулятор частоти обертання ротора ТНТ. При самовільному відхиленні обертів ТНТ від заданого режиму регулятор за допомогою РК оптимально і з максимально можливою швидкістю дозує паливо і тим самим забезпечує стабільність заданого режиму (стабільність роботи агрегату).

Також при виводі на режим холостого ходу в роботу включається третій ПІД регулятор обмеження температури газу перед ТВТ .

При самовільному відхиленні температури газу перед ТВТ від заданого режиму, регулятор шляхом призакриття РК дозує відповідним чином подачу палива і тим самим забезпечує стабільність температури газу перед ТВТ.

Необхідне обмеження температури газу задається в мнемосхемі

Параметри” за допомогою паспорта РК-Т

2.6.8 Робота клапану пускового газу 11

Клапан призначений для роботи в лінії пускового газу.

Управління клапаном здійснюється по командах:

1). “Форсаж” - подається на 3 сек рівень напруги $=220V$ (команда 11FR);

2).“Утримування” -після 3 сек подається рівень напруги $=24V$, і підтримується постійно на весь час роботи клапана (команда 11YTR).

На початку ходу спрацьовує кінцевий вимикач, який сигналізує про відкриття клапану (сигнал 11_ZK).

Команди “Утримування” і “Форсаж” подаються через контакти магнітного пускача граничного захисту (МПГЗ).

Оскільки МПГЗ в нормальному режимі постійно ввімкнутий (присутня команда MPGZ_on), то для закриття клапану необхідно знеструмити коло живлення МПГЗ, тобто зняти команду (MPGZ_on), або зняти команду “Утримування” (команда 11YTR)) і тоді клапан під дією пружини закриється.

2.6.9 Робота клапану паливного газу 12

Розподільний (трьохходовий) клапан призначений для роботи в лінії паливного газу.

Управління клапаном здійснюється по командах:

1). “Форсаж” - подається на 3 сек рівень напруги $=220V$ (команда 12FR);

2). “Утримування”- після 3 сек подається рівень напруги $=24V$, і підтримується постійно на весь час роботи клапана (команда 12YTR).

На початку ходу спрацьовує кінцевий вимикач, який сигналізує про відкриття клапану (сигнал 12_ZK).

Команди “Утримування” і “Форсаж” подаються через контакти

магнітного пускача граничного захисту (МПГЗ).

Для закриття клапана необхідно знеструмити коло живлення МПГЗ, тобто зняти команду (MPGZ_on), або зняти команду “Утримування” (команда 12YTR)) і тоді клапан під дією пружини закриється.

Клапани пускового і паливного газу встановлюються в отворі стіни машзалу. При цьому, газова частина знаходиться на вулиці, а електромагнітний привід – в машзалі, що забезпечує комфортні умови його роботи і обслуговування. Одночасно, знімаються вимоги по забезпеченню вибухобезпечності електромагнітного приводу.

2.6.10 Робота стопорного клапана СК

Клапани розподільні (триходові) і стопорний клапан мають уніфіковану конструкцію електромагнітного приводу, до складу якої входить достатньо могутній електромагніт постійного струму. Живлення електромагніту здійснюється від джерел постійного струму напругою 220В і 24В. При подачі на обмотку електромагніту на короткий час (1,0-1,5 с) напруги 220В пост. струму (режим “Форсаж”) відбувається відкриття клапана. В цьому режимі електромагніт розвиває тягове зусилля, необхідне для стиснення пружини і відкриття клапана і споживає електричну потужність приблизно 3300Вт. Після відкриття клапана (по сигналу кінцевого вимикача) напруга живлення електромагніту перемикається з 220В на 24В пост. струму, забезпечуюче утримання клапана у відкритому стані при малій споживаній електричній потужності (біля 30Вт).

Режим роботи електромагніту (тривалість включення): в режимі “Форсаж” – ПВ15%, в режимі утримання – ПВ100%. При розмикання ланцюга живлення 24В клапан під впливом пружини закривається. Таким чином, електромагнітний привід клапана в пропонованій електромеханічній системі регулювання є аналогом сервомотору клапана в гідравлічній або пневматичній системі регулювання і працює за аналогічним принципом.

Відключення струму в ланцюзі живлення електромагніту, (який надалі

можна називати струмом граничного захисту) викликає такі ж наслідки, як і падіння тиску масла або повітря граничного захисту - автоматичну перестановку клапанів в стан, відповідний зупинці турбіни.

Живлення малопотужних обмоток електромагнітів імпульсних клапанів управління ВПК а також електромагнітних клапанів Ду10 (черговий і запальний клапани, клапан подачі масла на розчіпний пристрій турбодетандера), розрахованих на роботу в режимі ПВ100% здійснюється від одного джерела 24 В пост. струму. Знеструмлення обмотки електромагніту імпульсного клапана приводить до відкриття клапана (і відповідно – до відкриття ВПК). Знеструмлення обмоток електромагнітів клапанів Ду10 приводить до закриття клапанів.

Клапан призначений для подачі палива в камеру згорання до робочого і чергового пальників.

Управління клапаном здійснюється по командах:

- 1). “Форсаж” - подається на 3 сек рівень напруги $=220V$ (команда 12FR);
- 2). “Утримування”- подається після 3 сек рівень напруги $=24V$, і підтримується постійно на весь час роботи клапана (команда 12YTR).

На початку ходу спрацьовує кінцевий вимикач, який сигналізує про закриття клапану (сигнал 12_ZK).

Команди “Утримування” і “Форсаж” подаються через контакти магнітного пускача граничного захисту (МПГЗ).

Для закриття клапана необхідно знеструмити коло живлення МПГЗ, тобто зняти команду (MPGZ_on), або зняти команду “Утримування” (команда 12YTR) і тоді клапан під дією пружини закриється.

2.6.11 Робота клапана турбодетандера 13

Клапан призначений для управління подачею пускового газу до пускової турбіни (турбодетандера).

Електромеханічний привід клапана складається із мотор-редуктора з

асинхронним приводом і електромагнітного розчеплюючого пристрою постійного струму.

Управління мотором-редуктором здійснюється по командах; клапан 13 відкрити (13_CV) і клапан 13 закрити (13_CZ).

Команда відкриття (13_CV) подається початково на певний період часу (попередньо заданий в паспорті) з метою стабілізації частоти обертання ротора ТД на оптимальному рівні для запалювання полум'я в камері згорання.

Про досягнення необхідного рівня свідчить поява сигналу Pprov_OK (давач РДВ).

В подальшому команда відкриття (13_CV) подається до повного відкриття клапана (наявність сигналу 13_VK).

Електромагнітний розчеплюючий пристрій (муфта) служить для швидкого закриття клапану. При знятті команди (EMF_on) клапан під дією пружини закривається. В подальшому подається команда закриття (13_CZ) до повного закриття клапану (наявність сигналу 13_ZK).

Застосування клапана з електромеханічним приводом (час повного ходу на відкриття 15 с, час аварійного закриття 0,1 с) дозволяє забезпечити більш м'який пуск турбіни і стабілізувати частоту обертання ротора турбокомпресора на режимі найсприятливішому для надійного запалювання палива в камері згоряє.

Наявність в механізмі клапана вбудованого електромагнітного розчіплювача забезпечує можливість миттєвого перекриття клапана в аварійній ситуації.

2.6.12 Робота золотника розчіпного пристрою турбодетандера

Золотник представляє собою розподільний чотирьохходовий клапан, призначений для управління розчіпним пристроєм ТД.

Управління розчіпним пристроєм турбодетандера без поворотної пружини здійснюється за допомогою перемикаючого чотирьохходового золотника з електромагнітним приводом. Після включення валоповоротного

пристрою (ВПП) подається напруга на золотник, він сполучає лінію силового масла тиском 0,5 МПа (5,0кгс/см²) від пускового маслососа з порожниною розчіпного пристрою і його поршень рухається до входу та зчіплює шестерні на валах турбодетандера і компресора. При цьому порожнина, через регульований дросель, з'єднується із зливом масла.

Положення поршня ідентифікується за допомогою датчиків – реле тиску, що подає електричний сигнал в САК. По сигналу датчика – реле тиску САК видає електричні команди на відкриття розподільного клапана пускового газу, а потім – клапана турбодетандера.

Після виходу турбокомпресора ГПА на режим самохідності, по сигналу датчика частоти обертання ТВТ, електромагніт золотника знеструмлюється, закривається розподільний клапан пускового газу і знімається напруга з обмотки електромагнітного розчіплювача клапана турбодетандера, клапан закривається, а електродвигун мотора-редуктора включається в напрямі «менше», забезпечуючи при цьому повернення електромеханічного приводу клапана в початковий (передпусковий) стан.

Під дією пружини золотник повертається в початкове положення і масло поступає в порожнину розчіпного пристрою. Масло з під поршня розчіпного пристрою починає зливатися через отвір (через дросель). Чим забезпечується гарантоване повернення і утримання розчіпного пристрою в початковому стані.

У разі мимовільного виходу з зчеплення шестерень від давачів реле тиску поступає сигнал в САК, після чого САК зніме електричний сигнал з клапана турбодетандера. Клапан закривається запобігаючи розгону турбодетандера до неприпустимих оборотів.

Управління золотником здійснюється при пуску перед відкриттям РК по команді; “Золотник ввімкнути.” - подається рівень напруги =24V і підтримується постійно на весь час роботи золотника (сигнал Z_on).

При повністю відкритому клапані (наявність сигналу Z_VK) золотник з'єднує лінію масла постійного тиску 5 Кгс/см² з розчіпним пристроєм ТД.

Шестерні валу ТБД і валу ТВТ входять в зачеплення.

При знятті команди (Z_ on) клапан під дією пружини закривається і шестерні валу ТБД і валу ТВТ виходять із зачеплення.

2.6.13 Робота випускних повітряних клапанів ВПК1, ВПК2

Імпульсні клапани призначені для управління випускними повітряними клапанами (ВПК), що скидають повітря за компресором при зупинці агрегату.

Для управління ВПК застосовуються 2 золотники перемикаючих триходових з електромагнітним приводом. При нормальній роботі ГПА напруга постійного струму $=24\text{В}$ подана на золотники, масло постійного тиску (5 кгс/см^2) від золотника перемикаючого триходового подано під диференціальний золотник управління поршнем сервоприводу ВПК, порожнина під поршнем знаходиться під тиском масла, випуск повітря після осьового компресора в атмосферу закритий.

При знятті напруги із золотника порожнина під диференціальним поршнем з'єднується із зливом, диференціальний золотник переставляється і сполучає із зливом порожнину під поршнем сервомотору. Під дією пружини сервомотору відбувається відкриття клапанної частини ВПК і повітря з нагнітального патрубку осьового компресора ГПА скидається в атмосферу.

Управління клапаном здійснюється при пуску перед відкриттям РК по команді; “ВПК закр.” - подається рівень напруги $=24\text{В}$ і підтримується постійно на весь час роботи клапана (сигнал VPK_zk).

На початку ходу спрацьовує кінцевий вимикач, що сигналізує про повністю відкритий клапан (сигнал VPK_VK).

Під час АЗ чи НЗ одночасно з закриттям СК знімаються команди (VPK1_zk), (VPK2_zk), і клапан під дією пружини відкривається.

При різкому зниженні навантаження на валу Н, коли клапан РК повністю прикритий, а оберти ТНТ все ще більші від обертів задатчика на 7%, клапани ВПК1, ВПК2 відкриваються. На табло поступає повідомлення “Різка

зниження нагрівки”.

Коли різниця між обертами ТНТ і обертами задатчика буде складати менше 1% клапани ВПК1, ВПК2 знову закриються. На табло поступить повідомлення “Оберти ТНТ стабілізовано”.

2.6.14 Робота блока управління клапанами

Блок управління клапанами призначений для комутації робочих напруг, що підводяться до обмоток електромагнітів клапанів.

Блок управління клапанами містить набір низьковольтної електроапаратури (магнітні контактори, автоматичні вимикачі і т.п.), що забезпечує комутацію і захист ланцюгів електромагнітів і електроприводів.

Живлення ланцюгів управління і захисту здійснюється від зовнішнього джерела постійного струму 24 В і 220 В (акумуляторної батареї).

Блок управління клапанами складається із автоматичного вимикача на $\approx 220\text{V}$, комплекту магнітних пускачів управління клапанами і магнітного пускача граничного захисту призначеного для управління клапанами при АЗ.

Команди “Утримування” і “Форсаж” на всі клапани подаються через контакти магнітного пускача граничного захисту (МППЗ).

Оскільки МППЗ в нормальному режимі постійно ввімкнутий (присутня команда MPGZ_on), то для аварійного закриття всіх клапанів знімається команда (MPGZ_on), і тоді всі клапани під дією пружин закриваються.

2.6.15 Робота блока сигналізації граничних обертів СПОТ

Сигналізатори граничних оборотів турбіни (СПОТ) є електронними автоматами безпеки і призначені для захисту роторів від неприпустимого перевищення частоти обертання. СПОТ дублюють роботу пристроїв захисту по частоті обертання, є в агрегатній системі автоматики турбіни (механічних автоматів безпеки буйкового типу, що демонтуються).

Контакти вихідних реле СПОТ включені безпосередньо в ланцюг живлення головного контактора граничного захисту і забезпечують

гарантоване відключення електроживлення з обмоток електромагнітів клапанів в нештатній ситуації. Уставки по частоті обертання СПОТ дещо вищий уставок, заданих в системі автоматики (відповідають уставкам механічних автоматів безпеки).

СПОТ працює в комплекті з віхреструмними безконтактними датчиками частоти обертання типу SD1.5 (або SD1.6). Для забезпечення роботи датчиків частоти обертання ротора турбодетандера, на ньому замість буйкового автомата безпеки встановлений зубчатий індуктор.

Крім того СПОТ видає в систему агрегатної автоматики логічні сигнали пошкодження каналу захисту і пошкодження датчиків.

СПОТ складається з комплекту вихорострумних безконтактних давачів типу ДЧВ1 і трьох тахометрів цифрових ТД5.1, що видають поточні значення обертів по трьох каналах:

- 1). оберти ТВТ (сигнал N_TVT);
- 2). оберти ТНТ (сигнал N_TNT);
- 3). оберти ТД (сигнал N_TD);

Контакти вихідних реле СПОТ (N_TD_GA, N_TNT_GA, N_TVT_GA) включені в коло живлення магнітного пускача граничного захисту і тим самим забезпечують гарантоване закриття клапанів в нештатних ситуаціях.

2.6.16 Робота блока сигналізації факела СП-1М

Сигналізатор факела СП-1М призначений для контролю наявності факела в камері згорання. Сигналізатор факела працює за принципом оптичного контролю і аналізує співвідношення перемінної і постійної складових полум'я в видимій частині спектру. Сигналізатор видає сигнали; факел 1 горить (Fakel_1) і факел 2 горить (Fakel_2).

2.7 Характеристика компресорної станції

При русі газу по газопроводу частина його енергії йде на подолання сил тертя. Швидкість газу зменшується в результаті падіння тиску по довжині магістрального газопроводу, і відповідно зменшується пропускна здатність. Тому необхідно періодично, через певні відстані, надавати необхідну кількість енергії газу, який транспортується. Цей процес виконується в компресорних станціях (цехах).

Компресорна станція (КС) призначена для забезпечення розрахункової пропускної здатності магістрального газопроводу, за рахунок підвищення тиску газу на виході КС за допомогою різноманітних видів газоперекачуючих агрегатів (ГПА).

На КС здійснюється наступні технологічні процеси: очистка газу від механічних та рідких домішок, стиснення (компримування) газу в відцентрових нагнітачах, охолодження газу після компримування в охолоджуючих пристроях, замір і контроль технологічних параметрів, керування режимом роботи газопроводу шляхом зміни кількості робочих ГПА і режимних станів ГПА.

Компресорна станція в м.Гусятин має 6 газотурбінних агрегатів, з них 4 – ГТНР-10 з пневмогвдравлічною системою регулювання і 2 – ГТК-10-2 з гідравлічною системою регулювання (потужність кожної – 10 МВт), призначені для підвищення тиску транспортованого газу і його подальшої перекачки по КЗУ-2 (Київ – Захід України-2).

Виконання цих функцій задовільняється певною схемою обв'язки відцентрових нагнітачів. З'єднані в певній послідовності і по певним правилам відцентрові нагнітачі, трубопроводи, пиловловлювачі, апарати повітряного охолодження, технологічні, крани різних діаметрів і т.п. утворюють технологічну схему компресорної станції (аркуш 1).

2.7.1 Аналіз технологічної схеми компресорної станції

Розглянемо елементи технологічної схеми компресорної станції. Група газоперекачуючих апаратів складається з двох не повнонапірних нагнітачів – 520-12-1, з'єднаних послідовно за допомогою кранової технологічної обв'язки. Розрахункова ступінь стиску в цій схемі забезпечується в основному двома працюючими нагнітачами, ступінь стиску кожного з них :
 $=1,22-1,24$.

Блок очистки газу призначений для очистки перекачуваного газу від механічних домішок (пісок, окисли, тощо) і крапель вологи перед надходженням в нагнітач. На компресорній станції м. Гусятин проводиться одноступінчаста очистка газу.

Кількість пиловловлювачів на площадці одного компресорного цеху залежить від його продуктивності і проектної пропускної здатності апаратів, яка визначається заводом - виготовником. На компресорній станції м.Гусятин використовують масляні пиловловлювачі, обладнані системою скиду вловлених із газу домішок і дренажа.

Блок охолодження газу призначений для охолодження технологічного газу, нагрітого в процесі компримування в нагнітачах і забезпечення температури на виході з компресорної станції в заданих значеннях ,що забезпечує довгострокову працездатність газопроводу .

Розглянемо рух газу від входу до виходу компресорної станції .

Газ поступаючи на вхід Гусятинської компресорної станції, через крани 7 і 7 (біс) надходить в пиловловлювачі, і , далі, на обв'язку нагнітачів.Нагнітачі працюють до 4 одночасно.

Розглянемо випадки роботи нагнітачів на компресорній станції в м.Гусятин.

1) Працює 1 нагнітач (1/1 – позначення на схемі режиму роботи:1-група нагнітачів, 1-ступінь стиску).

В цьому випадку газ після пиловловлювачів через кран 1 (вхідний ,

впускний) надходить на нагнітач, при цьому, на першому нагнітачі крани 3 , 3 , 4 (наповнюючий), 5 (свічний) закриті. Через вихідний кран 2, і , відкриті крани 3, на решті нагнітачів, газ йде далі в магістральний газопровід, відповідно, із збільшеним тиском. Крім того на всіх нагнітачах крани 5 і 3 - відкриті.

2) Працює два нагнітачі (1/2- 1 група, 2 ступені стиску; або 2/1 – 2групи, 1 ступінь стиску).

На обидвох нагнітачах крани 1,2 – відкриті ,а 3-3 -4-5-закриті.

3) Працює 4 нагнітачі (2/2-2 групи ,2 ступені стиску).

Вцьому випадку задіюються режимні крани 51-59:

53-56-59 додаткові виходи в магістральний газопровід;

52-55-58 перепускні крани,

51-54-57 додаткові входи в КС.

Прекривши 52 кран, через відкритий 51, газ надходить в магістральний газопровід. Паралельно з цим через відкритий 53 кран газ надходить на нагнітачі 3 і 4 і через 57 кран відкритий кран, газ також виходить у магістральний газопровід.

Незалежно від режиму роботи нагнітачів потік газу можна умовно поділити на чотири частини:

1) газ йде через холодильники в КЗУ-1 (Київ – Захід України) через дві замірні нитки Ду= 400мм на Кам'яно-Буськ;

2) через пункт заміру з 6 ниток Ду= 400мм в КЗУ-2 (Київ – Захід України) на Долину;

3) редукований газ до 25 кгс/см² в магістральний газопровід Дашава-Київ, відвід з якого йде на Гусятинську газорозподільчу станцію;

4) паливний і пусковий газ, який береться напямую з виходу нагнітача (d=150мм.), оскільки немає підігрівача на вході станції.

Паливний і пусковий газ після редукування ($p=15 \text{ кгс/см}^2$) поступають на сепаратори для подальшої очистки.

Імпульсний газ пропускають через адсорбери, заповнені селікагелем, для осушення і глибшої очистки. На компресорній станції є два адсорбери, що працюють по чергово, один – працюючий; другий – в стадії регенерації.

2.7.2 Аналіз генплану компресорної станції

Основне обладнання КС розташовано в центрі самої площадки в компресорному цеху. В компресорному цеху знаходяться 6 газотурбінних компресорів ГТК-10-2, причому навпроти кожної турбіни є вихід на саму площадку КС. З приміщення нагнітачів є два виходи і один аварійний – через прибудову до залу нагнітачів.

Допоміжне обладнання розташовано південніше від компресорного цеху: це насосна і регенерація масла ГСМ, склад ГСМ, ємність аварійного зливу масла, вузол очистки газу, вузол заміру газу, вузол повітряних холодильників масла, насосна станція перекачки стічних побутових вод, резервуари для води ($V=50 \text{ м}^3$) вузол пінного пожарогасіння.

Вхід на КС відбувається через прохідну.

Побутові приміщення розташовані на 1-2 поверхах компресорного цеху, поруч з прохідною і навпроти компресорного цеху.

Обладнання розташовано на бетонних плитах марка ТСП-3-2-6-м на пісчаних подушках висотою 10 см. Покриття проїздів здійснено з залізобетонних плит марки ДСП-1Б.

2.7.3 Характеристика основного обладнання компресорної станції

Газоперекачуючий апарат ГТК-10-2 складається з газотурбінної установки та нагнітача природнього газу.

Агрегат призначений для компресування природнього газу що транспортується по магістральних газопроводах.

Газотурбінна установка – машина, яка перетворює теплову енергію в механічну і складається із одного чи декількох компресорів, теплового пристрою для нагріву робочого тіла, однієї чи декількох турбін, системи регулювання і необхідного допоміжного обладнання.

Корисна потужність ГТУ здійснюється за рахунок внутрішньої енергії газового потоку, який надходить з великою швидкістю на лопатки ротора турбіни.

При роботі турбіни атмосферне повітря всмоктується в осьовий компресор, стискається та надходить в кільцевий простір між стінкою та корпусом камери згорання.

Всередину камери згорання безперервно поступає паливо, згораючи при постійному тиску. Тому із камери безперервним потоком виходять продукти згорання, які направляються в сопло. В соплі енергія тиску в результаті розширення газу перетворюється в кінетичну енергію газового потоку, що надходить на лопатки турбіни.

Повітря, яке омиває жарову трубу камери згорання, охолоджує її і, змішують з продуктами згорання, які виходять із жарової, також поступає в турбіну. Домішка цієї долі повітря до продуктів згорання, що мають високу температуру – близько 2000 С, необхідна для зниження температури газів до величини яка буде безпечною для металу, з якого виготовлені лопатки газової турбіни. Тому загальна кількість повітря, яка стискається турбокомпресором, значно перевищує кількість повітря теоретично необхідного для згорання палива.

Газотурбінна установка ГТК-10-2 виконана по відкритому циклу, з регенерацією тепла по схемі з “Розрізним валом” (вільною силовою турбіною). Це забезпечує, незважаючи на відносну нескладність конструкції, високу економічність і маневреність установки, тобто найбільш повне задоволення вимог, що передбачається умовами роботи в системі магістральних газопроводів.

Номінальний режим – режим роботи ГТУ при новій, чистій проточній

частині характеризується наступними параметрами (табл.2.2):

Таблиця 2.2 Характеристики турбіни ГТК-10-2

Температура продуктів згорання перед турбіною	780~С
Номінальна потужність на муфті нагнітача	10000 кВт (~ 5 %)
К.К.Д. при номінальній потужності	28 %
Ступінь стиску в осьовому компресорі	4,6
Розхід палива	3,13 тон/год
Швидкість обертання вала: компресорного силового(ном)	5200 об/хв 4800 об/хв
Діапазон регулювання швидкості обертання силового вала	3300-5000 об/хв
Розхід газу на запускз холодного стану	Не більше 4000 кг
Тривалість запуску	15 хв

Газотурбінна установка ГТК-10-2 складаються з двох турбін, що механічно не зв'язані між собою (турбіни високого тиску - для привода осьового компресора та силової турбіни – для привода газового нагнітача), камер згорання та підігрівання повітря, пускового турбодетандера, а також, систем змащення, регулювання, захисту і керування, які забезпечують нормальну роботу та обслуговування установки.

Повітря з атмосфери через фільтри всмоктуються і стискаються осьовим компресором та надходять в підігрівач повітря, де його температура збільшується за рахунок тепла відпрацьованих в турбіні продуктів згорання. Підігріте повітря надходить в камеру згорання, куди подається і паливо.

Продукти згорання з камери направляються в турбіну високого тиску ,потужність якої використовується для привода осьового компресора.

Далі продукти згорання надходить в силову турбіну, що обертає

нагнітач. Після турбіни продукти згорання проходять через нагрівач повітря, віддають частину тепла повітрю і виходять в атмосферу через димову трубу.

Пуск агрегата здійснюється пусковим турбодетандером, який працює на перекачуваному газі і приводиться в рух валоповоротом, розкручуючи турбодетандер до 12 об/хв.

Обидві турбіни виконані в спільному корпусі, який має внутрішню теплову ізоляцію.

Ротор турбіни високого тиску складається з диска, що закріплений консольно на валу повітряного компресора. Останній змонтований на двох підшипниках (один підшипник радіально-упорний).

Диск турбіни низького тиску закріплений аналогічно до ротора турбіни високого тиску. Осьовий компресор має 10 ступеней стиснення.

Направляючі лопатки закріплені у вилитому корпусі з чавуну. Ротор компресора - барабанного типу. Робочі лопатки закріплені до ротора за допомогою зубчатого зачеплення.

Вся турбінна група змонтована на загальній зварній рамі, що є також баком для масла.

Запуск, завантаження, керування і зупинка агрегата здійснюється автоматично з центрального щита керування.

Система контролю агрегата здійснює дистанційний вимір основних експлуатаційних параметрів.

Турбіна низького тиску приводить в рух відцентровий нагнітач, призначений для компримування газу на КС і транспортування його по магістральному газопроводу.

Відцентрові нагнітачі можуть працювати при паралельному і послідовному з'єднанні по технологічному газу одного, двох або трьох агрегатів. Їх конструкція дозволяє легко зробити заміну роторів з різним діаметром робочих коліс.

Режим роботи відцентрового нагнітача типу 520-12-1 вказано в таблиці 2.3:

Таблиця 2.3.Режим роботи відцентрового нагнітача типу 520-12-1

Показники	К-сть працюючих нагнітачів	
	Два(послідовно)	Один
Початковий абсолютний тиск газу , кгс/см ²	34,4	43
Початкова температура газу , °С	15	
Температура газу при виході з останнього нагнітача, °С	50	35
Густина газу при стандартних умовах, кг/м ³	0,672	
Швидкість обертання колеса нагнітача, об/хв	4800	
Об'ємна продуктивність , м ³ /хв	25	420
Кінцевий абсолютний тиск газу, кгс/см ²	56	
Потужність,споживана нагнітачем, кВт:		
першим	9450	10000
другим	9900	-----

Нагнітач виконаний у вигляді одноступеневої відцентрової машини з консольно розташованим робочим колесом і тангенціальним підводом і відводом газу. Розташовані співосно всмоктуючі і нагнітаючі патрубки – кругового січення, з внутрішнім діаметром 680 мм.

Вся ходова частина нагнітача включає в себе ротор, підшипники, торцеве масляне ущільнення заключене в спеціальну гільзу, яка встановлюється в корпусі. Таким чином, корпус виконує роль оболонки, який служить для розміщення гільзи. Таке виконання конструкції нагнітача дозволяє при необхідності провести швидкий ремонт за рахунок встановлення запасної гільзи.

Гільза з деталями, які потребують заміни або ремонту, може бути транспортована в обладнану для ремонту майстерню. Легке встановлення гільзи в корпус забезпечується гарантованим зазором на посадочній поверхні. Встановлення по горизонтальному розйомі гільзи і корпусу фіксатори забезпечують при розборках постійність центровки ротора нагнітача з проміжним валом турбіни. Всі необхідні масляні і газові канали виконані таким чином, що не потрібно їх від'єднання від трубопроводів обв'язки при розробці нагнітача (виїмки гільзи).

Нагнітач встановлюється безпосередньо на залізобетонному фундаменті на клинових прокладках без проміжної фундаментної рами, зовні приміщення приводу і відділяється від останнього герметичною перегородкою.

Корпус нагнітача складається з сталюого циліндра, який закривається кришкою з вмонтованими на ній всмоктуючою і збірною кільцевою камерами. Зі сторони приводу до циліндра кріпиться корпус підшипника, який в процесі експлуатації розборці не підлягає. До корпусу підшипника прицентрований кожух муфти. Всмоктуючий і нагнітальний патрубків відлиті за одно ціле з циліндром і до них безпосередньо приварюються трубопроводи обв'язки нагнітача.

До корпусу підшипника кріпиться кожух муфти. Нижня частина кожуха муфти – сталюа лита, верхня – зварна з листа. Кожух муфти обіймає борт спеціальної обойми. На обоймі в кільцевих канавках встановлені два гумових кільця, які забезпечують надійне ущільнення масляної порожнини.

Обойма має вертикальний фланець, до якого під'єднується герметична перегородка, яка відділяє галерею нагнітачів від приміщення газової турбіни. В нижній частині кожуха муфти зроблений отвір для зливу масла.

Основою гільзи є стакан, який складається з чотирьох частин. Нижня

частина стакана з фланцем служить корпусом для розміщення вній ротора, вкладишів, торцевих ущільнень та інших елементів ходової частини нагнітача. В середній частині стакана виконаний горизонтальний отвір, який закривається двома кришками і кожухом. Кришки потрібні для створення необхідного натягу по посадочній поверхні корпусів вкладишів і разом з кожухом утворюють верхню зйомну частину стакана. На фланці стакана є ряд кільцевих канавок і каналів. Кільцевий канал, розташований ближче до осі стакана, разом з каналами, утвореними в тілі фланця, призначений для підводу масла високого тиску на змазку опорного (переднього) підшипника і торцевого ущільнення. Надійне ущільнення від проникнення масла в проточну частину забезпечується встановленням ризинових кілець в канавки на фланці гільзи.

В розточці на фланці гільзи встановлений лопаточний диффузор. Диффузор являє собою кругову риштку, що складається з профільних лопаток, відфрезерованих за одне ціле з тілом диска. Покриваючий диск приварений до лопаток диффузора, чим забезпечується висока міцність риштки. Диффузор кріпиться винтами до щоби, яка в свою чергу болтами і штифтами, пропущеними скрізь тіло лопаток, фіксується на фланці стакана.

Ротор консольного типу має одне робоче колесо. Лопатки колеса відфрезеровані за одне ціле з тілом основного диска. Покриваючий диск з'єднаний з основним заклепками, що проходять крізь тіло лопаток. Робоче колесо балансується - статично, ротор в зібраному вигляді – динамічно. Робоче колесо насаджується на конічний участок вала на шпонці.

Крім перерахованих вузлів в гільзі встановлено реле осьового зсуву, масловідбійне кільце та інших елементів ходової частини. На гільзі передбачені необхідні отвори для встановлення захватів при підйому та вилученню з корпусу.

3 Конструкторська частина

3.1. Перелік технічних засобів

Структура САК ГПА. Структурна схема КТЗ САК ГПА ГТК-10-2 (аркуш 2).

САК ГПА ГТК-10-2 – це КТЗ виготовлений повністю на елементній базі фірми “Siemens”, і складається з наступних частин:

- пристрій керування з МПО;
- пристрій оператора, що складається із системного блоку, монітора, панелі керування і пристрою безперебійного живлення;
- принтер (один на групу систем);
- давачі ФВ і параметрів та сигналізатори, котрі розміщені безпосередньо на ГПА ГТК-10-2.

3.1.1. Пристрій керування

ПК складається із:

- основного контролера (ОКР) на базі програмованого логічного контролера Simatic S7-400, що розміщений в корзині UR1-№1 (9 модулів);
- додаткового контролера (ДКР) на базі програмованого логічного контролера Simatic S7-300 (7 модулів) і корзини розширення (5 модулів);
- місцевої панелі оператора (МПО) на базі сенсорної панелі промислового виконання MP 370B, що служить для відображення
 - основної мнемосхеми ГПА і трьох додаткових мнемосхеми;
 - секцій блоків живлення, силових реле і клемних терміналів;
 - кнопок ЕЗ, АЗ та ключа управління засувкою АЗМ.

3.1.2. Пристрій оператора

ПО складається із:

- комп'ютера промислового виконання SIMATIC Rack з вбудованим портом ProfiBus-DP/MPI та Ethernet;
- монітора типу SCM1597-K призначеного для відображення всіх мнемосхем і для керування ГПА за допомогою вбудованого пульта, що складається з 36-ти функціональних кнопок з підсвіткою;
- блока безперебійного живлення – UPS 2000VA/1400W.

3.2 Опис роботи САК ГПА та набір модулів секції ОКР

Перша секція пристрою керування ОКР побудована на базі ПЛК Simatic S7-400 фірми "Siemens". Вона призначена для оперативного збору та обробки інформації і вміщує в собі:

- швидкодіючий і багатозадачний процесор CPU 416-2DP,
- набір модулів вводу-виводу,
- два резервовані блоки живлення типу PS 407-0KR00.

Перший блок живлення працює від мережі ~220V (основної), другий блок – від резервної мережі = 220В. При виході з ладу будь-якого блока, або несправності будь-якої з силових мереж, система зберігає працездатність.

Процесор CPU 416-2DP зв'язаний зі станцією оператора і блоком ДКР за допомогою інформаційної мережі – Profibus-DP.

Друга секція (ДКР) побудована на базі ПЛК Simatic S7-300. Вона призначена для контролю справності основного контролера, збору та обробки неосновної частини інформації і складається з:

- контролера CPU 314C-2DP;
- каналів аналогового і дискретного вводу-виводу;
- корзини розширення.

Вбудовані канали дискретного вводу контролера CPU 314C-2DP;

призначені для прийняття сигналів з кінцевих вимикачів виконавчих

механізмів, які беруть участь в алгоритмі аварійної зупинки агрегата, а також для зв'язку з існуючою загальностанційною системою.

Вбудовані канали дискретного виводу призначені для керування всіма виконавчими механізмами, які беруть участь в аварійній зупинці агрегата.

ОКР (S7-400) періодично видає кодову послідовність мережею Profibus-DP. Блок ДКР (S7-300) приймає дану кодову послідовність і аналізує її. Якщо послідовність нема, або вона неправильна, то ДКР видає команду зупинки ГПА без санкції оператора. Аналогічна ситуація буде у випадку відмови чи обриву магістралі Profibus-DP.

Взагалі команда АЗ відпрацьовується ОКР відповідно до заданого алгоритму. Лише у випадку несправності ОКР (S7-400) або обриву магістралі Profibus-DP блок ДКР відключить напругу живлення +24В від вихідних ланок модулів виводу дискретних сигналів ОКР за допомогою модуля SM322-1HF00 і проміжного силового реле K601, та відпрацює алгоритм аварійної зупинки ГПА в наступній послідовності:

1) подається команда АЗ на загальностанційну систему. Відповідно до цього на дверях пристрою керування загорається лампа "АЗ";

2) знімаються напруга живлення +24В від вихідних ланок модулів виводу дискретних сигналів ОКР а отже знімається команда на МПГЗ і відповідно закриваються клапани 11, 12, 15, СК, а клапани ВПК1 та ВПК2 відкриваються;

3) подається команда на закриття РК та клапана 13 (якщо він відкритий);

4) подається команда на відкриття кранів 3 і 3';

5) після відкриття 3 та 3' подається команда на закриття кранів 1 і 2';

після закриття кранів 1 та 2 подається команда відкриття крана 5;

6) вмикається ПМН;

7) після вибігу ротора ТВТ сигнал N_TVT_Ly1 (уставка ≤ 10 об/хв) подається команда ввімкнення ВПП вперед;

В процесі виконання режиму АЗ, на МПО автоматично вмикається мнемосхема “Резерв”, і тим самим забезпечується можливість спостереження за ходом технологічного процесу.

Після завершення режиму АЗ ДКР продовжить утримувати керування до повного відновлення працездатності системи, при цьому на дверях пристрою керування світиться лампа “АЗ”.

Якщо ОКР тільки частково втратив функції керування, то він зможе прийняти дане повідомлення, і також буде відпрацьовувати режим АЗ, але без втручання в технологічний процес, оскільки напруга живлення знята з вихідних ланок. Після завершення режиму АЗ за допомогою кнопки “Дебл.” оператор зможе повернути систему у висхідний стан.

ОКР (S7-400) також періодично приймає кодову послідовність з блока ДКР (S7-300) мережею Profibus-DP і аналізує її. У випадку несправності ДКР основний контролер S7-400 через 5 сек видає команду АЗ та відпрацює алгоритм аварійної зупинки ГПА .

Час (5 сек) надається ДКР для аналізу ситуації і за цей час він повинен встигнути відреагувати на обрив магістралі, якщо він справний. У випадку

обриву мережі Profibus-DP, ДКР (а не ОКР) буде відпрацьовувати режим АЗ.

Uж ~220В		Uж =220В				Profibus											
PS 407-0KR00		PS 407-0KR00				CPU 416-2DP											
1	2	3	4	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
					SM 421-7BH01	SM 421-7BH01	SM 421-7BH01	SM 421-7DH01	SM 422-1BL00	SM 422-1BL00	SM 431-1KF20	SM 431-7QH00	SM 431-7KF10	SM 431-7KF10	SM 431-7KF10		
					16 к	16 к	16 к	16 к	32 к	32 к	8 к	16к	8 к	8 к	8 к		

Рис.3.1. Набір модулів секції ОКР (А1)

Перші чотири місця секції ОКР займають два резервовані блоки живлення типу PS 407-0KR00 (A1.1, A1.2).

Наступні місця займають:

1) **модулі вводу дискретних сигналів SM421-7BH01, SM421-7DH00 (A1.7-A1.10)** призначені для вводу важливих технологічних і аварійних сигналів від дискретних давачів, що потребують безперервної діагностики своїх вихідних ланок на обрив і відповідно постійного контролю справності самого каналу (модуля).

Всі сигнали аварійного захисту продубльовані аналоговими уставками. Кількість каналів дискретного вводу даного типу = 64 шт.

Модулі вводу дискретних сигналів живляться від двох блоків G1 і G2 типу SITOP 24V/4A, увімкнених паралельно за допомогою діодної матриці V13. Перший блок живлення G1 працює від мережі ~220V (основної), другий блок G2 працює від резервної мережі =220V.

2) **модуль виведення дискретних сигналів SM422-1BL00 (A1.11)** працює сумісно з модулем SM 321-1BL00 (A2.5) і призначений для виводу дискретних сигналів на виконавчі механізми які потребують безперервного контролю на обрив своїх ланок керування.

Кількість каналів дискретного виводу даного типу – 32 шт. (використовується 25 шт).

3) **модуль виведення дискретних сигналів SM422-1BL00 (A1.12)** використовується для виводу команд на виконавчі механізми (контактори, пускачі).

Кількість каналів дискретного виводу даного типу – 32 шт. (використовується 25 шт.).

Всі модулі виводу дискретних сигналів, а також силові реле та місцева панель оператора A3 живляться від двох блоків G3 і G4 типу SITOP 24V/4A, увімкнених з допомогою діодної матриці V14 паралельно.

Блок живлення G3 працює від мережі ~220V (основної), а блок G4 – від резервної мережі живлення.

4) **модуль вводу аналогових сигналів SM431-1KF20 (A1.13)** призначений для приймання сигналів від давачів тиску і перепаду тиску (рівень сигналу 4..20 мА).

Даний модуль відзначається високою швидкістю опитування каналів – 52 мкс/канал. Кількість каналів даного типу аналогового вводу – 8 шт. (використовується 7 шт.)

5) **модуль вводу аналогових сигналів SM431-7QH00 (A1.14)** призначений для приймання сигналів від давачів типу ТХА. Кількість каналів аналогового вводу даного типу – 16 шт. (використовується 13 шт.)

6) **модуль вводу аналогових сигналів SM431-7KF10 (A1.15)** призначений для приймання сигналів від давачів температури підшипників основного каналу. Кількість каналів аналогового вводу даного типу – 8шт.

7) **модуль вводу аналогових сигналів SM431-7KF10 (A1.16)** призначений для приймання сигналів від давачів температури підшипників резервного каналу. Кількість каналів даного типу аналогового вводу – 8шт.

8) **модуль вводу аналогових сигналів SM431-7KF10 (A1.17)** призначений для приймання сигналів від давачів типу ТСМ. Кількість каналів аналогового вводу даного типу – 8шт. (використовується 5 шт.)

Вхідні ланки аналогових модулів живляться від двох блоків G5 і G6 типу SITOP 24V/4A, увімкнених паралельно за допомогою діодної матриці V14. Блок живлення G5 працює від основної мережі ~220V, другий блок G6 – від резервної мережі.

3.2.1. Набір модулів секції ДКР (A2)

Цей блок реалізований на базі контролера CPU 314C-2DP.

Частина вбудованих каналів даного контролера використовується для виводу аналогових сигналів на управління РК.

Кількість каналів аналогового виводу = 2 шт. (використовується 1 шт.)

Друга частина вбудованих каналів використовується для вводу сигналів від кінцевих вимикачів кранів і механізмів, що беруть участь в

алгоритмі АЗ.

Третя частина вбудованих каналів використовується для виводу команд керування кранами і механізмами, що беруть участь в алгоритмі АЗ.

Секція ДК отримує живлення від двох блоків G7 і G8 типу SITOP 24V/4A, увімкнених паралельно за допомогою діодної матриці V14. Блок G7 працює від мережі ~220V (основної), другий блок G8 – від резервної мережі =220V. При виході з ладу будь-якого блока або при несправності будь-якої з силових мереж система зберігає працездатність.

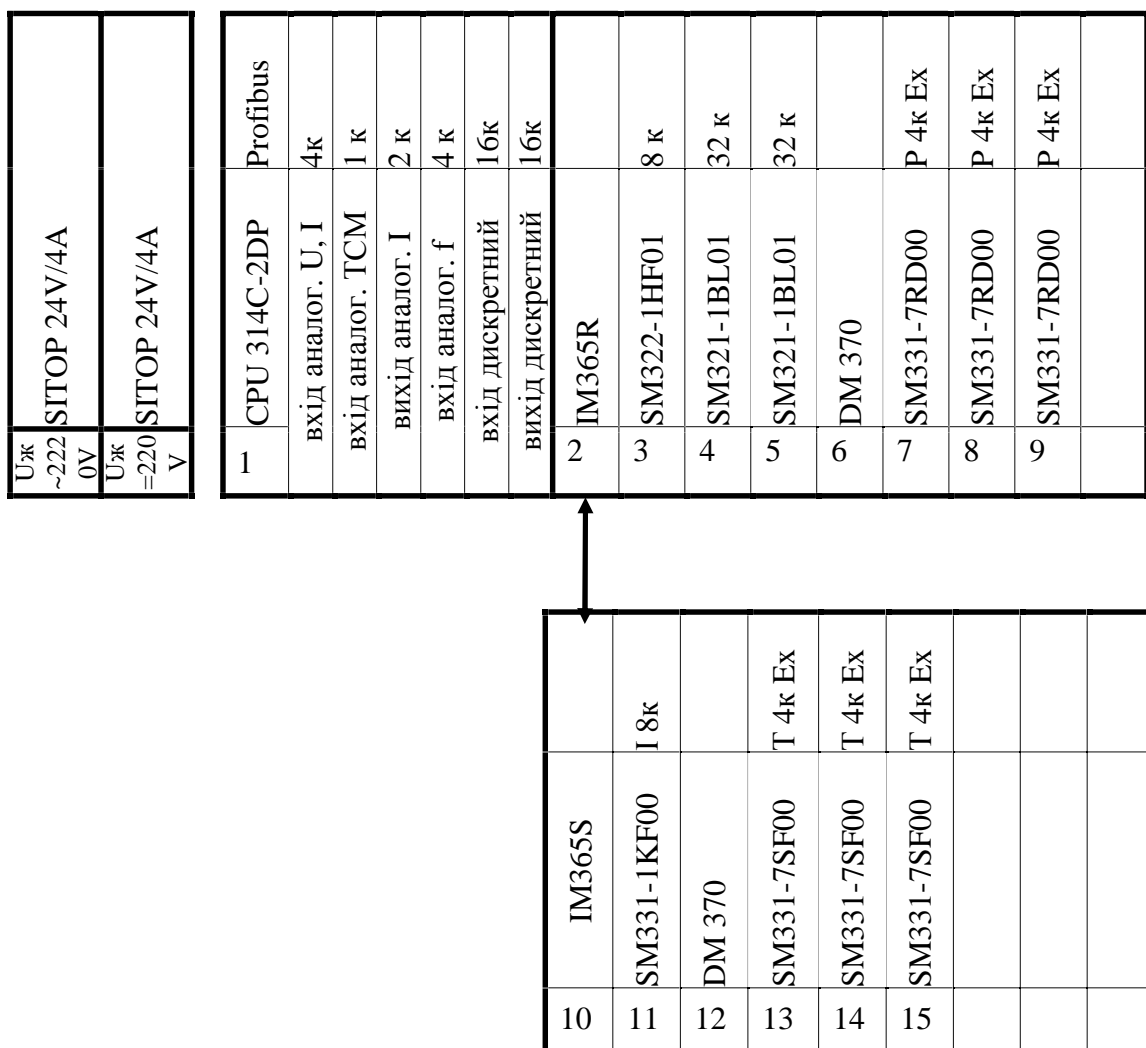


Рис.3.2. Набір модулів секції ДКР (A2)

Друге місце секції ДКР займає 407-0KR00 модуль дискретного виводу SM322-1HF01 (A2.3) призначений для виключення можливості несанкціонованого втручання несправного контролера блока ДКР в роботу ОКР. На виходах Q1, Q2 завжди присутня "0" і відповідно контакти проміжного силового реле K601, K602 подають напругу живлення +24В на вихідні ланки модулів виводу дискретних сигналів ОКР, навіть в випадку зупинки несправного процесора ДКР. І тільки при несправності ОКР або при обриві мережі на виході Q1 появляється сигнал рівня "1", на виході Q2 зберігається сигнал рівня "0", (Avar1_osn і Avar2_osn), що приводить до відключення напруги живлення +24В від вихідних ланок модулів виводу дискретних сигналів ОКР, і перемикає її на вихідні ланки вбудованих каналів виводу дискретних сигналів.

Якщо, при несправності даного модуля на виходах Q1 і Q2 появляються сигнали рівня "1", то переключення напруги живлення не відбудеться.

Наступні місця займають:

1) **модуль вводу дискретних сигналів SM 321-1BL01 (A2.4)** призначений для вводу сигналів від блок-контактів допоміжних механізмів і вводу сигналів від загальностанційної системи САК-КС.

2) **модуль дискретного вводу SM321 – 1BL01 (A2.5)** використовується для контролю справності соленоїдів виконавчих механізмів, контролю наявності резервної напруги і напруги живлення +24В силових реле.

Контроль справності соленоїдів виконавчих механізмів здійснюється тільки при відсутності команди. Додаткові контакти силових реле комутують напругу +24В з блока G9 через соленоїди виконавчих механізмів на вхід модуля A2.5. У випадку несправності соленоїда напруга на вхід модуля не поступає. Модуль отримує живлення від окремого блока G9 типу SITOP 24V/4A, що працює від мережі ~220V.

3) **модуль DM 370 (A2.6)** використовується для забезпечення вимог вибухобезпечного виконання.

4) **модулі вводу аналогових сигналів іскробезпечного виконання SM331-7RD00 (A2.6-A2.9)** використовуються для вводу сигналів від давачів тиску 4...20 мА, осьового зсуву і вібрації.

Кількість каналів даного типу – 12 шт. (використовується 9 шт.)

Секція розширення зв'язується з контролером ДКР за допомогою комплекту модулів IM365 RESEIVE (A2.2) і IM365 SEND (A2.10).

Перше місце секції розширення займає модуль вводу аналогових сигналів SM331-1KF00 (A2.11), що призначений для вводу сигналів від давачів осьового зсуву і вібрації.

Кількість каналів 8 шт. (використовується 5 шт.)

Наступні місця займають:

1) **модуль DM 370 (A2.12)** використовується для забезпечення для забезпечення вимог вибухобезпечного виконання.

2) **модулі вводу аналогових сигналів іскробезпечного виконання SM331-7SF00 (A2.13-A2.15)** призначені для вводу сигналів від давачів температури підшип-ників основного і резервного каналів.

Кількість каналів даного типу 8 шт.

Вузол екстреної аварійної зупинки (ЕАЗ) здійснює екстрену аварійну зупинку агрегата із стравлюванням газу із контура нагнітача за командою оператора у випадку повної відмови основних функціональних вузлів САК. ЕАЗ здійснюють за допомогою впливу кнопкою SB1 на виконавчі механізми фізичними каналами через проміжне реле К1. При цьому:

1) подається команда АЗ на загальностанційну систему. Відповідно до цього на дверях пристрою керування загорається лампа “АЗ” і підсвічується кнопка ЕАЗ;

2) знімаються напруга живлення +24В від вихідних ланок модулів виводу дискретних сигналів ОКР, відповідно знімається команда на МПГЗ, а отже закриваються клапани 11, 12, 15, СК, клапани ВПК1 та ВПК2 відкриваються, і реле К1 заблоковується;

3) вмикається ПМН, МНУ1;

подається команда на закриття кранів 1 і 2, і відкриття кранів 3 і 3’;

4) після закриття кранів 1 та 2 подається команда відкриття крана 5. Реле К1 при цьому розблоковується кінцевим вимикачем 5 ВК.;

5) після зупинки ротора ТВТ (сигнал N_TVT_0) подається команда ввімкнення ВПП вперед і реле К4 заблоковується.;

Після завершення режиму АЗ, для розблокування схеми ЕАЗ (вимкнення ПНС та вимкнення ВПП вперед) необхідно вимкнути/ ввімкнути автоматичний вимикач “сил. реле”, тоді реле К4 розблоковується (ВПП при цьому залишиться в зачепленні).

Всі вищеназвані компоненти пристрою керування розміщені в шафі виробництва фірми "RITTAL", нижня частина якої є кросовим полем. На кросовому полі розміщено шість наборів клем під гвинт М2.5, змонтованих на шинах DIN. Підвід зовнішніх кабелів до шафи здійснюється знизу через спеціальні гермовводи.

В двері шафи вмонтовано місцеву панель оператора. Кнопки ЕАЗ, АЗ та ключ керування засувкою АЗМ розміщені у верхній частині шафи і продубльовані фізичними каналами. Шафа зсередини освітлюється люмінесцентним світильником EL2 з окремим вимикачем.

Шафа контролерів живиться від основної мережі змінної напруги ~220V і резервної мережі =220V. Обидві напруги поступають на клемник X1, а звідти – на входи автоматичних вимикачів S1 і S2, причому змінна напруга поступає на світильник EL2 та блок розеток А9, які мають власні вимикачі. Автоматичний вимикач S1 комутує основну напругу ~220В, а вимикач S2 – резервну напругу =220В.

Змінна напруга з автоматичного вимикача S1 поступає на входи блоків живлення G1, G3, G5, G8 типу SITOP 24В/А, блок 407-0KR00 №1, блок вентиляторів А4, терморегулятор А5 та контролюється з допомогою реле напруги А7 типу 3UG3.

Шафа контролерів оснащена вентилятором А6, що автоматично вмикається при перевищенні температури +40°С за допомогою

терморегулятора А5. Блок вентиляторів А4 працює в неперервному режимі.

Постійна напруга з автоматичного вимикача S2 поступає на блоки живлення G2, G4, G6, G7, G9, блок 407-0KR00 №2 та контролюється з допомогою реле напруги А8 типу 3UG3.

Напругу живлення +24В силових реле можна вимикати за допомогою автоматичного вимикача S3 з метою запобігання несанкціонованого спрацювання кранів та виконавчих механізмів під час ремонту або обслуговування.

Напругу живлення =220В кранів Н можна вимикати за допомогою автоматичного вимикача S4. Наявність напруги контролюється за допомогою проміжного реле K5.

Напругу живлення +24В клапанів і механізмів двигуна можна вимикати за допомогою автоматичного вимикача S5.

3.2.2 Опис пульта місцевої панелі пристрою керування

МПО побудована на базі сенсорної панелі промислового виконання MP 370В, і відображає основну мнемосхему ГПА та чотири додаткові мнемосхеми, одна з яких крім функції відображення містить, ще і функцію керування ГПА.

У випадку відмови пристрою оператора – місцева сенсорна панель забезпечить всі основні функції відображення і керування ГПА.

3.2.3 Мнемосхема “Основна”

Мнемосхема служить для подання інформації оператору в більш зручній та наглядній формі і відображає:

- на постійному полі: дату, поточний час, номер агрегата, індикатори режимів роботи, індикатори напруг живлення і кнопки перемикачів мнемосхем;

- на змінному полі: табло із шістьма вікнами для відображення режимів роботи, спрощену технологічну схему агрегата і п'ять великих індикаторів

основних вимірюваних параметрів:

- 1) Оберти ТВТ
- 2) Оберти ТНТ
- 3) Температура газу на вході ТВТ
- 4) Перепад масло-газ
- 5) Температура підшипників максимальна

Індикатори напруг живлення показують наявність наступних напруг:

- наявність змінної напруги $\sim 220V$ - зелений колір, (відсутність напруги жовтим кольором);
- наявність постійної напруги $=220V$ - зелений колір, (відсутність напруги жовтим кольором);
- наявність постійної напруги $=24V$ (утримування) - зелений колір, (відсутність напруги жовтим кольором);
- наявність постійної напруги $=24V$ на живлення силових реле - зелений колір, (відсутність напруги жовтим кольором);
- наявність постійної напруги $=220V$ на живлення кранів нагнітача реле - зелений колір, (відсутність напруги жовтим кольором);
- наявність постійної напруги $=220V$ (форсаж), $=24V$ (утримування) на живлення клапанів, і індикацію стану контактора МПГЗ.

При цьому зелений колір означає, що всі напруги присутні, жовтий колір- відсутність постійної напруги $=220V$ (форсаж), червоний колір- знеструмлений контактор МПГЗ.

3.2.4 Мнемосхеми “Агрегат” і “Масло”

Мнемосхеми відображають:

- технологічні схеми агрегата і маслозабезпечення;
- технологічну сигналізацію положення запірної арматури. При цьому проміжне положення запірної арматури має червоно-зелений колір, положення “закрито” має червоний колір, положення “відкрито” має зелений колір, несправність відображається синім кольором;

- значення вимірюваних і розрахункових параметрів в місцях їх контролю. При цьому зелений фон індикатора свідчить про те, що параметр знаходиться в нормі, попереджувальні уставки сигналізуються жовтим фоном індикатора, що змінюється на червоний при виході параметру за аварійну уставку. Несправність відображається синім фоном індикатора.

При відмові основного каналу вимірювання температури підшипників система здійснює автоматичне переремикання на резервний канал. При цьому чорний прямокутник навколо зеленого фону індикатора свідчить про вихід з ладу основного каналу, а значення вимірюваного параметру відображається з резервного каналу. Білий прямокутник навколо зеленого фону індикатора свідчить про вихід з ладу резервного каналу.

У випадку появи аврійної уставки стосовно температури підшипників система аналізує покази каналів основного та резервного і тільки при наявності обидвох уставок видає команду спрацювання відповідного захисту.

У випадку обриву обидвох каналів основного і резервного система видає команду АЗ.

Для більшої наглядності на мнемосхему “Масло” виведено покази температури підшипників основного і резервного каналів.

3.2.5 Мнемосхема “Готовність”

Дана мнемосхема відображає в наглядному, розподіленому по групах вигляді, набір передпускових умов.

Зелений фон індикатора свідчить про те, що кран, механізм або параметр знаходиться в стані готовності до пуску, сірий фон індикатора – не готовий до пуску.

Зелений фон табло “Готовність” свідчить про те, що агрегат готовий до пуску. Сірий фон табло – не готовий до пуску.

3.2.6 Мнемосхема “Керування”

Мнемосхема відображає технологічну схему агрегата і призначена для

резервного керування ГПА.

У верхній частині даної мнемосхеми знаходяться два текстові журнали:

- журнал технологічної інформації;
- журнал аварійної інформації.

В нижній частині і по боках мнемосхеми розміщений пульт керування ГПА.

В нормальному режимі мнемосхема “Керування” заблокована, доступ можливий через вибір пароля, і тільки у випадку відмови

пристрою оператора дана мнемосхема автоматично стає доступною для оператора.

3.2.7 Мнемосхема “Резерв”

Мнемосхема відображає технологічну схему агрегата з мінімальним набором параметрів, і призначена тільки для спостереження за ходом технологічного процесу в процесі виконання режиму АЗ від ДКР (в випадку відмови ОК).

В нормальному режимі мнемосхема “Резерв” недоступна.

3.3 Опис пульта оператора

Всі ці компоненти розміщені в компактній шафі виробництва фірми “RITTAL”, верхня частина якої одночасно використана як підставка для монітора і стіл оператора.

Монітор розміщений у верхній частині шафи на спеціальній поворотній підставці і служить для відображення всіх мнемосхем, а також для керування ГПА за допомогою вбудованого пульта керування, що складається з 36-ти функціональних кнопок, стандартної цифро-буквенної клавіатури. У верхній частині шафи розміщено дві звукові колонки.

Пульт оператора з'єднаний з пристроєм керування мережею ProfiBus

довжиною 20 м.

Шафа оператора живиться від основної мережі змінної напруги ~220V. Напруга живлення поступає на клемник X1, а звідти на автоматичний вимикач S1, світильник EL, та блок розеток A5 із власними вимикачами.

Для резервного живлення використовується блок безперебійного живлення – UPS 2000VA/1400W з додатковою батареєю.

Схема розміщення компонентів пристрою оператора в шафі подана в додатку 6.

3.3.1 Опис інформаційних функцій панелі пристрою оператора

Необхідний інформаційний масив відображений відеокадром, що розділений на три поля.

Ліве поле змінної інформації відображає десять мнемосхем у вигляді десяти ярликів і надається оперативному персоналу на відеомоніторі за викликом (в режимі діалогу). При цьому на випадок порушення заданного режиму роботи на ярлики автоматично виводиться відповідна сигналізація, попереджуючи персонал про подію, що трапилась.

Мнемосхеми можуть оперативно виводитись на відеокадр за допомогою кнопок цифрової клавіатури і трекбола.

Праве поле постійної інформації відображає набір основних, найважливіших параметрів:

- 1) Оберти ТВТ;
- 2) Оберти ТНТ;
- 3) Температура газу на вх. ТВТ;
- 4) Температура підшипників максимальна;
- 5) Температура масла на вих. ВМО;
- 6) Перепад масло-газ;
- 7) Коефіцієнт стиску;
- 8) Запас до помпажу;
- 9) Вібрація ОК;

- 10) Вібрація ТНТ;
- 11) Вібрація Н;
- 12) Осьовий зсув ТНТ;
- 13) Час роботи агрегата до зупинки;
- 14) Число пусків.

Верхнє поле постійної інформації відображає дату, поточний час, номер агрегата, назву режиму роботи, індикатори напруги живлення і два журнали текстової інформації;

- журнал технологічної інформації;
- журнал попереджувальної і аварійної інформації.

Журнал технологічної інформації представлений восьмома стрічками і при-значений для відображення з реєстрацією реального часу наступних подій:

- появи команди на увімкнення-вимкнення механізму;
- підтвердження факту виконання команди ввімкнення-вимкнення механізму;
- перехід ГПА з одного режиму роботи на інший;
- зміна стану техпроцесу;
- втручання оператора в хід подій.

Журнал попереджувальної і аварійної інформації представлений восьмома стрічками і призначений для відображення з реєстрацією в реальному часі наступних подій:

- появи попереджувальних уставок вимірювальних параметрів,
- появи аварійних уставок вимірювальних параметрів,
- спрацювання аварійних захистів,
- появи режиму АЗ або НЗ.

Попереджувальні сигнали супроводжуються фіксацією часу появи та візуальною відміткою жовтого фону, що змінюється на синій при квітуванні сигналу оператором.

Аварійні сигнали супроводжуються фіксацією часу появи та

візуальною відміткою червоного фону, що змінюється на синій при квітуванні сигналу оператором.

Попереджувальні та аварійні сигнали супроводжуються звуковою сигналізацією різної тональності, яка знімається при квітуванні.

3.3.2. Мнемосхеми “Агрегат”, “Масло” і “Готовність”

На даних мнемосхемах відображено:

- технологічна схема агрегата і маслозабезпечення;
- сигналізація положення запірної арматури і режими роботи електро-механізмів агрегата;

- передпускові умови в табличному вигляді;

- діалогове вікно зміни паспортів ВМО;

В паспортах ВМО задаються:

- уставки температури увімкнення-вимкнення ВМО;

- послідовності увімкнення-вимкнення ВМО.

В подальшому принцип роботи даних мнемосхем такий же, як і в аналогічних мнемосхемах місцевої панелі оператора, опис приведено в пунктах 3.2.5 і 3.2.6.

3.3.3 Мнемосхема “Параметри”

Дана мнемосхема показує в табличному вигляді весь список аналогових і дискретних параметрів, а також паспортні значення уставок.

Сірий фон індикатора свідчить про те, що значення уставки не досягнуте.

При виході параметра за уставку фон індикатора підсвічується зеленим фоном, попереджувальні уставки сигналізуються жовтим фоном індикатора, що змінюється на червоний при виході параметру за аварійну уставку. Значення уставок можна оперативнo модифікувати за допомогою функції паспортів.

3.3.4. Мнемосхема “Події”

Дана мнемосхема показує щоденник подій в табличному вигляді з реєстрацією часу кожної події і реєструє:

- аварійні та попереджувальні сигнали;
- команди керування виконавчими механізмами ГПА та кранами обв'язки;
- дії оператора стосовно задання команд керування.

На цій же мнемосхемі розміщена ретроспективна інформація “Ретро”. Вона складається з масиву щоденника подій і зберігається у енергонезалежній пам'яті. Ліве поле мнемосхеми містить діалоговий інтерфейс, за допомогою якого можна оперативного проглядати ретроспективну інформацію.

Масиви дискретних подій “Ретро” накопичуються за періоди реєстрації впродовж 1 сек і глибиною архівування 1 рік.

3.3.5. Мнемосхема “Тренди”

Дана мнемосхема показує аналогову інформацію в графічному вигляді з реєстрацією часу через кожну секунду. Оператор має змогу вибирати інтервал представлення графіків на екрані монітора в діапазоні від 1 сек до 1 години.

На даній мнемосхемі може бути представлено одночасно до восьми графіків.

За допомогою діалогового інтерфейсу для прогляду доступно 42 параметри.

Ретроспективна інформація “Ретро” розміщена на цій же мнемосхемі. Вона складається з масивів достовірних значень вимірювальних параметрів. Ліве поле мнемосхеми містить діалоговий інтерфейс, за допомогою якого можна оперативного проглядати ретроспективну інформацію.

Ретроспективна інформація, що викликана на індикацію, відображається, як у вигляді графіка зміни параметру за потрібний інтервал

часу, так і можливістю контролю його значення в будь-якому місці інтервалу у цифровій формі.

Масиви аналогових параметрів “Ретро” нагромаджуються за період реєстрації впродовж 1сек і глибиною архівування 1 рік. Зберігаються у енергонезалежній пам’яті.

Ретроспективна інформація “Ретро АЗ” складається з масивів достовірних значень динамічних аналогових параметрів з періодом реєстрації 100 мс і глибиною архівування впродовж 2хв (2 хв до АЗ, 2хв після АЗ). Зберігається у енергонезалежній пам’яті 1 рік.

3.3.6. Мнемосхема “ТЕП”

Дана мнемосхема техніко-економічних показників відображає в графічному вигляді:

- віддаленість робочої точки від зони помпажу;
- розрахункові параметри;
- поле вводу змінних констант;
- поле розподілу температури на вході ТВТ.

3.3.7. Мнемосхема “Добова відомість”

Дана мнемосхема відображає інформацію, необхідну для добової відомості в табличному вигляді з реєстрацією часу через кожні 2 год на протязі доби. По закінченні зміни о 8 год ранку добова відомість автоматично або на вимогу оператора виводиться на принтер.

3.3.8. Мнемосхема “Діагностика”

Дана мнемосхема показує у вигляді малюнка всю структуру технічних засобів САК ГПА та взаємодію між ними. Умовно показано всі вузли інформацій-ної мережі. При несправності будь-якого вузла відповідна ланка мережі перекреслюється червоною міткою (символ обриву).

На мнемосхемі також відображено всі пристрої, блоки живлення,

модулі та їхні фізичні адреси.

На всіх блоках і модулях показано відповідний адрес і два індикатори:

- індикатор внутрішньої помилки (самоконтроль);
- індикатор зовнішньої помилки (контроль зовнішніх ланок).

Сірий фон індикатора свідчить про справність блока, модуля або каналу, а червоний фон індикатора – несправність.

За допомогою діалогового інтерфейсу можна проглянути за кожним адресом вибраного модуля поточне значення сигналу, а також діагностувати справність зовнішніх ланок.

Праве поле мнемосхеми відображає у вигляді таблиці діагностику соленоїдів виконавчих механізмів, при цьому сірий фон індикатора свідчить про справність соленоїда, а червоний фон індикатора – несправність.

Внизу правого поля знаходиться аналоговий індикатор контролю ізоляції соленоїдів виконавчих механізмів.

3.3.9. Мнемосхема “Допомога”

Дана мнемосхема надає собою інструкцію, за допомогою якої можна викликати необхідну мнемосхему, а також надає методику роботи з діалоговими інтерфейсами мнемосхем, за допомогою яких можна оперативно проглядати всю необхідну інформацію,

3.4 Опис пульта панелі пристрою оператора

Керування ГПА здійснюється за допомогою вбудованого пульта керування, що складається з 36-ти функціональних кнопок, клавіатури і маніпулятора.

В нижній частині і по боках відеокадру розміщені додаткові лінійки, на яких відображено:

- індикатори стану виконавчих механізмів.

- функціональні кнопки пульта керування розділені за технологічним призначенням на чотири групи, а саме:

1) у нижній лівій частині розміщені кнопки, які вимагають підтвердження кнопками “ввімкнути” і “вимкнути”: це кнопки вибору режиму управління насосами ПМН, РМН, МНУ1, МНУ2, ВПП, вентилятором відсосу і нагріву масла.

2) у нижній правій частині розміщені кнопки: вибору режиму пуску, вибору режиму роботи, пуск, повторний запал, а також кнопки управління обертами ТНТ.

3) у верхній правій частині розміщені кнопки: вибору етапу, ручного керування та кнопка “АЗ”.

4) у верхній лівій частині розміщені кнопки: “НЗ” і кнопки керування вентиляторами маслоохолоджувачів. Для керування вентиляторами маслоохолоджувачів необхідне підтвердження кнопками “ввімкнути” або “вимкнути”.

З метою запобігання випадкової та несанкціонованої подачі команди; для кнопок “НЗ” і кнопок вибору режиму роботи, необхідне підтвердження кнопкою “Пуск”.

3.5 Опис основних режимів роботи ГПА

При розгляді основних режимів роботи необхідно додатково керуватись описом алгоритмів і додатком 1, в якому знаходяться розшифровки всіх нижче приведених скорочених позначень.

3.5.1. Режим холодна прокрутка

Даний режим призначений для наладки і перевірки механізмів агрегату перед пуском.

При пуску ХП виконуються наступні операції:

1) вмикається ПМН, чим забезпечується:

P_m змазки підш. ТК $\geq 0.6 \text{ Kgc/cm}^2$;

P_m змазки підш. Н $\geq 3,0 \text{ Kgc/cm}^2$;

2) зводиться захист ZPMз;

3) через 10 сек вмикається МНУ, що забезпечує

P_m ущільнення $\leq 5.0 \text{ Kgc/cm}^2$;

dP масло-газ $\geq 1.0 \text{ Kgc/cm}^2$;

4) подається команда ввімкнення ВПП вперед; після вводу шестерні-муфти в зачеплення з'являється сигнал VPP_1VK (кінцевий викл.);

5) тільки тоді подається команда на електромагнітний золотник розчіпного пристрою ТД .

6) після вводу шестерні розчіпного пристрою ТД в зачеплення (наявність сигналів Pm2_on, Pm3_ser) подається команда на відкриття клапану 11.

7) після відкриття клапану 11, коли з'явиться сигнал 11_VK (кінцевий вимик.) тоді подається команда на електромагнітну муфту, відкриття клапану 13 і відповідно в роботу вступає ТБД (світиться табло "Прокрутка на ТБД").

8) при збільшенні обертів ротора ТВТ приблизно до 200 об/хв шестерня-муфта ВПП виходить із зачеплення і при відсутності сигналу VPP_1VK (кінцевий вимик.) подається команда увімкнення ВПП на реверс.

9) після відходу шестерні-муфти у висхідний стан з'являється сигнал VPP_2VK (кінцевий викл) і команда на ввімкнення ВПП на реверс знімається;

10) на протязі 3хв відбувається прокрутка валу ТК пусковим газом після чого закривається клапан 11, знімається команда з електромагнітної муфти і подається команда на закриття клапану 13.

11) після вибігу ротора ТК (сигнал N_TVT_0), агрегат готовий до пуску.

3.5.2. Режим поетапного пуску

Режим поетапного пуску призначений для першого пуску агрегату

після ремонту або довготривалої зупинки. Пуск проводиться поетапно шляхом послідовного виконання за командами оператора.

Режим поетапного пуску розділений на чотири етапи:

- 1) підготовка маслосистеми змазки і ущільнення.....етап 1;
- 2) заповнення газом контура нагнітачаетап 2;
- 3) увімкнення ВПП, прокрутка на ТБД і запалювання факела..етап 3;
- 4) прогрів агрегата і вивід на режим “Кільце”.....етап 4.

При невиконанні умов алгоритму за контрольний час або на вимогу оператора (на 3-му етапі) пуск призупиняється з поверненням на початок етапу.

На етапі 1 (підготовка маслосистеми змазки і ущільнення) виконуються наступні операції:

- 1) вмикається ПМН, чим забезпечується:
Рм змазки підш. ТК $\geq 0.6 \text{ Kgc/cm}^2$;
Рм змазки підш. Н $\geq 3,0 \text{ Kgc/cm}^2$;
- 2) зводиться захист ZPмз;
- 3) через 10 сек вмикається МНУ, що забезпечує
Рм ущільнення $\leq 5.0 \text{ Kgc/cm}^2$;
dP масло-газ $\geq 1.0 \text{ Kgc/cm}^2$;

При наявності даних умов за контрольний час, відведений на виконання даного етапу (3хв) етап 1 вважається виконаним і по команді оператора можна переходити до наступного етапу.

На етапі 2 (заповнення газом контура нагнітача) виконуються наступні операції:

- 1) подається команда на крана 4 (продувка Н);
- 2) в контурі нагнітача появляється газ, про що свідчить поява сигналу P_{gN_2}, на монітор поступає повідомлення про наявність газу в нагнітачі;
- 3) зводиться захист ZdPм-г.
- 4) через 20 сек подається команда закриття крана 5;

5) після заповнення контура нагнітача газом, про що свідчить поява сигналу dPkr1, подається команда відкриття крана 1 і крана 2.

б) після відкриття крана 1 і крана 2 подається команда закриття крана 4.

При наявності даних умов за контрольний час, відведений на виконання даного етапу (4хв) етап 2 вважається виконаним і по команді оператора можна переходити до наступного етапу. Надалі невиконання наступних етапів за контрольний час буде приводити до відкату на 2-й етап.

Контрольний час, відведений на виконання даного етапу рівний 4хв.

На етапі 3 (ввімкнення ВПП, прокрутка на турбодетандері і запалювання факелу) виконуються наступні операції:

1) подається команда ввімкнення ВВ, і ВПП вперед; після вводу шестерні-муфти в зачеплення з'являється сигнал VPP_1VK (кінцевий викл.);

2) тільки тоді подається команда на елекромагнітний золотник розчіпного пристрою ТД .

3) після вводу шестерні розчіпного пристрою ТД в зачеплення (наявність сигналів Pm2_on, Pm3_ser) подається команда на відкриття клапану 11.

4) після відкриття клапану 11, коли з'явиться сигнал 11_VK (кінцевий вимик.) тоді подається команда на елекромагнітну муфту, відкриття клапану 13 і відповідно в роботу вступає ТБД.

5) при збільшенні обертів ротора ТВТ приблизно до 200 об/хв шестерня-муфта ВПП виходить із зачеплення і при відсутності сигналу VPP_1VK (кінцевий вимик.) подається команда увімкнення ВПП на реверс.

б) після відходу шестерні-муфти у висхідний стан з'являється сигнал VPP_2VK (кінцевий викл) і команда на ввімкнення ВПП на реверс знімається;

7) після відходу шестерні-муфти у висхідний стан з'являється сигнал VPP_2VK (кінцевий викл) і команда на ввімкнення ВПП на реверс знімається;

8) після появи сигналу Prov_OK (давач РДВ), подається команда відкриття клапану 12.

9) після відкриття клапану 12, коли з'явиться сигнал 12_VK

(кінцевий вимик.); зводиться захист ZPпг, подається команда на відкриття клапану 15, і через 3 сек на протязі 20 сек подається команда ввімкнення пристрою запалювання;

10) після відкриття клапану 15, коли появиться сигнал 15_VK (кінцевий вимик.) подається команда на відкриття клапану СК.

11) подається дозвіл закриття крана 15 (якщо вже вийшов час 20 сек);

12) контролюється наявність факелу в камері згорання додатнім приростом температури на виході ТВТ; якщо приріст температури відсутній або взагалі від'ємний, то клапану СК закриється, якщо приріст температури додатній, то подається команда на повне відкриття клапану 13;

13) прогрів агрегата полум'ям факелу на протязі 1 хв.

Якщо всі умови були виконані на протязі 6 хв. (контрольний час, відведений на виконання етапу), то етап 3 вважається виконаним і по команді оператора можна переходити на наступний 4-й етап.

Перевищення контрольного часу або повторний натиск кнопки "Et2" призводить повернення на 2-й етап.

На етапі 4 (прогрів агрегата і вивід на режим "Кільце):

1) подається команда ввімкнення "РК-підйом" пр цьому РК плавно рухається вверх, забезпечуючи рівномірний прогрів турбіни із заданою швидкістю наростання температури газу перед ТВТ.

2) через 1 хв після появи сигналу VKRK зводиться захист ZПФ і з цього моменту контролюється наявність факела в камері згорання за відсутністю сигналів Fakel_1 і Fakel_2 (давач "Полум'я").

3) подається команда на закриття клапанів ВПК1, ВПК2 .

4) при збільшенні обертів ротора ТВТ до 2400 об/хв (агрегат отримав самохідність) муфта-шестерня клапана 13 виходить із зачеплення, появляється сигнал 13_ZK (кінцевий вимик.), знімається команда з елекромагнітного золотника розчіпного пристрою ТД, і тільки тоді подається команда закриття крана 11.

5) продовжується рівномірний прогрів турбіни до появи режиму

холостого ходу (сигнал N_{xx}), що означає закінчення 4-го етапу. Якщо всі умови були виконані на протязі 10 хв. (контрольний час, відведений на виконання етапу), то етап 4 вважається виконаним.

Відповідно на монітор поступає повідомлення про те, що “Агрегат в роботі” і знаходиться він в режимі “Кільце”.

Аналогічні повідомлення фізичними каналами поступають на загально-станційну систему.

Подальше завантаження агрегата в трасу здійснюється оператором з пульта керування кнопкою “Магістр.” після попереднього завдання обертів ТНТ кнопками “Оберти вище” чи “Оберти нижче”:

- 1) подається команда закриття крана 3 і крана 3’;
- 2) після перестановки кранів на табло поступає повідомлення про те, що агрегат знаходиться в режимі “Магістраль”.

Аналогічне повідомлення фізичними каналами поступає і в загально-станційну систему.

На даному етапі вмикається режим автоматичного регулювання граничної температури перед ТВТ, що здійснюється наступним чином; при зростанні температури перед ТВТ, вище заданої уставки (регламентованої в паспорті) подається команда на завдання нижчих обертів ТНТ, до режиму холостого ходу.

Розвантаження агрегата з траси здійснюється оператором з пульта керування кнопкою “Кільце”; при цьому автоматично виконуються наступні операції:

- 1) подається команда відкриття крана 3 і крана 3’;
- 2) подається команда увімкнення “РК-спад” до появи режиму холостого ходу (сигнал RK_{XX});
- 3) подається команда на закриття крана 3’;
- 4) після перестановки кранів на монітор поступає повідомлення про те, що агрегат знаходиться в режимі “Кільце”. Аналогічне повідомлення фізичними каналами поступає в загальностанційну систему.

Примітка: значення вищеприведених уставок є орієнтовні. Точні значення задані в паспортах і виставлені на ЕКМ.

3.5.3. Режим автоматичного пуску

Даний режим основний, тому на відміну від режиму поетапного пуску не вимагає дозволу оператора на проходження окремих етапів. По закінченні попереднього етапу відразу починається наступний і т.д. У випадку невиконання умов алгоритму за контрольний час етапу відміняється пуск із наступним поверненням на 2-й етап (без стравлювання газу з нагнітача).

3.5.4. Режим ручного керування виконавчими механізмами

Даний режим використовується тільки під час ремонту або перевірки працездатності кранів агрегата для ручного (дистанційного) керування всіма кранами і механізмами при наявності необхідних для цього наступних умов:

- 1) для керування краном 5 необхідно, щоб кран 1 і кран 2 були закриті;
- 2) для керування краном 4 потрібно підготувати маслосистеми змазки і ущільнення (вмикаються ПМН і МНУ);
- 3) для керування краном 1 і краном 2 потрібно:
 - підготувати маслосистеми змазки і ущільнення (вмикається ПМН і МНУ);
 - відкрити кран 4;
 - закрити кран 5.

Тільки після заповнення контура нагнітача газом, про що свідчить поява сигналу dPkr1 (давач РДД-1М), подається дозвіл на керування краном 1 і краном 2;

- 4) керувати краном 3 і краном 3' можна без будь-яких передумов.
- 5) для керування кранами 12, 9, і кранами 14, 15 треба, щоб клапан СК був закритий.
- 6) керувати краном 11 можна тільки при закритому гідроклапані 13;
- 7) для керування гідроклапаном 13 необхідно, щоб кран 11 був

закритий;

8) для керування ВПП необхідно підготувати маслосистему змазки (вмикається ПМН). Після цього вибирають режим “Ручне керування” і тоді при увімкненні ВПП з пульта керування автоматично зведеться захист ZРмз. При вимкненні ВПП з пульта керування захист ZРмз автоматично зніметься.

9) для керування електромагнітною муфтою ТД треба, щоб клапан 13, кран 11 були закриті і також необхідно підготувати маслосистему змазки (вмикається ПМН).

3.5.5. Режим нормальної зупинки

В цьому режимі виконуються наступні операції:

1) На монітор появляється повідомлення “Нормальна зупинка”; при цьому подається команда ввімкнення “РК-спад” до появи появи режиму холостого ходу (сигнал RK_XX);

Аналогічне повідомлення фізичними каналами поступає через загально-станційну систему (сигнал R_NZ) на САК агрегата, що працює послідовно в парі з іншим агрегатом.

Отримавши дане повідомлення від загальностанційної системи, при умові, що кран 6 вже пішов на відкриття (сигнал K_NZ); САК агрегату в групі подає команду на відкриття свого крана 3' і увімкнення “РК-спад” до появи уставки холостого ходу (сигнал RK_XX).

Після виходу агрегату на холостий хід; кран 3' закривається;

2) подається команда відкриття крана 3 і крана 3';

3) після відкриття крана 3 і крана 3' подається команда закриття крана 1, 2;

4) після появи сигналу тиск масла після $GMNS \leq 4.5 \text{ Kg/cm}^2$ (Pm_GMNS_Ly) вмикається ПМН;

5) після закриття крана 1 і крана 2 подається команда відкриття крана 5;

- 6) після стравлювання газу з Н (сигнал P_gN_2) вимикається МНУ;
- 7) подається команда увімкнення “РК- спад” поки повністю не закриється клапан РК (сигнал RK_ZK);
- 8) плавне охолодження на полум’ї факела протягом 1-ї хв;
- 9) знімається напруга утримування з клапанів двигуна (сигнал MPGZ_on), і клапани СК 11, 12, 13, 15 закриваються;
- 10) знімається напруга з імпульсних клапанів і відповідно клапани ВПК1, ВПК2 відкриваються;
- 11) після вибігу ротора ТВТ (сигнал N_TVT_0) подається команда увімкнення ВПП вперед;
- 12) ВПП на реверс можна увімкнути з пульта керування, при цьому не обов’язково чекати охолодження агрегат до T_{газу} ≤ 100°С перед ТВТ.

3.5.6. Режим аварійної зупинки

Даний режим здійснює аварійну зупинку агрегата зі стравлюванням газу із контура нагнітача за командою оператора або у випадку спрацювання захисту:

- 1) подається команда АЗ агрегата і на дверях пристрою керування підсвічується лампа “АЗ”;

Аналогічне повідомлення фізичними каналами поступає через загально-станційну систему (сигнал R_NZ) на САК агрегата, що працює послідовно в парі з іншим агрегатом.

Отримавши дане повідомлення від загальностанційної системи, при умові, що кран 6 вже пішов на відкриття (сигнал K_NZ); САК агрегату в групі подає команду на відкриття свого крана 3’ і увімкнення “РК-спад” до появи уставки холостого ходу (сигнал RK_XX).

Після виходу агрегату на холостий хід; кран 3’ закривається;

- 2) знімається напруга утримування з клапанів двигуна (сигнал MPGZ_on),
і клапани СК 11, 12, 13, 15 закриваються;

3) знімається напруга з імпульсних клапанів і відповідно клапани ВПК1, ВПК2 відкриваються;

4) подається команда закриття крана 3, 3', 1, 2 і відкриття крана 3, 3';

5) після закриття крана 1 і крана 2 подається команда відкриття крана 5;

6) після стравлювання газу з Н (сигнал PgN_2; давач ЕКМ2) вимикається МНУ;

7) після вибігу ротора ТВТ (сигнал N_TVT_0) подається команда увімкнення ВПП вперед;

Після того як клапани РК, СК і 13 закриються, а кран 5 відкриється і МНУ відключиться; стане доступною кнопка “Деблок.” на пульті керування.

8) ВПП на реверс можна увімкнути з пульта керування кнопкою “Деблок.”; при цьому не обов'язково чекати охолодження агрегат до $T_{газу} \leq 100^{\circ}\text{C}$ перед ТВТ.

9) ВВ також при цьому можна вимкнути з пульта керування.

3.5.7. Режим екстреної аварійної зупинки (ЕЗ)

Цей режим виконує екстрену аварійну зупинку агрегата зі стравлюванням газу із контура нагнітача за командою оператора у

випадку повної відмови основних функціональних вузлів САК шляхом впливу на виконавчі механізми через фізичні канали:

- знімається напруга з МПГЗ– закриваються клапани СК, 11, 12 ;

- подається команда на увімкнення МНУ1, ПМН;

- подається команда на увімкнення АЗ на САК КС і сирену;

- подається команда закриття кранів 15, 14, 12, 11, 3, 3', 1, 2;

- після закриття крана 1 та крана 2 подається команда відкриття крана 5 і МНУ1 вимикаються і схема ЕЗ повертається у висхідний стан.

Насос ПМН вимикається шляхом вимкнення і вимкнення автоматичного вимикача ” сил. реле =24V”.

3.5.8. Керування засувкою аварійного зливу масла (АЗМ)

Керування засувкою здійснюється через фізичні канали і використовується тільки в екстремальних випадках.

Для відкриття засувки необхідно зірвати пломбу із захисного короба і повернути перемикач SAC1 в позицію “Відкр.” При повністю відкритій засувці сигнальна лампа EL2 засвітиться жовтим світлом.

3.6 Опис роботи каналів захисту

Для розгляду принципу роботи каналів захисту агрегату необхідно додатково керуватись описом алгоритмів .

Аварійні захисти поділяються на дві групи.

До першої групи відносяться такі канали, які для свого спрацювання вимагають певних логічних умов;

1. Захист ZPmз автоматично зведеться на етапі 1 при наявності:

- 1) Pm змазки підш. ТК $\geq 0.6 \text{ Kgc/cm}^2$ (сигнал Pm_zm_TK_Gy);
- 2) Pm змазки підш. Н $\geq 3.0 \text{ Kgc/cm}^2$ (сигнал Pm_zm_N_Gy).

Зведеться також при:

відсутності сигналу охолодження агрегату до температури 100°C перед ТВТ (сигнал Tg_vxTVT_Ly1) і наявності режиму АЗ (оскільки при наявності даних умов автоматично вмикається ВПП).

Зведеться також при вмиканні ВПП з пульта управління в ручному режимі (наявність сигналу VPP_1BK).

З моменту зведення даного захисту буде відбуватись постійний контроль за тисками мастила змащування ТК і Н. В випадку пониження тиску до уставок попередньо виставлених в паспортах, або виставлених на ЕКМ, (тобто наявності сигналів Pm_zmTK_La або Pm_zmN_La) захист спрацює і це приведе до режиму “АЗ”.

Скидається (встановлюється в “0”) автоматично в режимі НЗ або АЗ,

після вибігу ротора ТВТ (сигнал N_TVT_Ly1) і охолодження агрегату до Тгазу $\leq 100^{\circ}\text{C}$ перед ТВТ (сигнал Tg_vxTVT_Ly1).

Або при вимиканні ВПП з пульта управління в ручному режимі (відсутність сигналу VPP_1BK).

2. Захист ZPM-г зводиться автоматично на етапі 2 після відкриття крану 4 (сигнал 4VKVK).

Зведеться також при управлінні кранами Н з пульта управління в ручному режимі при наявності:

- 1) Рм ущільнення $\geq 5.0 \text{ Kgc/cm}^2$ (сигнал Pm_y_Gy);
- 2) відсутності аварійного dP масло-газ $\leq 0.6 \text{ Kgc/cm}^2$ (сигнал dPm_g_La).

З моменту зведення даного захисту буде відбуватись постійний контроль за перепадом масло-газ.

В випадку пониження перепаду нижче допустимої норми попередньо виставленої в паспорті, (поява сигналу dPm-g_La) і наявності напруги $\sim 380\text{V}$ на шинах МНУ (сигнал $\sim 380\text{V_on}$), через 15 сек. захист спрацює.

Скидається (встановлюється в "0") автоматично в режимі НЗ або АЗ, після стравлювання газу з нагнітача (сигнал PgN_2) і охолодження агрегату до Тгазу $\leq 100^{\circ}\text{C}$ перед ТВТ, або при відключенні режиму ручного управління.

4. Захист ZPPg зводиться автоматично на етапі 3 після відкриття крану 15 (сигнал 15VKVK).

З моменту зведення даного захисту буде відбуватись постійний контроль за тиском паливного газу.

В випадку пониження тиском паливного газу нижче допустимої норми попередньо виставленої в паспорті, (поява сигналу Pm_gr_La) захист спрацює.

Скидається (встановлюється в "0") автоматично в режимі НЗ або АЗ після закриття крану 12 (сигнал 12VKZK), або при невиконанні етапу 3.

5. Захист ZPF зводиться автоматично на етапі 4 після:

- 1) закриття крану 13 (сигнал 13VKZK);
- 2) відкриття регулюючого клапану (сигнал VKRK);
- 3) витримки часу протягом 120 сек.

З моменту зведення даного захисту буде відбуватись постійний контроль за наявністю факела.

В випадку погасання факелу (наявність обидвох сигналів одночасно Fakel_1 і Fakel_2) захист спрацює.

Скидається (встановлюється в "0") автоматично в режимі НЗ при досягненні режиму холостого ходу (сигнал VK_RCX) або в режимі АЗ після закриття крану 12 (сигнал 12VKZK).

До моменту зведення захисту ZPF контроль за наявністю факела відбувається за допомогою контролю за приростом T_г на вході ТВТ (градієнтом). Якщо приріст відємний (сигнал Spad_Enable), то захист спрацює.

6. Захист по пониженню рівня масла в АК, спрацює (тобто приведе до "АЗ") тільки при наявності взведеного захисту ZPM-г.

7. Захист по помпажу ОК, спрацює тільки при наявності режиму "Агрегат в роботі".

8. Захист по відсутності напруги ~380В на агрегаті спрацює при наявності режиму "ХП", "АП", "Агрегат в роботі" або "НЗ" і тільки через 5 хв. після відсутності напруги (сигнал ~380V_on).

9. Захист по самовільній перастановці кранів 11, 12, СК, К і ВПК спрацює при наявності режиму "ХП", "АП", "НЗ", або "Робота" і по наявності сигналу (eror_kr)

10. Захист по несправності клапана РК спрацює при неспівпадінні сигналу завдання і сигналу положення РК більш як на 1% протягом 5сек. на режимах "АП", "НЗ", або "Робота

11. Захист по самовільній перастановці кранів 1, 2 спрацює при наявності режиму "Кільце" або "Магістраль" і наявності сигналу (1VKVK), (2VKVK) або (12VKVK).

12. Захист при спрацюванні магнітного пускача граничного захисту (МПГЗ) спрацює при відсутності блок-контакту (MPGZ_BK) і наявності режиму “ХП”, “АП”, “НЗ”, або “Робота”.

13. Захист по відсутності обертів ТНТ на режимі (несправність давача) спрацює якщо оберти ТНТ впадуть нижче 3000 об/хв при наявності режиму “Агрегат в роботі” .

Всі решта каналів аварійних захистів відносяться до другої групи.

Принцип роботи даних каналів захисту полягає в тому, що в результаті відхилення параметру (аналогового чи дискретного) за допустимі межі, вони без будь яких логічних умов, приводять до аварійної зупинки агрегату:

1. захист по перевищенню температури газу на вході ТВТ спрацює при перевищенні температури вище допустимої межі (наявність сигналу Tg_TVT_Ga).

2. захист по перевищенню температури масла на виході МО спрацює при перевищенні температури вище допустимої межі (наявність сигналу Tg_TVT_Ga).

3. захист по перевищенню температури масла на виході Н спрацює при перевищенні температури вище допустимої межі (наявність сигналу Tg_TVT_Ga).

4. захист по перевищенню температури підшипників спрацює при наявності перевищення за допустимі межі обидвох сигналів одночасно від основного і резервного каналів.

5. захист по перевищенню допустимих обертів спрацює при наявності перевищення за допустимі межі обертів ТД, ТНД або ТВД.

6. захист по затримці в зоні заборонених обертів спрацює при наявності сигналу N_TVT_Gy2500 і відсутності сигналу N_TVT_Gy4200 протягом часу попередньо виставленому в паспорті.

При затримці в зоні заборонених обертів на час більший як 5 хв подається сигнал попередження.

7. захист по перевищенню допустимих осевих зсувів спрацює при

наявності перевищення за допустимі межі осевих зсувів, (наявність сигналу від відповідних ЕКМ).

8. захист по сигналу АЗ від кнопок; АЗ-5.0, АЗ-5.1, Кл. АЗС і АЗ з САК КС спрацює при наявності сигналу від відповідних кнопок.

4 Науково-дослідна частина

Аналіз режимів роботи компресорної станції

4.1 Математичне моделювання газодинамічних характеристик нагнітачів

Постійний ріст споживання газу, зміни структури потоків по магістральних газопроводах, пов'язані з підключенням нових джерел поступлення газу, ставлять завдання найбільш повного використання пропускної здатності газопроводів і продуктивності КС. Для максимального використання резервів збільшення транспорту газу без нарощення встановленої потужності КС, необхідно постійно вести систематичний кількісний контроль режимів роботи компресорних станцій. Одним з найважливіших складових аналізу режиму роботи КС є розрахунок роботи нагнітачів.

Перед початком аналізу роботи нагнітачів розглянемо математичну модель розрахунку газодинамічних характеристик ГПА

Для математичного моделювання характеристик ГПА використовуємо графічні зведені характеристики нагнітача 520-12-1.

З точки зору математики ми маємо три види кривих:

$$\varepsilon_n = f[Q_{всм}]_{зв}, \quad \left(\frac{N_i}{\rho_{всм}} \right)_{зв} = f[Q_{всм}]_{зв}, \quad \eta_{пол} = f[Q_{всм}]_{зв}$$

Наше завдання знайти згладжуючий поліном n-ї степені, який би з якомога більшою точністю інтерполював графіки функцій. Зрозуміло, що чим буде більшою степінь полінома, тим більшою буде точність.

Скористаємось матричним методом розв'язку системи нелінійних рівнянь. Пояснимо цей метод на прикладі залежності ступеня стиску від

зведеної об'ємної витрати ($\varepsilon_n = f[Q_{всм}]_{зв}$) для зведених обертів $\left[\frac{n}{n_n}\right]_{зв} = 1$.

За зведеними характеристиками нагнітача знаходимо значення ступеня стиску в залежності від зведеної об'ємної витрати, результати вносимо в таблицю.

$[Q_{всм}]_{зв}$	300	350	400	450	500	550	600	650
ε	1.312	1.31	1.303	1.29	1.273	1.246	1.215	1.17

Для знайдених значень складаємо систему рівнянь:

$$\begin{cases} \varepsilon_1 = a_0 + a_1 \cdot Q_1 + a_2 \cdot Q_1^2 + a_3 \cdot Q_1^3 \\ \varepsilon_2 = a_0 + a_1 \cdot Q_2 + a_2 \cdot Q_2^2 + a_3 \cdot Q_2^3 \\ \varepsilon_3 = a_0 + a_1 \cdot Q_3 + a_2 \cdot Q_3^2 + a_3 \cdot Q_3^3 \\ \varepsilon_4 = a_0 + a_1 \cdot Q_4 + a_2 \cdot Q_4^2 + a_3 \cdot Q_4^3 \end{cases} \quad (4.1)$$

В матричному вигляді:

$$\varepsilon = A \cdot Q \quad (4.2)$$

Щоб розв'язати це рівняння відносно невідомих коефіцієнтів А, необхідно знайти обернену матрицю Q^{-1} , при умові, що матриця Q – не вироджена. Тоді розв'язок системи матиме наступний вигляд:

$$A = \varepsilon \cdot Q^{-1} \quad (4.3)$$

Даний алгоритм реалізований в програмі Y3.Програма зроблена за допомогою пакета прикладних програм Mathcad.

Отже,зведені характеристики можна описати рівняннями:

$$\varepsilon_n = 1,626 - 1,871 \cdot 10^{-3} \cdot [Q]_{зв} + 4,075 \cdot 10^{-6} \cdot [Q]_{зв}^2 - 3,5 \cdot 10^{-9} \cdot [Q]_{зв}^3 \quad (4.4)$$

$$\eta_{пол} = 1,96 - 8,587 \cdot 10^{-3} \cdot [Q]_{зв} + 2,14 \cdot 10^{-5} \cdot [Q]_{зв}^2 - 1,733 \cdot 10^{-8} \cdot [Q]_{зв}^3 \quad (4.5)$$

$$\left(\frac{N_i}{P_{всм}} \right)_{зв} = 49,125 - 0,632 \cdot [Q]_{зв} + 1,5 \cdot 10^{-4} \cdot [Q]_{зв}^2 - 6,667 \cdot [Q]_{зв}^3$$

4.2 Алгоритм розрахунку роботи ГПА

Для прикладу розрахунку беремо вихідні дані за лютий місяць 2000 року:

- відносна густина газу: $\Delta = 0,575$;

- газова стала: $R = 499,3 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$;

- густина газу за стандартних умов: $\rho_{ст} = 0,693 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$;

- тиск на вході в КС: $P_{вх} = 3,32 \text{ МПа}$;

- тиск на виході з КС: $P_{вих} = 4,25 \text{ МПа}$;

- втрати тиску у вхідних технологічних комунікаціях КС:
 $\Delta P_{вх} = 0,147 \text{ МПа}$;

- температура на вході в КС : $T_{вх} = 279 \text{ К}$;

- продуктивність КС: $q = 41,06 \frac{\text{млн} \cdot \text{м}^3}{\text{добу}}$;

- оберти нагнітача: $n = 4850$;

- номінальні оберти нагнітача: $n_n = 4800$;

- схема роботи нагнітачів: 2/2.

Розрахунок першого ступеню:

Визначаємо тиск на вході в компресорний цех:

$$P_{всм} = P_{вх} - \Delta P_{вх}, \text{ МПа} \quad (4.7)$$

де $P_{вх}$ - тиск на вході в КС, МПа; $\Delta P_{вх}$ - втрати тиску у вхідних технологічних комунікаціях КС, МПа.

$$P_{всм} = 3,32 - 0,147 = 3,173 \text{ МПа}.$$

Температура при всмоктуванні приблизно рівна температурі на вході в КС ($T_{всм} \approx T_{вх}$).

Об'ємна витрата газу визначається за формулою:

$$Q = \frac{q}{n_{гр}}, \quad (4.8)$$

$$Q = \frac{41,06}{2} = 20,53 \frac{\text{млн} \cdot \text{м}^3}{\text{добу}}.$$

де $n_{гр}$ - кількість груп працюючих машин.

Об'ємна витрата газу за умов всмоктування:

$$Q_{всм} = Q \cdot \frac{10^6}{1440} \cdot \frac{\rho_{ст}}{\rho_{всм}}, \quad (4.9)$$

де $\rho_{всм}$ - густина газу за умов всмоктування,

$$\rho_{всм} = \frac{P_{всм}}{Z_{всм} RT_{всм}}. \quad (4.10)$$

$$\rho_{всм} = \frac{3,173}{0,928 \cdot 499,3 \cdot 279} = 24,5 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}.$$

Обчислюємо коефіцієнт стисливості газу за умов входу в нагнітач:

$$z_{всм} = 1 - 5,5 \cdot 10^6 \frac{P_{всм} \cdot \Delta^{1,3}}{T_{всм}^{3,3}}. \quad (4.11)$$

$$z_{всм} = 1 - 5,5 \cdot 10^6 \cdot \frac{3,173 \cdot 0,575^{1,3}}{279^{3,3}} = 0,928.$$

Звідси:
$$Q_{всм} = 20,53 \cdot \frac{10^6}{1440} \cdot \frac{0,693}{24,5} = 403,3 \frac{\text{м}^3}{\text{хв}}.$$

Знаходимо відносні оберти нагнітача $\frac{n}{n_n}$:

$$\frac{n}{n_n} = \frac{4850}{4800} = 1,01.$$

Зведена об'ємна витрата за умов всмоктування шукається за наступною

формулою:

$$[Q_{всм}]_{3в} = \frac{Q_{всм}}{n/n_n} \quad (4.12)$$

$$[Q_{всм}]_{3в} = \frac{403,3}{1,01} = 399,3 \frac{M^3}{xв}$$

Визначаємо зведені відносні оберти нагнітача за формулою:

$$\left[\frac{n}{n} \right]_{3в} = \frac{n}{n_n} \sqrt{\frac{z_{3в} T_{3в} R_{3в}}{z_{всм} T_{всм} R}} \quad (4.13)$$

$$\left[\frac{n}{n} \right]_{3в} = 1,01 \cdot \sqrt{\frac{0,91 \cdot 490,5 \cdot 293}{0,928 \cdot 499,3 \cdot 279}} = 1,015$$

При $\left[\frac{n}{n_n} \right]_{3в} = 1$ ступінь підвищення тиску для номінальних обертів

обчислюється за формулою (4.4):

$$\varepsilon_n = 1,626 - 1,871 \cdot 10^{-3} \cdot [Q]_{3в} + 4,075 \cdot 10^{-6} \cdot [Q]_{3в}^2 - 3,5 \cdot 10^{-9} \cdot [Q]_{3в}^3$$

$$\varepsilon_n = 1,626 - 1,871 \cdot 10^{-3} \cdot 399,3 + 4,075 \cdot 10^{-6} \cdot 399,3^2 - 3,5 \cdot 10^{-9} \cdot 399,3^3 = 1,31$$

Визначимо реальне значення ступеня підвищення тиску $e_{\phi} = e$ за формулою:

$$\frac{\varepsilon^{\frac{k-1}{k}} - 1}{\varepsilon_n^{\frac{k-1}{k}} - 1} = \left[\frac{n}{n_n} \right]_{3в}^2 \quad (4.14)$$

$$\varepsilon = \sqrt[k-1/k]{\left(\left[\frac{n}{n_n} \right]_{3в}^2 \cdot \varepsilon_n^{k-1/k} - 1 \right) + 1} \quad (4.15)$$

$$\varepsilon = 1,27$$

Визначаємо тиск на виході нагнітача:

$$P_{наг} = P_{всм} \cdot \varepsilon \quad (4.16)$$

$$P_{наг} = 3,32 \cdot 1,27 = 4,21 \text{ МПа.}$$

Виконуємо перевірку умови $P_{наг} \leq P_{max}$, при невиконанні якої повертаємося до обчислень за формулою (4.13) за нових умов у відповідності з наступним міркуванням: якщо $P_{наг}$ перевищує максимально допустимий тиск на виході нагнітача, то зменшуючи оберти розрахунок повторюємо при новому значенні зведених обертів; якщо $P_{наг}$ не перевищує максимально допустиме значення тиску, то розрахунок проводимо далі.

Як бачимо в нашому випадку $P_{наг} < P_{вих}$.

Для визначення політропічного ККД скористаємося співвідношенням (4.5):

$$\eta_{пол} = 1,96 - 8,587 \cdot 10^{-3} \cdot [Q]_{зв} + 2,14 \cdot 10^{-5} \cdot [Q]_{зв}^2 - 1,733 \cdot 10^{-8} \cdot [Q]_{зв}^3$$

$$\eta_{пол} = 1,96 - 8,587 \cdot 10^{-3} \cdot 399,3 + 2,14 \cdot 10^{-5} \cdot 399,3^2 - 1,733 \cdot 10^{-8} \cdot 399,3^3 = 0,84$$

Температура газу на виході нагнітача:

$$T_{наг} = T_{всм} \cdot \varepsilon^{\frac{k-1}{k \cdot \eta_{пол}}}$$

$$T_{наг} = 279 \cdot \varepsilon^{\frac{1,3-1}{1,3 \cdot 0,84}} = 294,35 \text{ К.}$$

Відносна зведена внутрішня потужність визначається за формулою (4.6):

$$\left(\frac{N_i}{\rho_{всм}} \right)_{зв} = 49,125 - 0,632 \cdot [Q]_{зв} + 1,5 \cdot 10^{-4} \cdot [Q]_{зв}^2 - 6,667 \cdot [Q]_{зв}^3$$

$$\left(\frac{N_i}{\rho_{всм}} \right)_{зв} = 49,125 - 0,632 \cdot 399,3 + 1,5 \cdot 10^{-4} \cdot 399,3^2 - 6,667 \cdot 399,3^3 = 273,5 \frac{\text{кВт}}{\frac{\text{кг}}{\text{м}^3}}$$

Визначаємо внутрішню потужність:

$$N_i = \left[\frac{N_i}{\rho_{всм}} \right]_{зв} \cdot \rho_{всм} \cdot \left(\frac{n}{n_n} \right)^3$$

$$N_i = 273,15 \cdot 24,5 \cdot 1,01^3 = 6895 \text{ кВт}$$

Ефективна потужність (на валу)

$$N_e = N_i + N_m, \quad (4.19)$$

де N_m – механічні втрати, $N_m = 100 \text{ кВт}$.

$$N_e = 6895 + 100 = 6995 \text{ кВт}.$$

Для обчислення другої ступені використовуємо той же алгоритм, враховуючи втрати тиску на вході в другий нагнітач, а тиск і температуру на вході в другий нагнітач беремо з розрахунку першої ступені.

Розрахунок другого ступеню:

Приймаємо технологічні втрати тиску на вході в другий нагнітач $\Delta p_2 = 0,049 \text{ МПа}$; $P_{вх2} = 4,21 \text{ МПа}$; $T_{вх2} = 294,35 \text{ К}$.

Обчислюємо коефіцієнт стисливості газу за умов входу в другий нагнітач за формулою (4.11):

$$z_{всм} = 1 - 5,5 \cdot 10^6 \cdot \frac{3,173 \cdot 0,575^{1,3}}{279^{3,3}} = 0,928$$

$$Q_{всм} = Q \cdot \frac{10^6}{1440} \cdot \frac{\rho_{ст}}{\rho_{всм}}, \quad (4.9)$$

де $\rho_{всм}$ - густина газу за умов всмоктування,

$$\rho_{всм} = \frac{P_{всм}}{Z_{всм} RT_{всм}} \quad (4.10)$$

$$\rho_{всм} = \frac{3,173}{0,928 \cdot 499,3 \cdot 279} = 24,5 \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}$$

Звідси: $Q_{всм} = 20,53 \cdot \frac{10^6}{1440} \cdot \frac{0,693}{24,5} = 403,3 \frac{\text{м}^3}{\text{хв}}$

Знаходимо відносні оберти нагнітача $\frac{n}{n_n}$:

$$\frac{n}{n_n} = \frac{4850}{4800} = 1,01$$

Зведена об'ємна витрата за умов всмоктування шукається за наступною формулою:

$$[Q_{всм}]_{зв} = \frac{Q_{всм}}{n/n_n} \quad (4.12)$$

$$[Q_{всм}]_{зв} = \frac{403,3}{1,01} = 399,3 \frac{м^3}{хв}$$

Визначаємо зведені відносні оберти нагнітача за формулою:

$$\left[\frac{n}{n} \right]_{зв} = \frac{n}{n_n} \sqrt{\frac{z_{зв} T_{зв} R_{зв}}{z_{всм} T_{всм} R}} \quad (4.13)$$

$$\left[\frac{n}{n} \right]_{зв} = 1,01 \cdot \sqrt{\frac{0,91 \cdot 490,5 \cdot 293}{0,928 \cdot 499,3 \cdot 279}} = 1,015$$

При $\left[\frac{n}{n_n} \right]_{зв} = 1$ ступінь підвищення тиску для номінальних обертів обчислюється за формулою (4.4):

$$\varepsilon_n = 1,626 - 1,871 \cdot 10^{-3} \cdot [Q]_{зв} + 4,075 \cdot 10^{-6} \cdot [Q]_{зв}^2 - 3,5 \cdot 10^{-9} \cdot [Q]_{зв}^3$$

$$\varepsilon_n = 1,626 - 1,871 \cdot 10^{-3} \cdot 399,3 + 4,075 \cdot 10^{-6} \cdot 399,3^2 - 3,5 \cdot 10^{-9} \cdot 399,3^3 = 1,31$$

Визначимо реальне значення ступеня підвищення тиску $e_{\phi} = e$ за формулою:

$$\frac{\varepsilon^{\frac{k-1}{k}} - 1}{\varepsilon_n^{\frac{k-1}{k}} - 1} = \left[\frac{n}{n_n} \right]_{зв}^2 \quad (4.14)$$

$$\varepsilon = \sqrt[k-1/k]{\left(\left[\frac{n}{n_n} \right]_{зв}^2 \cdot \varepsilon_n^{k-1/k} - 1 \right) + 1} \quad (4.15)$$

$$\varepsilon = 1,27$$

Визначаємо тиск на виході нагнітача:

$$P_{наг} = P_{всм} \cdot \varepsilon \quad (4.16)$$

$$P_{наг} = 3,32 \cdot 1,27 = 4,21 \text{ МПа.}$$

Виконуємо перевірку умови $P_{наг} \leq P_{max}$, при невиконанні якої повертаємося до обчислень за формулою (4.13) за нових умов у відповідності з наступним міркуванням: якщо $P_{наг}$ перевищує максимально допустимий тиск на виході нагнітача, то зменшуючи оберти розрахунок повторюємо при новому значенні зведених обертів; якщо $P_{наг}$ не перевищує максимально допустиме значення тиску, то розрахунок проводимо далі.

Як бачимо в нашому випадку $P_{наг} < P_{вих}$.

Для визначення політропічного ККД скористаємося співвідношенням (4.5):

$$\eta_{пол} = 1,96 - 8,587 \cdot 10^{-3} \cdot [Q]_{зв} + 2,14 \cdot 10^{-5} \cdot [Q]_{зв}^2 - 1,733 \cdot 10^{-8} \cdot [Q]_{зв}^3$$

$$\eta_{пол} = 1,96 - 8,587 \cdot 10^{-3} \cdot 399,3 + 2,14 \cdot 10^{-5} \cdot 399,3^2 - 1,733 \cdot 10^{-8} \cdot 399,3^3 = 0,84$$

Температура газу на виході нагнітача:

$$T_{наг} = T_{всм} \cdot \varepsilon^{\frac{k-1}{k \cdot \eta_{пол}}} \quad (4.17)$$

$$T_{наг} = 279 \cdot \varepsilon^{\frac{1,3-1}{1,3 \cdot 0,84}} = 294,35 \text{ К.}$$

Відносна зведена внутрішня потужність визначається за формулою (4.6):

$$\left(\frac{N_i}{\rho_{всм}} \right)_{зв} = 49,125 - 0,632 \cdot [Q]_{зв} + 1,5 \cdot 10^{-4} \cdot [Q]_{зв}^2 - 6,667 \cdot [Q]_{зв}^3$$

$$\left(\frac{N_i}{\rho_{всм}} \right)_{зв} = 49,125 - 0,632 \cdot 399,3 + 1,5 \cdot 10^{-4} \cdot 399,3^2 - 6,667 \cdot 399,3^3 = 273,5 \frac{\text{кВт}}{\frac{\text{кг}}{\text{м}^3}}$$

Визначаємо внутрішню потужність:

$$N_i = \left[\frac{N_i}{\rho_{всм}} \right]_{38} \cdot \rho_{всм} \cdot \left(\frac{n}{n_H} \right)^3 \quad (4.18)$$

$$N_i = 273,15 \cdot 24,5 \cdot 1,01^3 = 6895 \text{ кВт}$$

Ефективна потужність (на валу)

$$N_e = N_i + N_m, \quad (4.19)$$

де N_m – механічні втрати, $N_m = 100 \text{ кВт}$.

$$N_e = 6895 + 100 = 6995 \text{ кВт}$$

5. Спеціальна частина

Теплогідравлічний розрахунок ділянки газопроводу в програмному середовищі MathCad

5.1 Постановка завдання та формування вихідних даних

При проведенні гідравлічних розрахунків за розрахункову ділянку приймають частину газопроводу, розташовану між двома сусідніми КС. Завдання – визначити пропускну здатність ділянки газопроводу, що складається з двох ниток КЗУ-1 та КЗУ-2.

Пропускною здатністю називається кількість газу, що може бути перекачана по газопроводу при максимальному використанні її потужності, або при підтримуванні на початку ділянки максимально можливого тиску по умовах міцності труб і мінімально допустимого тиску в кінці ділянки.

Пропускна здатність газопроводу визначається за формулою:

$$q = 3,26 \cdot 10^{-7} \cdot d^{2,5} \cdot E \cdot \sqrt{\frac{P_1^2 - P_2^2}{\lambda \cdot z \cdot \Delta \cdot T \cdot L}}, \quad (5.1)$$

де d - внутрішній діаметр труби, мм;

E – коефіцієнт гідравлічної ефективності;

P_1 - початкове стиснення газу, $\frac{\text{кг} \cdot \text{с}}{\text{см}^2}$;

P_2 - кінцевий тиск газу, $\frac{\text{кг} \cdot \text{с}}{\text{см}^2}$;

λ - коефіцієнт гідравлічних втрат (опору);

z - коефіцієнт стискуваності газу;

Δ - питома вага газу;

T – середнє значення температури газу, K ;

L - довжина гілки трубопроводу, км.

Розглянемо одноступовий газопровід з одним відбором Δq ; схема якого зображена на рисунку 5.1.

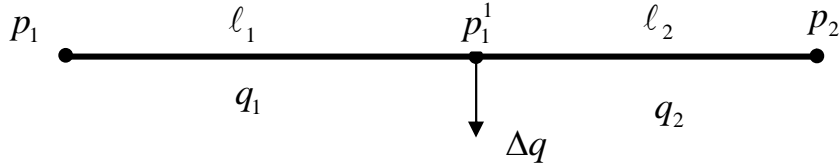


Рисунок 5.1 Одноступовий газопровід з одним відбором.

З формули (5.1):

$$p_1^2 - p_1^{12} = \frac{q_1^2 \cdot \lambda \cdot z \cdot \Delta \cdot T \cdot \ell_1}{(3,26 \cdot 10^{-7})^2 \cdot d^5 \cdot E^2}, \quad (5.2)$$

$$p_1^{12} - p_2^2 = \frac{q_2^2 \cdot \lambda \cdot z \cdot \Delta \cdot T \cdot \ell_2}{(3,26 \cdot 10^{-7})^2 \cdot d^5 \cdot E^2}, \quad (5.3)$$

де ℓ_1 та ℓ_2 - довжини газопроводу відповідно: до відбору та після відбору;

q_1 та q_2 - пропускні здатності до відбору та після відбору.

Очевидно, що:

$$q_2 = q_1 - \Delta q, \quad (5.4)$$

де Δq - відбір на ГРС.

Коефіцієнт ефективності приймаємо: $E = 1$.

Просумувавши обидві частини рівнянь (5.21) та (5.22) отримуємо:

$$p_1^2 - p_2^2 = (q_1^2 \cdot \ell_1 + q_2^2 \cdot \ell_2) \cdot \frac{\lambda \cdot z \cdot \Delta \cdot T}{(3,26 \cdot 10^{-7})^2 \cdot d^5}, \quad (5.5)$$

Звідси:

$$q_1 = \frac{2 \cdot (\Delta q) \cdot \ell_2}{2 \cdot (\ell_1 + \ell_2)} +$$

$$+ \frac{\sqrt{4 \cdot (\Delta q)^2 \cdot \ell_2^2 - 4 \cdot (\ell_1 + \ell_2) \cdot (\Delta q)^2 \cdot \ell_2 - \frac{(p_1^2 - p_2^2) \cdot (3,26 \cdot 10^{-7})^2 \cdot d^5}{\lambda \cdot z \cdot \Delta \cdot T}}}{2 \cdot (\ell_1 + \ell_2)}, \quad (5.6)$$

q_2 - визначаємо за формулою (5.4).

Пропускна здатність газопроводу:

$$Q_{12} = \frac{q_1 \cdot \ell_1 + q_2 \cdot \ell_2}{\ell_1 + \ell_2}, \quad (5.7)$$

Для двониткового газопроводу, схема якого зображена на рисунку 5.2., за приведеними вище формулами, отримуємо:

$$q_3 = \frac{2 \cdot (\Delta q_3) \cdot \ell_4}{2 \cdot (\ell_3 + \ell_4)} +$$

$$+ \frac{\sqrt{4 \cdot (\Delta q_3)^2 \cdot \ell_4^2 - 4 \cdot (\ell_3 + \ell_4) \cdot (\Delta q_3)^2 \cdot \ell_2 - \frac{(p_3^2 - p_4^2) \cdot (3,26 \cdot 10^{-7})^2 \cdot d^5}{\lambda \cdot z \cdot \Delta \cdot T}}}{2 \cdot (\ell_3 + \ell_4)}, \quad (5.8)$$

$$q_4 = q_3 - \Delta q_3, \quad (5.9)$$

$$Q_{34} = \frac{q_3 \cdot \ell_3 + q_4 \cdot \ell_4}{\ell_3 + \ell_4}, \quad (5.10)$$

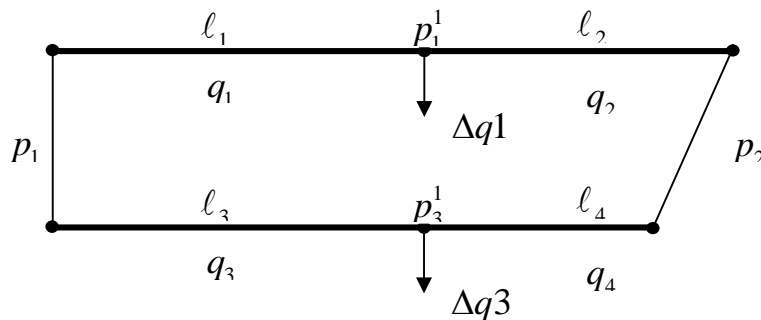


Рисунок 5.2 Двонитковий газопровід з відборами.

Розрахункова пропускна здатність двониткового газопроводу:

$$Q = Q_{12} + Q_{34} \quad (5.11)$$

Розглянемо ділянку магістрального газопроводу від КС смт. Бар до КС м. Гусятин .

Ми маємо двонитковий газопровід, причому:

- діаметри ниток КЗУ-1 та КЗУ-2 однакові;
- довжина КЗУ-1 $L_1=110$ км;
- довжина КЗУ-2 $L_2=115$ км;
- газ в КЗУ-1 та КЗУ-2 надходить з спільного колектора КС смт. Бар, тобто початкові тиски в нитках однакові;
- газ надходить на КС м. Гусятин в одну трубу на пиловловлювачі, тобто кінцеві тиски газу можна вважати однаковими;
- крани на перемичках – закриті;
- сумарні відбори по нитках складають менше одного відсотка від газу, що по них перекачується ;
- геодезичні різниці висот є меншими ніж 100 м.

Всі відбори по КЗУ–1 зводимо в одну точку на відстані 78 км від КС смт. Бар, з відбором рівним сумі відборів по ГРС.

Вихідними даними для розрахунку є:

- склад газу;
- геометричні параметри газопроводу;
- термодинамічні параметри газового потоку;
- параметри ґрунту.

Дані по режимах роботи КС смт. Бар та м. Гусятин наведені в таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 Режими роботи КС

Місяць (дні)	Бар			Гусятин						
	$P_{вих}, \frac{кгс}{см^2}$	$t_{вих}, ^\circ C$	$Q, \frac{млн \cdot м^3}{міс}$	$P_{вих}, \frac{кгс}{см^2}$	$P_{вих}, \frac{кгс}{см^2}$	$t_{вих}, ^\circ C$	Схема роботи ГПА	Оберти	$t_{вих}, ^\circ C$	$Q, \frac{млн \cdot м^3}{міс}$
1-й (31)	37,03	24,45	950,680	30,7	37,6	6	1/2	4500	26	921,443
2-й (29)	45,95	29,9	1212,570	33,8	43,3	6	2/2	4850	28	1190,616
3-й (31)	47,06	27,9	1371,470	34,2	43,9	6	2/1	4540	26	1356,046

Продовження таблиці 5.1.

Місяць ь (дні)	Бар			Гусятин						
	$P_{вих}, \frac{кгс}{см^2}$	$t_{вих}, ^\circ C$	$Q, \frac{млн \cdot м^3}{міс}$	$P_{вх}, \frac{кгс}{см^2}$	$P_{вих}, \frac{кгс}{см^2}$	$t_{вх}, ^\circ C$	Схема роботи ГПА	Оберт и	$t_{вих}, ^\circ C$	$Q, \frac{млн \cdot м^3}{міс}$
4-й (30)	51,52	30,33	1390,470	39,5	49,8	8,5	2/1	4670	29,5	1381,0 00
5-й (31)	50,44	33,0	1388,260	38,6	49,1	12	2/1	4780	34	1384,8 24
6-й (30)	51,67	37,33	1336,950	38,9	50,8	15	2/1	4680	37	1334,3 96
7-й (31)	50,47	38,23	1342,020	39,5	49,6	17	2/1	4450	35	1331,7 72
8-й (31)	51,67	40,39	1345,540	40,7	49,4	18	2/1	4490	38	1342,4 92
9-й (30)	47,07	42,40	1185,550	37,7	46,1	17	2/1	4380	37	1179,7 98
10-й (31)	45,17	37,5	1095,750	37,2	46,7	17,5	2/1	4670	34,5	990,74 4
11-й (30)	43,87	32,37	1087,170	34,5	42,57	15	2/1	4590	33	1072,0 31
12-й (31)	42,46	24,45	945,460	34,9	41,4	11	2/1	4720	25	928,26 8

5.2 Алгоритм розрахунку для конкретних температурних умов

Вихідними даними для розрахунку є:

- відносна густина газу $\Delta=0,576$;
- гідравлічна ефективність $E=1$;
- температура газу на початку дільниці $T_{n_1}=301,05$ К;
- довжина трубопроводу $l_1=77,8$ км;
- довжина трубопроводу $l_2= 37,2$ км;
- довжина трубопроводу $l_3=78$ км;
- довжина трубопроводу $l_4= 32$ км;

- коефіцієнт теплопередачі $k_1 = 1,9 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$;
- еквівалентна гідравлічна шорсткість $k_2 = 0,03$
- внутрішній діаметр газопроводу $d = 980$ мм;
- пропускна здатність газопроводу $q = 44,24$ млн.м³/добу;
- початковий тиск газу $P_{n1} = 47,06$ атм;
- температура ґрунту $T_{\text{гр}} = 275,35$ К;
- динамічна в'язкість газу $\eta = 1,23 \cdot 10^{-5}$ Па·с;
- питома теплоємність газу $c_p = 2500 \frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$.

Визначаємо значення добутку збірної коефіцієнта a на довжину лінійної ділянки

$$a \cdot l = 0,225 \cdot \frac{k \cdot d \cdot l}{q \cdot \Delta \cdot C_p}, \quad (5.12)$$

де k - коефіцієнт теплопередачі, $\frac{\text{Вт}}{\text{м}^2 \cdot \text{К}}$;

d – внутрішній діаметр газопроводу, мм;

l - довжина трубопроводу, км;

q – об'ємна витрата, млн куб.м/добу;

Δ - відносна густина газу;

C_p - питома теплоємність газу, $\frac{\text{Дж}}{\text{кг} \cdot \text{К}}$.

$$a \cdot l = 0,225 \cdot \frac{1,9 \cdot 980 \cdot 77,8}{44,24 \cdot 0,576 \cdot 2500} = 0,512$$

Знаходимо температуру в кінці лінійної ділянки

$$T_{\kappa} = T_{\text{зр}} + (T_n - T_{\text{зр}}) \cdot e^{-al}, \text{ К.} \quad (5.13)$$

$$T_{\kappa} = 275,35 + (301,05 - 275,35) \cdot e^{-0,512} = 290,8 \text{ К}$$

Визначаємо середню температуру газу:

$$T_{\text{ср}} = T_{\text{зр}} + \frac{(T_n - T_{\kappa})}{al} \quad (5.14)$$

$$T_{cp} = 275,35 + \frac{(301,05 - 290,8)}{0,512} = 295,5 \text{ , К}$$

Шукаємо число Рейнольдса за формулою

$$Re = 17,76 \cdot 10^3 \cdot \frac{q\Delta}{d\eta} \quad (5.15)$$

$$Re = 17,76 \cdot 10^3 \cdot \frac{44,24 \cdot 0,576}{980 \cdot 1,23 \cdot 10^{-5}} = 3,755 \cdot 10^7$$

Коефіцієнт гідравлічного опору газу визначатиметься за формулою:

$$\lambda = 0,067 \left(\frac{158}{Re} + \frac{2k}{d} \right)^{0,2}, \quad (5.16)$$

$$\lambda = 0,067 \left(\frac{158}{3,755 \cdot 10^7} + \frac{2 \cdot 0,03}{980} \right)^{0,2} = 0,0098$$

Середній тиск визначаємо за формулою:

$$P_{cp} = \frac{2}{3} \left(P_n + \frac{P_\kappa^2}{P_n + P_\kappa} \right), \text{ атм} \quad (5.17)$$

де P_κ, P_n - кінцевий і початковий тиск газу, атм.

$$P_{cp} = \frac{2}{3} \left(47,06 + \frac{34,2^2}{47,06 + 34,2} \right) = 40,97 \text{ атм}$$

Наступним кроком є обчислення коефіцієнта стисливості газу z за формулою:

$$z = 1 - 5,4 \cdot 10^5 \cdot \frac{P_{cp} \cdot \Delta^{1,3}}{T_{cp}^{3,3}} \quad (5.18)$$

$$z = 1 - 5,4 \cdot 10^5 \cdot \frac{40,97 \cdot 0,576^{1,3}}{295,5^{3,3}} = 0,924$$

Подальші розрахунки проведені з використанням програми Y2.

За формулою (5.6) знаходимо пропускну здатність першої ділянки (КЗУ-2):

$$q_1 = 23,89 \frac{\text{млн} \cdot \text{м}^3}{\text{добу}}$$

Відповідно, за формулою (5.4) знаходимо пропускну здатність другої

ділянки (КЗУ-2):

$$q_2 = 23.76 \frac{\text{млн} \cdot \text{м}^3}{\text{добу}} .$$

За формулою (5.8) знаходимо пропускну здатність першої ділянки другої нитки (КЗУ-1):

$$q_3 = 24.44 \frac{\text{млн} \cdot \text{м}^3}{\text{добу}} .$$

Відповідно за формулою (5.9) пропускну здатність другої ділянки КЗУ-1 становить:

$$q_4 = 24.25 \frac{\text{млн} \cdot \text{м}^3}{\text{добу}} .$$

Знаходимо пропускну здатність КЗУ-1 та КЗУ-2 згідно формул (4.7, 4.10):

$$Q_{12} = 23.85 \frac{\text{млн} \cdot \text{м}^3}{\text{добу}} ; Q_{34} = 24.38 \frac{\text{млн} \cdot \text{м}^3}{\text{добу}} .$$

Загальна пропускну здатність двониткового газопроводу визначається за формулою (5.1):

$$Q = 48.23 \frac{\text{млн} \cdot \text{м}^3}{\text{добу}} .$$

5.3 Розрахунок гідравлічної ефективності

Коефіцієнт Е, який входить в формулу (5.20), називають коефіцієнтом гідравлічної ефективності. Формули, за якими виконується розрахунок коефіцієнтів гідравлічного опору не враховують фактичної шорсткості внутрішньої поверхні газопроводу, а також додаткового опору від накопичування води і конденсату, бруду і сторонніх предметів, які залишилися після будівництва при неякісній продувці газопроводу. Цей опір

приводить до пониження пропускної здатності.

Одним із найважливіших завдань експлуатації магістральних газопроводів є максимальне використання пропускної здатності газопроводів. У зв'язку з цим необхідно дати оцінку стану внутрішньої поверхні газопроводу по ділянках. Визначити забруднення внутрішньої поверхні труби можливо по величині коефіцієнта ефективності:

$$E = \sqrt{\frac{\lambda_{\phi}}{\lambda_m}}, \quad (5.19)$$

де λ_{ϕ} - фактичний коефіцієнт гідравлічного опору, значення якого отримано за експлуатаційними даними; λ_m - коефіцієнт гідравлічного опору цієї ж ділянки, розрахований за номограмами .

Коефіцієнт ефективності можна обчислити за формулою:

$$E = \frac{Q_{\phi}}{Q_m}, \quad (5.20)$$

де Q_{ϕ} - реальна пропускна здатність ділянки газопроводу; Q_m - теоретична пропускна здатність цієї ж ділянки.

Аналіз коефіцієнтів ефективності дозволяє визначити:

1. Відхилення шорсткості внутрішньої поверхні труб від прийнятої при розрахунку, тобто від еквівалентної шорсткості $K_e = 0,03 \text{ мм}$;
2. Перевищені, у порівнянні з усередненими втратами тиску на місцевих опорах, із-за більшої кількості переходів, кранів і т.д.
3. Місце розміщення найбільш забруднених ділянок і необхідність їх очищення.

При проектуванні газопроводів із нових труб без внутрішнього покриття ефективність прийняється рівною одиниці. Таким чином, питання максимального використання пропускної здатності тісно пов'язано із збільшенням коефіцієнта ефективності. Навіть при умові деякого перевантаження лінійної частини магістрального трубопроводу, збільшення

коефіцієнту ефективності приводить до значної економії затрат на копримування. Необхідна потужність ізотермічного стиску газу на КС, який в свою чергу залежить від коефіцієнту ефективності лінійної частини газопроводу.

Пониження фактичних значень коефіцієнту опору дає можливість збільшити об'єм газу, який транспортується, без спорудження додаткових лупінгів або КС і понизити енергозатрати на копримування газу за рахунок підвищення вхідних тисків на КС.

5.4 Основні характеристики програми для теплогідрравлічного розрахунку газопроводу

Для швидкої та більш точної обробки великої кількості режимів роботи даної ділянки газопроводу в кваліфікаційній роботі розроблена та використана індивідуальна програма розрахунку Y2. Програма написана за допомогою пакета прикладних програм MathCad з використанням вищеописаного алгоритму.

Вона може бути використана для проведення розрахунків з:

- трубами довільного діаметру;
- різним складом газу;
- різними режимами спільної роботи КС та ділянок газопроводу;

В програмі реалізований алгоритм теплогідрравлічного розрахунку ділянки газопроводу, описаний вище, з пристосуванням його до конкретних умов, за середньомісячними даними протягом року.

Програма проводить :

- теплогідрравлічний розрахунок всіх ділянок двониткового газопроводу;
- розрахунок загальної пропускної здатності газопроводу;
- розрахунок гідрравлічної ефективності газопроводу;

- виведення проміжних та кінцевих результатів на екран;
- графічне зображення результатів розрахунку.

5.5 Аналіз результатів теплогідрравлічного розрахунку ділянки газопроводу та гідравлічної ефективності для різних сезонів та завантаження

Проведемо аналіз отриманих результатів розрахунку для розглядуваної ділянки газопроводу. Отримані результати графічно представлені на рисунках 5.3 і 5.4 .

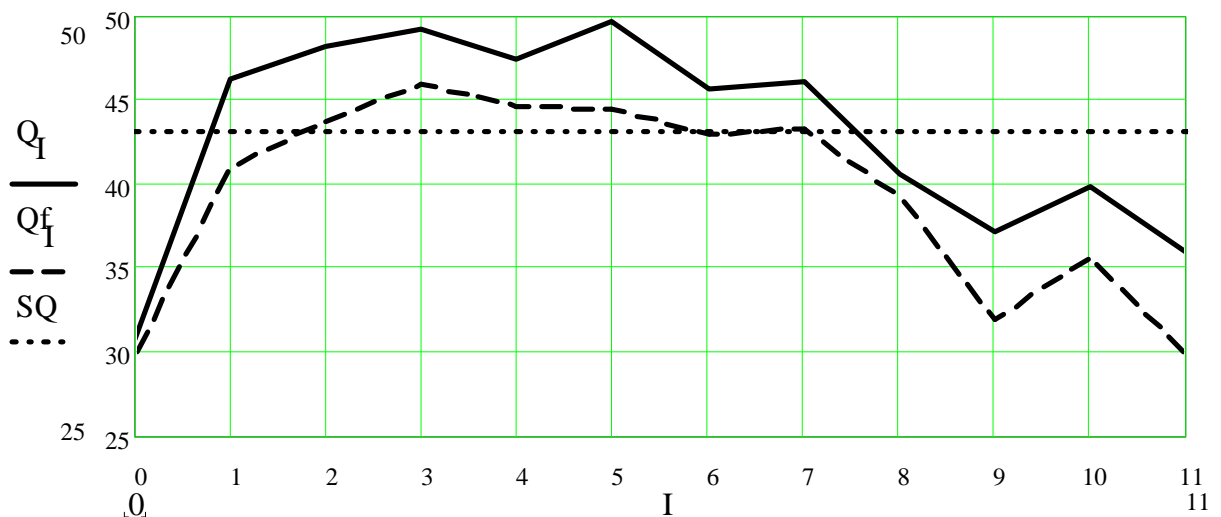


Рисунок 5.3 Продуктивність ділянки газопроводу Бар-Гусятин

Як видно з рисунка 5.3 розрахункова пропускна здатність газопроводу на протязі року завжди більша фактичної пропускної здатності газопроводу.

Вона досягає максимуму в червні (майже $50 \frac{\text{млн} \cdot \text{м}^3}{\text{добу}}$), мінімальна продуктивність - в січні (майже $30 \frac{\text{млн} \cdot \text{м}^3}{\text{добу}}$). Відповідно коефіцієнт ефективності на протязі року також змінюється (рисунок 5.4).

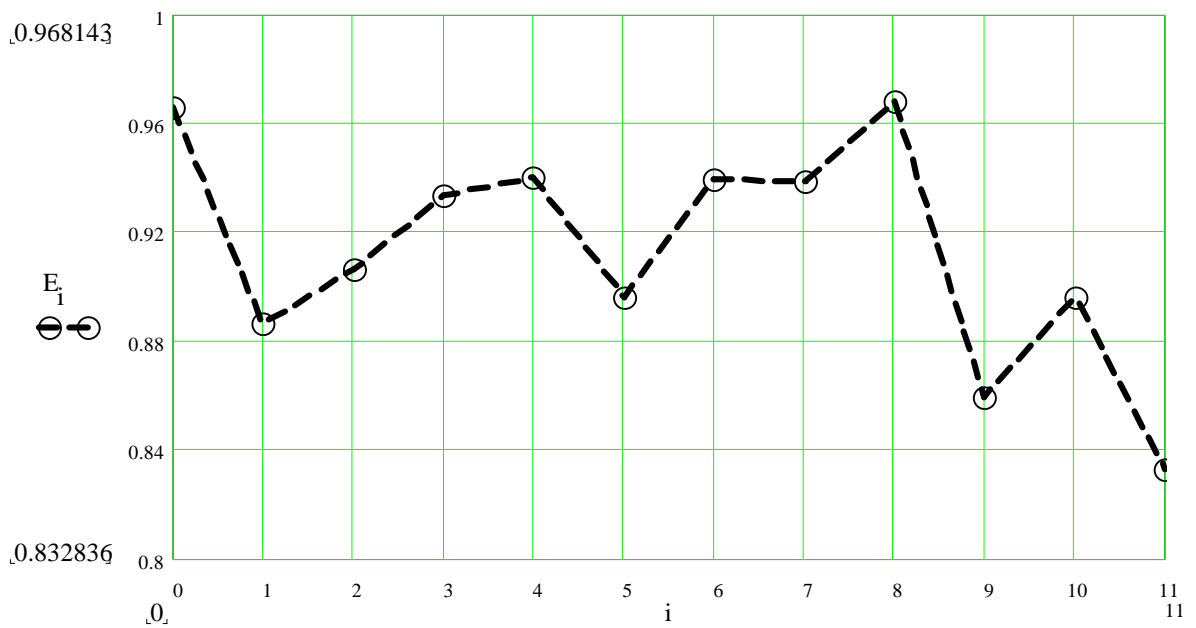


Рисунок 5.4 Середньомісячний коефіцієнт ефективності за рік

Як вказувалось вище (формула 5.19) коефіцієнт ефективності залежить від коефіцієнта гідравлічного опору λ_ϕ , характер поведінки якого нерівномірний на протязі року. Влітку він збільшується, а зимою незначно спадає, потім збільшується до більш високого значення, ніж минулого року.

Середньорічний коефіцієнт ефективності $E = 0,914$.

6 Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях

6.1. Заходи з охорони праці на підприємстві

В умовах сучасного виробництва окремі заходи щодо поліпшення умов праці, для попередження травматизму є неефективними. Тому їх здійснюють комплексно, створюючи в загальній системі керування виробництвом підсистему керування безпекою праці. Таким чином, керування охороною праці це програмно-цільовий комплекс по підготовці, прийняттю і реалізації рішень (організаційно-технічних, і лікувально-профілактичних заходів), спрямованих на безпеку, збереження здоров'я і працездатності людини в процесі праці.

Об'єкт керування - це безпека праці на робочому місці, ділянці, цеху, у всій системі людина - виробництво, характеризується взаємодією людей із предметами і знаряддями праці у виробничому середовищі. Керуюча частина містить у собі керівників підприємства, керівників підрозділів, службу охорони праці. При цьому тут закладені принципи системного підходу, коли виходи об'єкта керування (показники безпеки) через систему збору й опрацювання інформації пов'язані, тобто інформація про відхилення в процесі контролю надходить у керуючий орган, де вона аналізується і приймається адекватне вирішення.

Планування здійснюється на основі складених планів:

- перспективний (5 річний) - комплекс планового поліпшення умов по охороні праці. Вони є частиною бізнес-плану;
- поточні (річні) - вони включаються в щорічну угоду по охороні праці до колективного договору між адміністрацією і трудовим колективом;
- оперативно-календарні плани по охороні праці (ОКП), місячні і кварталні. [16]

У комплекс заходів щодо охорони праці входять:

- боротьба з шкідливими і небезпечними чинниками (шум, випромінювання, вібрація і т.д.);

- соціальні заходи.

З метою послаблення негативних факторів необхідно розробляти колективні та індивідуальні заходи по забезпеченню нормативних умов по охороні праці (розподіл обов'язків між службами, посадові обов'язки). Необхідні умови освітлення, опалення, заземлення електроприладів та електроустановок, огороження та блокування, світлова та звукова сигналізація.

6.1.1 Організація охорони праці на Гусятинській ГКС

Управлінням охороною праці займається начальник підприємства, який зобов'язаний створити в кожному структурному підрозділі і на робочому місці умови праці відповідно до вимог нормативних актів, а також забезпечити додержання прав працівників, гарантованих законодавством про охорону праці.

З цією метою забезпечується функціонування системи управління охороною праці, для чого:

- створює відповідні служби і призначає посадових осіб, які забезпечують вирішення конкретних питань охорони праці, затверджує інструкції про їх обов'язки, права та відповідальність за виконання покладених на них функцій;

- розробляє за участю профспілок і реалізує комплексні заходи для досягнення встановлених нормативів з охорони праці, впроваджує прогресивні технології, досягнення науки і техніки, засоби механізації та автоматизації виробництва, вимоги ергономіки, передовий досвід з охорони праці тощо;

- забезпечує усунення причин, що призводять до нещасних випадків, професійних захворювань і виконання профілактичних заходів, визначених комісіями за підсумками розслідування цих причин;

– організовує проведення лабораторних досліджень умов праці, атестації робочих місць на відповідність нормативним актам про охорону праці в порядку і терміни, що встановлюються законодавством, вживає за їх підсумками заходи щодо усунення небезпечних і шкідливих для здоров'я виробничих факторів;

– розробляє і затверджує положення, інструкції, інші нормативні акти про охорону праці, що діють у межах підприємства та встановлюють правила виконання робіт і поведінки працівників на території підприємства, у виробничих приміщеннях, на будівельних майданчиках, робочих місцях відповідно до державних міжгалузевих і галузевих нормативних актів про охорону праці, забезпечує безплатно працівників нормативними актами про охорону праці;

– здійснює постійний контроль за дотриманням працівниками правил поводження з машинами, механізмами, устаткуванням та іншими засобами виробництва, використанням засобів колективного та індивідуального захисту, виконанням робіт відповідно до вимог щодо охорони праці;

– організовує пропаганду безпечних методів праці та співробітництво з працівниками у галузі охорони праці.

В разі відсутності в нормативних актах про охорону праці вимог, які необхідно виконати для забезпечення безпечних і нешкідливих умов праці на певних роботах, зобов'язаний вжити погоджених з органами державного нагляду заходів, що забезпечать безпеку працівників.

У разі виникнення на підприємстві надзвичайних ситуацій і нещасних випадків зобов'язаний вжити термінових заходів для допомоги потерпілим, залучити при необхідності професійні аварійно-рятувальні формування.

6.1.2. Аналіз шкідливих і небезпечних чинників

По природі дії на організм людини небезпечні і шкідливі виробничі чинники (НВЧ і ШВЧ) поділяються на чотири групи:

– фізичні;

- хімічні;
- біологічні;
- психофізіологічні.

До фізичних ШВЧ відносяться:

- частини машин;
- ДСТУрі краї;
- підвищений рівень вібрації шуму;
- підвищена запиленість і загазованість, випромінювання і т.д.

Хімічні чинники діляться на:

- токсичні, що подразнюють (алергени);
- канцерогенні;
- мутагенні.

Біологічні НВЧ:

- патогенні мікроорганізми і продукти їхньої життєдіяльності;
- рослини;
- тварини;
- людина.

Психофізіологічні НВЧ:

- нервово-емоційні перевантаження; монотонність;
- статичне, динамічне навантаження;
- робота в нічну зміну і т.д. [17]

Освітлення

90% інформації людина одержує через органи зору. Світло робить позитивний вплив на обмін речовин, серцево-судинну систему, нервово-психічну сферу. Раціональне освітлення сприяє підвищенню продуктивності праці, його безпеки. При недостатньому освітленні і поганій його якості відбувається швидке стомлення зорових аналізаторів, підвищується травматичність. Занадто висока яскравість викликає явище осліплення, порушення функції ока.

Головні вимоги до виробничого освітлення.

Освітленість на робочому місці повинна відповідати характеру зорової роботи; рівномірний розподіл яскравості на робочій поверхні і відсутність різких тіней; розмір освітлення, постійність в часі (відсутність пульсації світлового потоку); оптимальна спрямованість світлового потоку й оптимальний спектральний склад; всі елементи освітлювальних установок повинні бути довговічні, вибухо-пожежо-електробезпечні.

Експлуатація освітлювальних установок і контроль.

Експлуатація включає: регулярне очищення заскляних прорізів і світильників від бруду; своєчасну заміну перегорілих ламп; контроль напруги в мережі; регулярний ремонт арматури світильників; регулярний косметичний ремонт помешкання. Для цього передбачені спеціальні пересувні візки з платформами, телескопічні сходи, підвісні пристрої. Всі маніпуляції провадяться при відключеній напрузі. Якщо висота підвісу до 5м -обслуговуються сходицею драбинами (обов'язково 2 чоловік). Контроль освітлення здійснюється не рідше 1 разу в рік шляхом виміру освітленості або сили світла за допомогою фотометра; наступне порівняння з нормативами.

Вібрація

Вібрація це - переміщення точки або механічної системи при якому відбувається почергове зростання й зменшення в часі значень хоча б однієї координати.

Причиною появи вібрації є виникаючі при роботі машин невірноважені силові впливи:

- ударні навантаження;
- зворотно-поступальні переміщення;
- дисбаланс.

Причиною дисбалансу є:

- неоднорідність матеріалу;

- розбіжність центрів мас і осей обертання;
- деформація.

Біологічний вплив вібрації.

Вібрація - загальнобіологічний шкідливий чинник, що призводить до фахових захворювань - віброзахворювань, лікування котрих можливо тільки на ранніх стадіях. Хвороба супроводжується стійкими порушеннями в організмі людини (опорно-руховий апарат, необоротні зміни в кістках і суглобах, зсуви в черевній порожнині, нервово-психічній сфері). Людина частково або цілком втрачає працездатність. По способі передачі на людину вібрація розділяється на загальну і локальну. Загальна - діє через опорні поверхні ніг на весь організм у цілому. Локальна - на окремі ділянки тіла. Загальну поділяють по характері передачі на: транспортну (при переміщенні машин); транспортно-технологічну (при виконанні роботи машиною переміщення: кран, бульдозер); технологічну.

Способи захисту від вібрації.

У автоматичних виробництвах захистом є дистанційне керування (виключає контакт). У неавтоматизованих виробництвах:

- зниження вібрації в її джерелах: підвищення точності опрацювання деталей; оптимізація технологічного процесу; поліпшення балансування;
- порушення режимів резонансу (збільшення жорсткості системи); вібродемпфірування (пружинні віброізолятори);
- поліпшення організації праці вібронезбезпечних процесів: загальна кількість часу в контакті з віброобладнанням не повинно перевищувати зміни; одноразову дію не повинно перевищувати для локальної - 20 хвилин, для загальної - 40 хвилин.

До лікувально - профілактичних заходів відносяться:

- масаж;
- заходи, що загально укріплюють;
- гідропроцедури.

Виробничий шум

Любий небажаний для людини звук, робить негативний вплив на здоров'я і працездатність.

Звук це – механічні коливання пружного середовища, яке сприймається людським вухом в інтервалі частот 16 - 20 000 Гц. До 16 Гц - инфразвукові коливання; понад 20 000 Гц - ультразвук.

Захист від шуму досягається розробкою шумобезпечної техніки, застосуванням засобів і методів індивідуального і колективного захисту, будівельно-акустичними методами. Засоби колективного захисту поділяються стосовно джерела шуму: понижуючі шум у джерелі виникнення (найбільш ефективно); понижуючі шум на шляхах його поширення. По способу реалізації:

– акустичні - ґрунтуються на акустичному вимірі помешкання і за принципом дії підбираються засоби звукоізоляції, звукопоглинання, віброізоляція, демпфірування, застосування глушників шуму.

– будівельно-акустичні методи застосовують: екрани, звукоізоляцію, кабінки спостереження, дистанційне керування, кожухи, ущільнення і т.д.

Найбільш ефективні звукоізолюючі матеріали: трипласт (композиційний матеріал); пластобетони з наповненням з стружки деревини, соломи і т.д. Звукопоглинаючі матеріали: мармур, бетон, граніт, цеглина, ДВП, ДСП, мінераловата, матеріали з щільною перфорацією.

Архітектурно-планувальні: раціональне розміщення робочих місць; раціональний режим праці і відпочинку. Активна форма захисту - генерація шуму в протифазі до джерела. Засоби індивідуально захисту: навушники, вушні вкладки, шлемофони, каски. [20]

Електробезпека

Електрообладнання, яким доводиться користуватися працівникам на підприємстві, являє собою потенційну небезпеку. Багато нещасних

випадків відбувається при обслуговуванні найбільш поширеного електрообладнання, розрахованого на напругу 127-380 В.

Система організаційно-технічних заходів і засобів, що забезпечують захист людей від шкідливих впливів електричного струму, електричної дуги, ЕМ поля і статичної електрики. Порушення вимог електробезпеки призводить до електричних травм.

Електрична травма - травма, викликана впливом електричного струму і дуги. Сукупність таких травм - електротравматизм.

Електрична установка - сукупність машин, апаратів, ліній і допоміжного устаткування, призначених для пр-ва, перетворення, трансформації, передачі і розподілу електричної енергії.

Причини електротравматизму

– однофазне (однополюсне) дотик людини до неізолюваних струмоведучих частин;

– одночасний дотик людини до 2 струмоведучих неізолюваних частин під напругою;

– наближення на небезпечну відстань людини, до неізолюваного від землі або до неізолюваних струмоведучих частин під напругою;

– дотик людини до металевих корпусів під напругою.

Біологічна дія струму на організм людини.

Проходячи через організм людини електричний струм робить чотири види впливу:

– термічна дія – яка проявляється в опіках окремих частин, нагріванні до високих температур кровоносних судин, крові, нервів, серця, мозку, що викликає серйозний розлад;

– електролітична дія - розкладання органічної рідини (лімфи і крові) із порушенням її складу;

– механічна дія - (динамічне) розшарування, розрив тканин організму (м'язів серця, судин) у результаті ел.динамічного ефекту; миттєвого вибухоподібного утворення пару від перегрітої струмом тканинної рідини і

крові;

– біологічне - подразнення живих тканин організму; порушення внутрішніх біоелектричних процесів, що протікають у нормальному організмі;

Протікання струму може бути:

– прямим (по тканинах)

– рефлекторним (по нервових волокнах)

Ці дії струму приводять до різноманітних електричних травм - місцевим і загальним. До місцевого відносяться електроопіки, електрознаки (мітки), металізація шкіри (електротатування), механічні пошкодження; електроофтальмія (запалення переднього відділу ока).

Технічні засоби електробезпеки.

Технічні засоби електробезпеки включають: ізоляцію струмопровідних частин, захисне заземлення, замулення, захисне вимикання, малу напругу, вирівнювання потенціалів, електричне розділення, загороджувальні пристрої, запобіжну сигналізацію, блокування, знаки безпеки, засоби індивідуального захисту та інші.

Ізоляція — захист струмоведучих елементів обладнання, що забезпечує її нормальну роботу і захист від ураження електричним струмом.

Захисне заземлення — навмисне електричне з'єднання металічних неструмоведучих частин електрообладнання, які можуть опинитися під напругою, із заземляючим пристроєм. Ізоляція струмоведучих частин з пристроями контролю. Забезпечує нормальну роботу електроустановок і захист від ураження струмом. Робоча ізоляція передбачається для захисту на випадок ушкодження робочої ізоляції. Ізоляція, яка складається з робочої і додаткової - подвійна. Поліпшена робоча ізоляція, що забезпечує таку ж ступінь захисту, що і подвійна, називається посиленою ізоляцією.

Контроль ізоляції може бути періодичний і постійний. Вимірюється опір ізоляції мегометрами. Контроль здійснюється при прийнятно-

здавальних тестах електроустановок після монтажу, ремонту, при виявленні дефекту ізоляції і в установлені нормативні терміни. Нормування: найменше припустиме значення опору ізоляції нормується правилами устрою електроустановок: -для котушок, контакти, пускачі, силових щитів і освітлювальних установлень ПДУ не менше 0,5 МОм; -для повторних ланцюгів не менше 1МОм. Постійний контроль ізоляції здійснюється спеціальними приладами, що включаються в коло разом з електроустановкою, автоматично контролюють опір установки, сигналізують про зниження опору ізоляції нижче припустимого значення.

Огородження і неприступність струмоведучих частин. Застосовується з метою виключення доторку зі струмоведучими частинами або наближення до них на небезпечну відстань. Головні вимоги: механічна й електрична тривалість.

Техніка безпеки при користуванні електроприладами.

Перед включенням електроприладу необхідно візуально перевірити електрошнур на наявність механічних порушень.

Електроприлади повинні бути надійно заземлені згідно з правилами встановлення приладу. Забороняється працювати з електроприладами вологими руками. Не залишати електроприлад без нагляду на довгий час, після закінчення роботи перевірити, чи всі прилади вимкнені. При виявленні або виникненні несправності в електроприладі негайно викликати електрика, що обслуговує прилад. Категорично заборонено виконувати будь-які ремонтні роботи самостійно.

Правила поведінки на підприємстві при користуванні електроприладами.

1. Користуватися електроспоживачами, шнури живлення яких мають триполосну вилку з попереджувачим включенням заземляючого (зануляючого) проводу.

2. Не вмикати в електромережу електроспоживачі, шнури живлення яких мають пошкоджену ізоляцію.

3. Не вмикати в електромережу електроспоживачі, які мають пошкодження або ненадійно з'єднані з електрошнуром живлення, вилками, розетками та подовжувачами.

4. Не вмикати електроспоживачі в розетки, які не мають захисних, направляючих.

5. Не користуватися пошкодженими розетками, відгалужувальними та з'єднувальними коробками, вимикачами та іншою електроарматурою.

6. Не застосовувати для опалення приміщень нестандартного (саморобного) електронагрівального обладнання або жарівок.

7. При користуванні електроспоживачами, які мають окремих, самостійний провід заземлення, перед включенням його в електромережу перевірити наявність та надійність приєднаного проводу до відповідних клем.

8. По можливості, уникати доторкання руками до металевих частин електроспоживачів, ввімкнених в електромережу.

9. Не торкатися руками до обірваних та оголених проводів електромережі.

10. Самостійно не замінювати зіпсовані електрозапобіжники, електролампи, не проводити ремонт електроспоживачів та електромережі.

11. При прибиранні пилу з електроспоживачів, обов'язково вимикати їх від електромережі.

12. Не залишати без догляду працюючі електроспоживачі.

13. По закінченні робочого дня вимкнути вимикач на електроспоживачі та відєднати провід живлення від розетки електромережі.

При цьому слід пам'ятати, що від'єднуючи вилку електроспоживача від розетки, її слід тримати за корпус, а не смикати за провід живлення, бо можна висмикнути один з проводів і потрапити під дію електричного струму. [18]

Пожежна безпека

Організація пожежної охорони

Пожежна безпека – стан об’єкта, при якому з регламентованою ймовірністю виключається можливість виникнення та розвиток пожежі і впливу на людей її небезпечних факторів, а також забезпечується захист матеріальних цінностей.

Причинами пожеж та вибухів на підприємстві є порушення правил і норм пожежної безпеки, невиконання Закону “Про пожежну безпеку”.

Небезпечними факторами пожежі і вибуху, які можуть призвести до травми, отруєння, загибелі або матеріальних збитків є відкритий вогонь, іскри, підвищена температура, токсичні продукти горіння, дим, низький вміст кисню, обвалення будинків і споруд.

За стан пожежної безпеки на підприємстві відповідають її керівники, начальники цехів, майстри та інші керівники.

На підприємствах існує два види пожежної охорони: професійна і воєнізована. Воєнізована охорона створюється на об’єктах з підвищеною небезпекою. Крім того на підприємствах для посилення пожежної охорони організуються добровільні пожежні дружини і команди, добровільні пожежні товариства і пожежно-технічні комісії з числа робітників та службовців. При Міністерстві внутрішніх справ існує управління пожежної охорони (УПО) і його органи на місцях. До складу УПО входить Державний пожежний нагляд який здійснює:

- контроль за станом пожежної безпеки;
- розробляє і погоджує протипожежні норми і правила та контролює їх виконання в проектах і безпосередньо на об’єктах народного господарства;
- проводить розслідування і облік пожеж;
- організовує протипожежну профілактику.

Протипожежна профілактика – це комплекс організаційних і технічних заходів, які спрямовані на забезпечення безпеки людей та

попередження пожеж, локалізацію їх поширення, а також створення умов для успішного гасіння пожежі.

Відповідальним керівником робіт по ліквідації пожеж і аварій на підприємстві є головний інженер. Начальник структурного підрозділу, в якому виникла пожежа, є відповідальним виконавцем робіт по її ліквідації.

Горіння та пожежонебезпечні властивості речовин і матеріалів.

Горіння – це процес окислення, який супроводжується інтенсивним виділенням тепла і променевої енергії.

Горіння виникає коли є горюча речовина, окислювач та джерело запалювання. Окислювачами можуть бути кисень повітря, бертолетова сіль, пероксид натрію, азотна кислота, хлор, фтор, бром, окисли азоту, тощо .

Горіння може бути повним і неповним. Повне – при достатній або надлишковій кількості окислювача і при такому горінні виділяються натоксичні речовини.

Неповне – відбувається при недостатній кількості окислювача. При неповному горінні утворюються продукти неповного згорання, серед яких є токсичні речовини (чадний газ, водень).

При горінні однорідних горючих сумішей виникає кінетичне горіння, швидкість поширення якого залежить від швидкості передавання теплової енергії в суміші і може досягати сотень метрів на секунду і супроводжується вибухом.

Вибух – швидке перетворення речовин (вибухове горіння), яке супроводжується виділенням енергії і утворенням ударної хвилі. Ударна хвиля поширюється перед фронтом полум'я із швидкістю звуку 330 м/с.

Пожежо-вибухонебезпечність виробництв визначається агрегатним станом речовин та матеріалів та їх показниками пожежо-вибухонебезпечності. Показники пожежо-вибухонебезпечності: група спалимості, температура займання, температура спалаху, температура самозаймання, нижня та верхня концентраційні межі запалення, умови теплового самозаймання та ін. [14]

Отже, в результаті реалізації даної кваліфікаційної роботи на Гусятинській ГКС всі вище зазначені заходи щодо організації охорони праці будуть виконані згідно чинного законодавства України.

6.2 Заходи з безпеки в надзвичайних ситуаціях

6.2.1 Вимоги до системи газопостачання на випадок виникнення надзвичайних ситуацій, заходи щодо забезпечення безпеки персоналу і стійкості об'єктів газоперекачувальної станції.

Стихійні лиха, промислові аварії і катастрофи на транспорті, екологічні наслідки антропогенного впливу на біосферу, застосування супротивником у випадку воєнних дій різних видів зброї, створюють ситуації, небезпечні для життя і здоров'я населення.

Проблема захисту в надзвичайних ситуаціях містить у собі багато аспектів, які необхідно враховувати при розробці заходів щодо забезпечення безпеки населення, стійкості об'єктів народного господарства й охороні біосфери від антропогенного впливу.

Стихійні дії сил природи, поки ще не підвладні людині, наносять економіці держави і населенню величезний збиток.

Найбільш небезпечні природні явища – землетруси, повені, урагани, бурі, шторми, смерчі, селі, зсуви, снігові замети, лавини, пожежі. Стихійні лиха виникають раптово і носять надзвичайний характер. Вони можуть руйнувати будинки і споруди, порушувати процеси виробництва, викликати загибель людей.

Землетрус – це природне явище, що супроводжується підземними поштовхами і коливаннями земної поверхні, появою тріщин, зсувів у ґрунті, грязьових потоків, і т.д. При сильних землетрусах порушується цілісність ґрунту, руйнуються будинки і споруди, виводяться з ладу комунально-енергетичні мережі.

Споруди газоперекачувальних станцій та їх газові комунікації повинні проектуватися і будуватися в відповідності до сейсмічних вимог даного регіону. Всі споруди зводяться одноповерхові. Приміщення з газорегулюючим, перемикаючим, одоризаційним та іншим обладнанням виготовляються металічні, блочного типу, з використанням матеріалів, які не можуть завдати значної шкоди обладнанню при землетрусі. Трубопроводи прокладаються на невеликій глибині і засипаються пухким ґрунтом для запобігання розривів при зміщенні ґрунту.

Повінь – це значне затоплення місцевості в результаті підйому рівня води в ріці, озері, водоймищі, викликаного припливом води в період сніготанення, злив, вітрових нагонів води, при заторах льоду на ріках, прориві гребель і дамб, завалах рік при землетрусах, гірських обвалах.

Майданчики для спорудження ГПС та під'їзні дороги до них по можливості повинні проектуватися в місцях, недосяжних для водяних потоків під час повеней. Всі технологічні блоки та обладнання повинні бути встановлені на залізобетонних фундаментах та надійно до них закріплені. З'єднання електричних комунікацій по всьому обладнанню виконується в герметичних муфтах та боксах з використанням спеціальних кабелів з подвійною ізоляцією. Для міжблочних підземних комунікацій використовуються броньовані кабелі.

Немале значення на випадок повені має надійність загорожі навколо ГПС, яка повинна мати можливість стримувати громіздкі плавучі предмети, які могли б нанести шкоду обладнанню.

Урагани, тайфуни, шторми, бурі, смерчі - це надзвичайно швидкі переміщення повітряних мас, що часто мають катастрофічні наслідки.

Для зменшення ризику аварій під час таких стихійних впливів, при проектуванні і спорудженні ГПС враховуються наступні фактори: захисні металічні бокси на обладнанні проектуються мінімальних розмірів (для зменшення площі впливу вітру) та надійно кріпляться до фундаменту; покрівлі капітальних приміщень виконуються без використання шиферу,

черепиці та інших матеріалів, які можуть бути зірвані вітром, найчастіше виготовляється бетонна покрівля, суміщена з перекриттям.

Заметілі, бурани, хуртовина, снігові замети. Ці явища характеризуються переміщенням великих мас снігу з великою швидкістю (50-100 км/ч) протягом тривалого часу. Для запобігання накопичення на території ГПС великих мас снігу, майданчик для неї і під'їзні шляхи зводяться на деякому підвищенні відносно навколишнього рельєфу. Розміщення споруд та технологічних блоків проектується так, щоб не утворювати "кишень" для накопичення снігу. Не дозволяється насаджування на території дерев, кущів, які б сприяли затримці снігу. Обслуговуючий персонал повинен бути оснащений інструментом для прибирання снігу (снігові лопати, носилки) та засобами пересування (лижами, сніДСТУупами) утримувати їх в постійній готовності.

Пожежі. Ландшафтні пожежі виникають через необережне поводження з вогнем, порушення правил пожежної безпеки, удари блискавок, а також самозаймання торфу і сухої рослинності.

Газоперекачувальні станції є об'єктами підвищеної пожежонебезпеки, тому дані стихійні лиха є для них особливо страшними. Для зменшення ризику завдання пожежею збитків чи виникнення аварії повинен прийматися ряд запобіжних заходів.

Все газове обладнання під тиском повинно бути справне на предмет витоків газу, так як під час стихійних пожеж є велика ймовірність попадання на територію ГПС іскр та горючих предметів. Забороняється зберігати у відкритій тарі і під відкритим небом ємностей з легкозаймистими матеріалами (кранова набивка, масла, фарби).

Трава на території ГПС повинна бути вчасно скошена і прибрана, зберігання на території сіна, сміття, та інших легкозаймистих матеріалів заборонено. Бажано, щоб ґрунт охоронної зони навколо ГПС був переораний. Обов'язковими в наявності повинні бути такі засоби пожежогасіння, як справний (непрострочений) вогнегасник, лопата, відра.

Надзвичайні ситуації воєнного часу.

Найбільш небезпечна ситуація може скластися при застосуванні зброї масового враження, до якого можна віднести ядерну, хімічну і бактеріологічну (біологічну) зброю. На випадок початку військових дій з персоналом, що обслуговує ГПС необхідно провести додаткові навчання для вивчення дій в випадку використання сучасної зброї. Для підвищення надійності обслуговування призначаються особи для ведення цілодобового чергування.

На території ГПС, або недалеко за її межами обладнується схованка на випадок використання супротивником зброї масового враження, укомплектована справними засобами індивідуального захисту.

З технічної точки зору потрібно позачергово перевірити справність кранів та легкість їх відкривання-закривання, справність резервної лінії редукування газу. Не слід повністю заповнювати одорантом витратну місткість для запобігання розливу великої його кількості в результаті її руйнування. Заправку витратної місткості слід проводити з розрахунку на 2-3 дні роботи.

В наявності повинні бути всі необхідні запасні деталі, матеріали та інструменти для ліквідації незначних зовнішніх поломок. Так як в разі використання сучасної зброї є велика ймовірність руйнування газових комунікацій, що може спричинити нові джерела пожеж та вибухів, то персонал, що обслуговує ГПС повинен бути готовий в будь-який момент припинити подачу газу і звільнити від нього трубопроводи.

Ядерна зброя. Це сукупність ядерних боєприпасів, засобів їхньої доставки до мети і засобів керування. При ядерному вибуху в атмосфері виникають наступні вражаючі фактори:

1) повітряна ударна хвиля – це область різкого стиску повітря, що поширюється в усі сторони від центра вибуху з надзвуковою швидкістю. Заходи попередження руйнувань споруд ГПС від ударної хвилі ті самі, що і при ураганах. Додатково заклеюються спеціальною плівкою вікна, можуть

демонтуватись елементи, що створюють значну парусність, такі

2) як попереджуючі плакати на огорожі, дифлектори на вентиляційних коминах.

3) світлове випромінювання являє собою потік променевої енергії, що включає ультрафіолетову, видиму й інфрачервону області спектру. Для запобігання перегріву та займань, викликаних даним фактором, всі комунікації ГПС фарбуються в світлий колір (переважно в сріблястий колір з використанням в якості основи високотемпературний лак). Покрівля приміщень виконується з незаймистого матеріалу.

4) проникаюча радіація - це гама-випромінювання і потік нейтронів, що випускаються з зони ядерного вибуху. Проникаюча радіація може викликати зміни в матеріалах, елементах радіотехнічної, оптичної й іншої апаратури за рахунок порушення кристалічних ґраток речовини, а також у результаті різних фізико-хімічних процесів під впливом іонізуючих випромінювань.

5) електромагнітний імпульс – це надпотужний викид електромагнітної енергії різних частот під час протікання ядерної реакції. Він може спричинити вихід з ладу різних електричних пристроїв, засобів автоматики, приладів.

Для зменшення впливу двох останніх факторів, всі електричні силові та сигнальні кабелі прокладаються в заземлених металічних трубах, прилади автоматики та зв'язку монтуються в заземлених металічних шафах. На випадок виходу електронних пристроїв з ладу, передбачаються методи ручного керування та контролю, періодично перевіряється можливість ручного закривання дистанційних кранів.

При руйнуванні газових мереж газ може стати причиною вибуху, пожежі. Для більш надійного постачання газ повинний подаватися в місто і на промислові об'єкти по двох незалежних газопроводах.

Газоперекачувальні станції необхідно розташовувати за межами міста з різних сторін. Газові мережі закріплюються і прокладаються під землею на глибині 0,6...1,7 м. На газовій мережі повинні бути встановлені автоматичні

відключаючи пристрої, спрацьовуючі від надлишкового тиску ударної хвилі.

Крім того, на газопроводах варто встановлювати запірну арматуру з дистанційним керуванням і крани, що автоматично перекривають подачу газу при розриві труб, що дозволяє відключати газові мережі визначених ділянок і районів міста.

Виконання вимог норм проектування інженерно-технічних заходів Цивільної оборони сприяє рішенню не тільки оборонних задач, але і безпечному функціонуванню об'єктів, поліпшенню умов роботи і проживання в містах населення в мирний час.

Вирішальним кроком у забезпеченні безпеки та захисту населення в Україні, об'єктів економіки і національного надбання держави від негативних наслідків надзвичайних ситуацій є прийняття Закону України “Про захист населення і територій від надзвичайних ситуацій техногенного та природного характеру” від 8 червня 2000 року, що визначає стратегічні напрями та засоби вирішення проблеми захисту населення, реальне створення територіальних і функціональних підсистем Єдиної державної системи (ЄДС) запобігання надзвичайним ситуаціям (НС) техногенного і природного характеру та реагування на них. [8]

6.2.2 Визначення надлишкового тиску під час вибуху сховища з пропаном.

Відстань від сховища дорівнює 600 м. Необхідно визначити надлишковий тиск ПУХ у районі цеху під час вибуху сховища з пропаном $G = 100$ т та його стійкість.

Вихідні дані щодо оцінки стійкості роботи компресорної станції при аваріях (табл. 6.1).

Таблиця 6.1

№	Назва і одиниці виміру	
1	Відстань від цеху до сховища вуглеводних продуктів, км	0.6
2	Цех розташований до сховища по азимуту, град	135
3	Тип вуглеводного продукту	Пропан
4	Маса продукту, т	100
5	Характеристика механічного цеху: Будівля Верстати Трубопроводи Кабельні мережі	З легким металевим каркасом Легкі На металевих естакадах, наземні Наземні

1. Визначаємо коефіцієнт K :

$$K = 0,24 \frac{R}{17,5\sqrt{G}} = 0,24 \frac{600}{17,5\sqrt{100}} = 1,8 < 2$$

2. При $K < 2$ знаходимо надлишковий тиск ПУХ:

$$\Delta P_{\phi} = \frac{700}{3(\sqrt{1+29.8E^3}-1)} = \frac{700}{3(\sqrt{1+29.8*1.8^3}-1)} = 20 \text{ еїà .}$$

Одержане значення порівнюємо з $\Delta P_{\phi \text{ уст}}$ (табл.6.2) цеху і робимо висновки. При надлишковому тиску у фронті ПУХ компресорний цех може зазнати середнього руйнування. [10]

Таблиця 6.2 Надлишковий тиск ΔP_{ϕ} (кПа), що викликає різні ступені руйнування деяких об'єктів

№ п/п	Елементи об'єкта	Ступені руйнування в залежності від ΔP_{ϕ} , кПа		
		слабкі	середні	сильні
1	2	3	4	5
I. Будівлі та їх елементи				
1	Одноповерхова залізобетонна	10-20	20-30	30-40

Продовження таблиці 6.2

1	2	3	4	5
2	Одноповерхова цегляна з легким металевим каркасом	8-15	15-25	25-35
3	Двоповерхова цегляна	8-12	12-20	20-30
4	Триповерхова цегляна	8-10	10-20	20-30
5	Одноповерхова монолітна залізобетонна	25-40	40-60	60-70
II. Обладнання				
1	Контрольно-вимірювальні прилади	5-10	10-20	20-30
2	Стрічкові і пластинчасті транспортери	20-40	40-60	60-80
3	Стрічкова поточна лінія	20-40	40-60	60-80
4	Металообробні верстати: малі	15-20	20-30	30-40
5	середні	20-30	30-50	50-60
6	важкі	25-40	40-65	65-70
7	Металообробні верстати з ЧПУ	3-5	5-10	10-20
8	Мульдомагнітні крани вантажопідйомністю до Ют	50-70	70-90	90-110
9	Наждачні верстати	10-20	20-30	30-40
10	Насоси	40-60	60-70	70-80
11	Очисні дробоструминні і дробометні барабани	70-90	90-120	120-150
12	Пароповітряногідравлічні та електрогідравлічні преси середньої потужності	50-80	80-100	100-150
13	Парові котли	60-80	80-100	100-110
14	Пісcomedети	30-50	50-60	60-70
15	Пилки поздовжні	20-30	30-50	50-60
16	Пилки циркулярні	20-30	30-50	50-60
17	Пневматичний інструмент	20-40	40-50	50-60
18	Пневматичні формувальні машини	70-80	80-90	90-100

Продовження таблиці 6.2

1	2	3	4	5
19	Поворотні крани вантажопідйомністю до 8 т	30-50	50-70	70-90
20	Підйомні крани вантажопідйомністю: до 3 т	10-25	25-50	50-70
21	до 5 т	10-30	30-60	60-80
22	до 10т	50-70	70-90	90-100
23	Розливальні крани вантажопідйомністю до 15 т	50-70	70-90	90-100
24	Рольгангові лінії	20-40	40-60	60-80
25	Стержневі машини	70-90	90-100	100-110
26	Сушильні шафи	20-30	30-50	50-60
27	Візки металеві	80-100	100-120	120-150
28	Термічні печі	10-30	30-40	40-60
29	Збиральні крани вантажопідйомністю до 10 т	60-70	70-90	90-100
30	Пристрій для автоматичного і ручного переключення і відключення	4-10	10-20	20-30
31	Формувальні машини середні	70-80	80-90	90-100
32	Шліфувальні верстати: малі	20-30	30-50	50-60
33	середні	40-60	60-70	70-80
34	зЧПУ	3-5	5-Ю	10-20
35	Електрокари	30-40	40-50	60-70
36	Електромотори: малі	20-40	40-50	50-60
37	середні	40-60	60-70	70-80
III. Комунально-енергетичні мережі (КЕМ)				
1	Повітряні ЛШН високої напруги	25-50	50-70	70-80
2	Повітряні ЛШН низької напруги на дерев'яних опорах	15-25	25-35	35-50
3	Наземні трубопроводи на естакадах	20-30	30-40	40-50

Продовження таблиці 6.2

1	2	3	4	5
4	Наземні трубопроводи, прокладені у траншеях			
5	Підземні лінії водогону і газопроводу	300-700	700-1200	1200-1500
6	Підземні кабельні лінії	500-800	Ю0-1000	1000-1500
7	Резервуари наземні металеві	15-20	20-30	30-40
8	Резервуари наземні металеві, частково заглиблені	40-50	50-80	80-100
9	Резервуари металеві заглиблені	50-60	60-200	200-250
10	Зглядові колодязі та заслінки	200-300 :	00-1000	1000-1500

Висновки

Отже, в даній кваліфікаційній роботі було модернізовано автоматизовану систему для газоперекачувального агрегату ГТК – 10 –ЕМ – Турбо .

Розроблена автоматизована система на базі ПЛК Simatic S7-400 компанії “Siemens” в порівнянні з існуючою, має ряд переваг. Вона забезпечує зниження витрат при транспортуванні газу завдяки зменшенню кількості зупинок технологічного процесу. Також спрощуються процеси пуску/зупинки та керування газоперекачувальним агрегатом і, відповідно, збільшення його технічного ресурсу. Обслуговуючий персонал забезпечується достатньою та достовірною інформацією про хід технологічного процесу. Також зменшується час на технічне обслуговування та ремонт ГПА.

Наведені у даній кваліфікаційній роботі технічні рішення дозволяють повністю автоматизувати систему керування ГПА.

Перелік посилань

1. Розгонюк В.В., Гужов Ю.П., Кузьменко Ю.О., Шишківський В.А. Технічна експлуатація систем захисту від підземної корозії магістральних газопроводів.-Київ, 2000.
2. Розгонюк В.В., Хачикян Л.А., Григіль М.А., Удалов О.С., Нікішин В.П. Довідник експлуатаційникові газонафтового комплексу. - Київ, 1998.
3. Головка Д.Б., Рего К.Г., Скрипник Ю.О. Основи метрології та вимірювань. Навч. посібник. - К.: Либідь, 2001. - 408 с.
4. Поліщук Є.С., Дорожовець М.М., Яцук В.О. та ін. Метрологія та вимірювальна техніка. – Львів: Бескид Біт, 2003. - 544 с.
5. Будіщев М. С. Електротехніка, електроніка та мікропроцесорна техніка: Підручник. – Львів: Афіша, 2001. – 424 с.
6. Колонтаєвський Ю.П., Сосков А.Г. Промислова електроніка та мікро схемотехніка: теорія і практикум: Навч. посіб./за ред. А.Г.Соскова. – К.: Каравела, 2004.- 432с.
7. Проектування мікропроцесорних систем керування: навчальний посібник/ І.Р. Козбур, П.О. Марущак, В.Р. Медвідь, В.Б. Савків, В.П. Пісьціо.–Тернопіль: Вид-во ТНТУ імені Івана Пулюя, 2022.–324с.
8. Я.І. Проць, В.Б. Савків, О.К. Шкодзінський, О.Л. Ляшук. Автоматизація виробничих процесів. Навчальний посібник для технічних спеціальностей вищих навчальних закладів. – Тернопіль: ТНТУ ім. І.Пулюя, 2011. – 344с.
9. Основи наукових досліджень і теорія експерименту : Навчальний посібник / укл. Ю. Б. Капаціла, П. О. Марущак, В. Б. Савків, О. П. Шовкун. Тернопіль : ФОП Паляниця В.А., 2023. 186 с.».
<http://elartu.tntu.edu.ua/handle/lib/40843>.

10. Пилипець М. І. Правила заповнення основних форм технологічних документів : навч.-метод. посіб. / Уклад. Пилипець М. І., Ткаченко І. Г., Левкович М. Г., Васильків В. В., Радик Д. Л. Тернопіль : ТДТУ, 2009. 108 с. <https://elartu.tntu.edu.ua/handle/lib/42995>.
11. Методичний посібник для здобувачів освітнього ступеня «магістр» всіх спеціальностей денної та заочної (дистанційної) форм навчання «Безпека в надзвичайних ситуаціях» / В.С. Стручок –Тернопіль: ФОП Паляниця В. А., –156 с. <https://elartu.tntu.edu.ua/handle/lib/39196>.
12. Навчальний посібник «Техноекологія та цивільна безпека. Частина «Цивільна безпека»» / автор-укладач В.С. Стручок – Тернопіль: ФОП Паляниця В. А., – 156 с. <http://elartu.tntu.edu.ua/handle/lib/39424>
13. Платформа .NET та мова програмування C# 8.0: навчальний посібник / Коноваленко І.В., Марущак П.О. – Тернопіль: ФОП Паляниця В. А., 2020 – 320 с. /Рекомендовано до друку Вченою радою Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя. Протокол № 10 від 20 жовтня 2020 року
14. Капаціла Ю.Б., Михайлишин Р.І., Савків В.Б., Методичні вказівки до виконання кваліфікаційної роботи бакалавра спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології». Тернопіль.: Видавництво ТНТУ. 2021. 40 с.
15. Савків В.Б., Капаціла Ю.Б., Михайлишин Р.І. Методичні вказівки до виконання кваліфікаційної роботи бакалавра спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології». Тернопіль.: Видавництво ТНТУ. 2021. 50 с. <https://elartu.tntu.edu.ua/handle/lib/35172/>