

Інформаційні технології

УДК 681.5.017

КОМП'ЮТЕРНА СИСТЕМА КОНТРОЛЮ ПАРАМЕТРІВ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ДВОСТУПЕНЕВОГО НАГНІТАЧА ПРИРОДНОГО ГАЗУ

М.І. Горбійчук, В.М. Гарасимів, Т.Г. Гарасимів

*ІФНТУНГ; 76019, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15,
e-mail: gorb@nung.edu.ua*

Розглянуто ГПА як об'єкт автоматичного керування та виявлено його вхідні та вихідні параметри. Розроблена комп'ютерна система контролю параметрів технічного стану двоступеневого нагнітача природного газу. Описана структура програм, які інтегровані у програмне забезпечення SCADA-системи Citect, що забезпечує поетапну процедуру оцінювання технічного стану двоступеневого нагнітача природного газу.

Ключові слова: об'єкт автоматичного керування, комп'ютерна система, параметри технічного стану, SCADA-система.

Рассмотрен ГПА как объект автоматического управления и выявлены его входные и выходные параметры. Разработана компьютерная система контроля параметров технического состояния двухступенчатого нагнетателя природного газа. Описана структура программ, которые интегрированы в программное обеспечение SCADA-системы Citect, что обеспечивает поэтапную процедуру оценки технического состояния двухступенчатого нагнетателя природного газа.

Ключевые слова: объект автоматического управления, компьютерная система, параметры технического состояния, SCADA-система.

The gas compressor unit is considered as the object of automatic control and its input and output parameters are defined. The computer control system of the technical condition parameters of the natural gas two-stage supercharger is developed. The structure of programs integrated into the software of SCADA-system Citect is described. It provides the step-by-step estimation of the technical condition of the natural gas two-stage supercharger.

Keywords: the object of automatic control, the computer system, technical condition parameters, SCADA-system.

Вступ

Основне обладнання компресорних станцій (КС), в тому числі газоперекачувальний агрегат (ГПА) та його складові елементи, є складними об'єктами керування, які працюють в умовах апріорної та поточної невизначеності під впливом недосяжних для вимірювання збурень, внаслідок яких виникають дефекти основних вузлів ГПА, що, у свою чергу, призводить до зниження його працездатності та появи раптових відмов.

На сьогодні контроль технічного стану ГПА здійснюють шляхом проведення планово-попереджувальних ремонтів, що має ряд недоліків. По-перше, ГПА може бути виведений у ремонт у справному стані при досягненні терміну чергового ремонту. По-друге, дефекти ву-

злів ГПА під дією зовнішніх та суб'єктивних чинників (порушення правил експлуатації, недосконалість конструкції) можуть розвиватися стрімко в міжремонтний період, що веде до втрати його працездатності і в подальшому до ремонтно-відновлювальних робіт [1].

На сьогоднішній день компресорний парк газопроводів України майже повністю складається з відцентрових нагнітачів (ВЦН), основні властивості яких пов'язані із формою і розмірами їх проточної частини. Виходячи із вище сказаного, виникає проблема розроблення та інтеграції до складу існуючої системи автоматичного керування (САК) ГПА системи ідентифікації та контролю параметрів проточної частини ВЦН, яка забезпечить контроль параметрів агрегату в умовах його експлуатації.

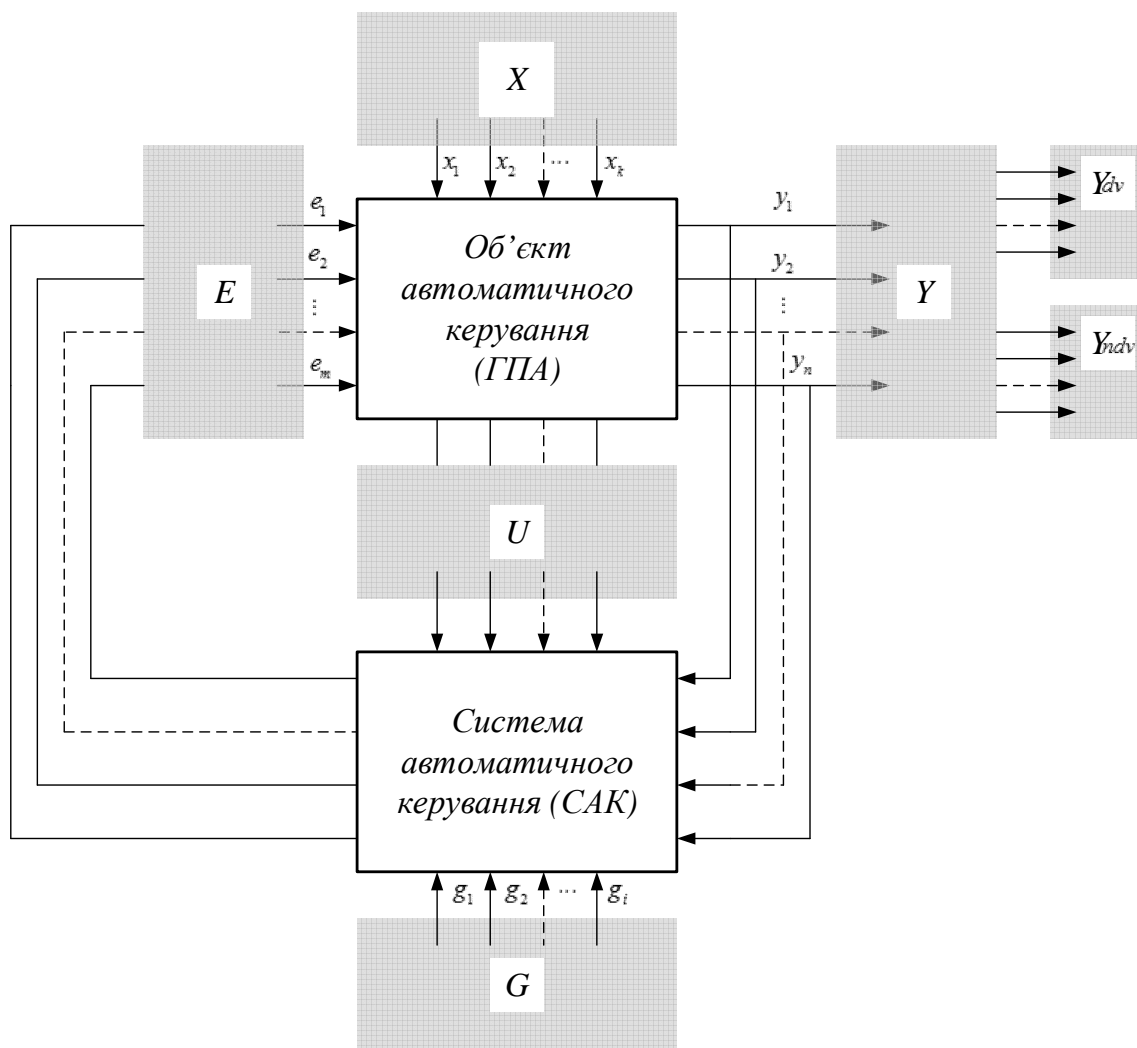


Рисунок 1 – Чинники, що визначають функціонування ГПА як об'єкта автоматичного керування

Аналіз сучасних закордонних і вітчизняних досліджень і публікацій

Основні методи ідентифікації параметрів нагнітачів викладені в працях [2-6], більшість із яких реалізуються при експлуатації ГПА та передбачають монтування додаткових датчиків, що, у свою чергу, є проблематичним, оскільки потрібна модернізація обладнання та переформування відповідної технічної документації.

Питанню вибору оптимальних розмірів проточної частини нагнітачів на стадії їх проектування та обчисленню втрат в їх елементах присвячена значна кількість публікацій як зарубіжних, так і вітчизняних авторів [7-10], які, в основному, використовують дослідження Еккерта, К. Пфлейдерера, А. І. Степанова, В. Траупеля. Ними проводиться газодинамічний розрахунок проточної частини ВЦН на основі експериментальних даних, розраховуються коефіцієнти втрат у робочому колесі та лопатковому дифузори та визначається вплив окремих факторів конструкції проточної частини ВЦН на політропний к. к. д. та форму його теплотехнічних характеристик. Проте в даних ро-

ботах не наведений точний алгоритм контролю геометричних та технологічних параметрів ВЦН, метод його реалізації в існуючу САК ГПА, а запропоновані методи, в основному, призначені для одноступеневих нагнітачів.

Оскільки більшість КС України використовують двоступеневі нагнітачі природного газу, метою статті є розробка алгоритму контролю параметрів технічного стану двоступеневого ВЦН та визначення структури комп'ютерної системи, в рамках якої може бути реалізована система ідентифікації та контролю параметрів технічного стану двоступеневого ВЦН.

Основна частина

ГПА як об'єкт автоматичного керування характеризується цілим рядом факторів, які загалом визначаються як вхідні, вихідні величини та збурення. Для того, щоб врахувати вплив цих факторів, розглянемо загальну структурну схему системи автоматизації роботи ГПА (рис. 1), яка складається із об'єкта автоматичного керування та САК.

Завдяки певній взаємодії між об'єктом автоматичного керування і САК ГПА забезпечується необхідний результат функціонування ГПА, що характеризується вихідними факторами (група Y). Якщо ГПА розглядати як об'єкт контролю технічного стану, то фактори групи Y слід поділити на такі, що мають діагностичну цінність (група Y_{dv}), та інші (група Y_{ndv}) [11].

Фактори групи Y_{dv} є функціями не тільки вхідних величин групи X , але й залежать від внутрішніх чинників роботи ВЦН та газотурбінної установки (ГТУ) як складових частин ГПА. До них можна віднести геометричні розміри робочого колеса ВЦН та колеса турбіни, зміна геометрії підшипників, зміна зазору в кінцевих ущільненнях та ін.

Вхідні величини характеризуються факторами групи X , які не підлягають цілеспрямованій зміні. Фактори групи X , у свою чергу, можна поділити на контрольовані (група Z) і на такі, що не піддаються контролю (група V). Як приклад факторів групи Z можна навести тиск, температуру, продуктивність на вході відцентрового нагнітача, температуру, тиск атмосферного повітря та ін. До групи V можна віднести густину та хімічний склад природного газу, теплоту згоряння паливного газу та ін. У більшості випадків фактори групи X мають ймовірнісний характер, що вносить певну стохастичну складову в процес компримування природного газу.

Окрім факторів Y та X , функціонування ГПА характеризується факторами групи U . Групу U утворюють керовані вхідні величини, через які реалізується процес компримування природного газу (витрата паливного газу, коефіцієнт надлишку повітря).

Інформація про поточні значення факторів груп U та Y надходить в САК та порівнюється із відповідними значеннями факторів групи G (величини ГПА що відповідають роботі нового ГПА або після капітального ремонту, паспортним даним, встановленим граничним величинам та ін.). Як результат, система автоматизації роботи ГПА здійснює керуючий вплив (фактори групи E) на об'єкт автоматичного керування.

Автоматизована система управління (АСУ) технологічного процесу (ТП) компримування газу включає сукупність технічних засобів і методів збору, обробки, аналізу, видачі інформації і здійснення керуючого впливу на хід ТП, який із взаємодією із диспетчером КС забезпечує заплановане протікання ТП (рис. 2).

КС «Долина» як об'єкт управління передбачає управління рядом технологічних комплексів (цехів, ділянок та ін.), кожен з яких складається із технологічних установок (агрегатів) на базі інтегрованої АСУ, яка об'єднує усі дирекції управління і обробки інформації та охоплює усі етапи від планування до регулювання параметрів технологічних процесів.

Частина технічних засобів АСУ, яка виконує операції збору, обробки та контролю інформації,

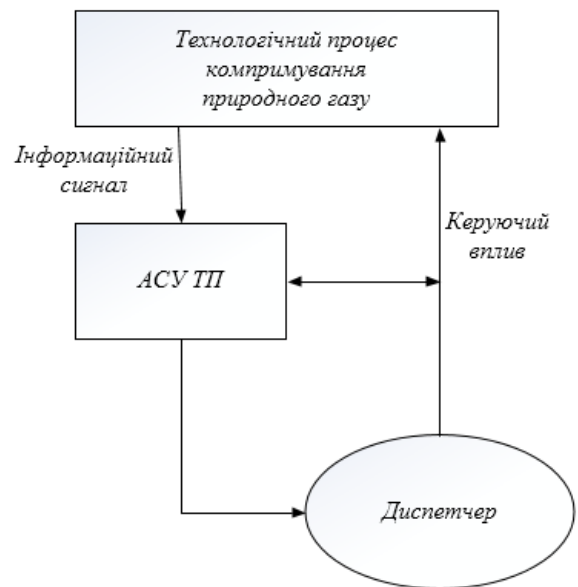


Рисунок 2 – Загальна структура АСУ ТП компримування газу

може бути розглянута як окрема САК. Для управління, захисту та контролю за роботою агрегатів ГПА-Ц-16С на КС-3 «Долина» застосовано САК типу «САТ-04» НВП «Нова техніка» (м. Львів). Дана САК ГПА має позитивний досвід роботи на КС «Богородчани», «Бердичів», «Кіровоградська», «Волинська» та «Ужгород» [12]. Системи керування відповідають світовому рівню надійності та інформативності, дають можливість вирішувати питання оптимізації режимів роботи ГПА, тим самим зменшити експлуатаційні витрати.

САК ГПА-Ц1-16С умовно можна поділити на [13]:

- апаратуру нижнього рівня, що безпосередньо керує агрегатом через технологічний контролер;

- апаратуру верхнього рівня, яка безпосередньо управляє агрегатом через автоматизоване робоче місце (АРМ) диспетчера КС, з якого можливо впливати на роботу нижнього рівня, а також забезпечувати обробку технологічної інформації, її оперативне представлення, формування архівів аварійних зупинок, архівів вимірювальних параметрів і станів технологічних параметрів виконавчих механізмів;

- засоби зв'язку між нижнім та верхнім рівнями та системою телемеханіки «Serck Controls».

Для нижнього рівня використовуються мікропроцесорні засоби серії 90-70, що випускаються торговою маркою «GE Fanuc» та зв'язані між собою мережею «Genius» в межах КС. Вони призначені для збору і попередньої обробки інформації, яка надходить від давачів, та видачі керуючих сигналів на виконавчі механізми ГПА. Шина «Genius» забезпечує обмін інформацією через послідовний канал між контролерами, блоками Field Control, дисплейною станцією змінного інженера-технолога та іншими АРМ і блоками, які мають відповідні канали або контролери зв'язку.

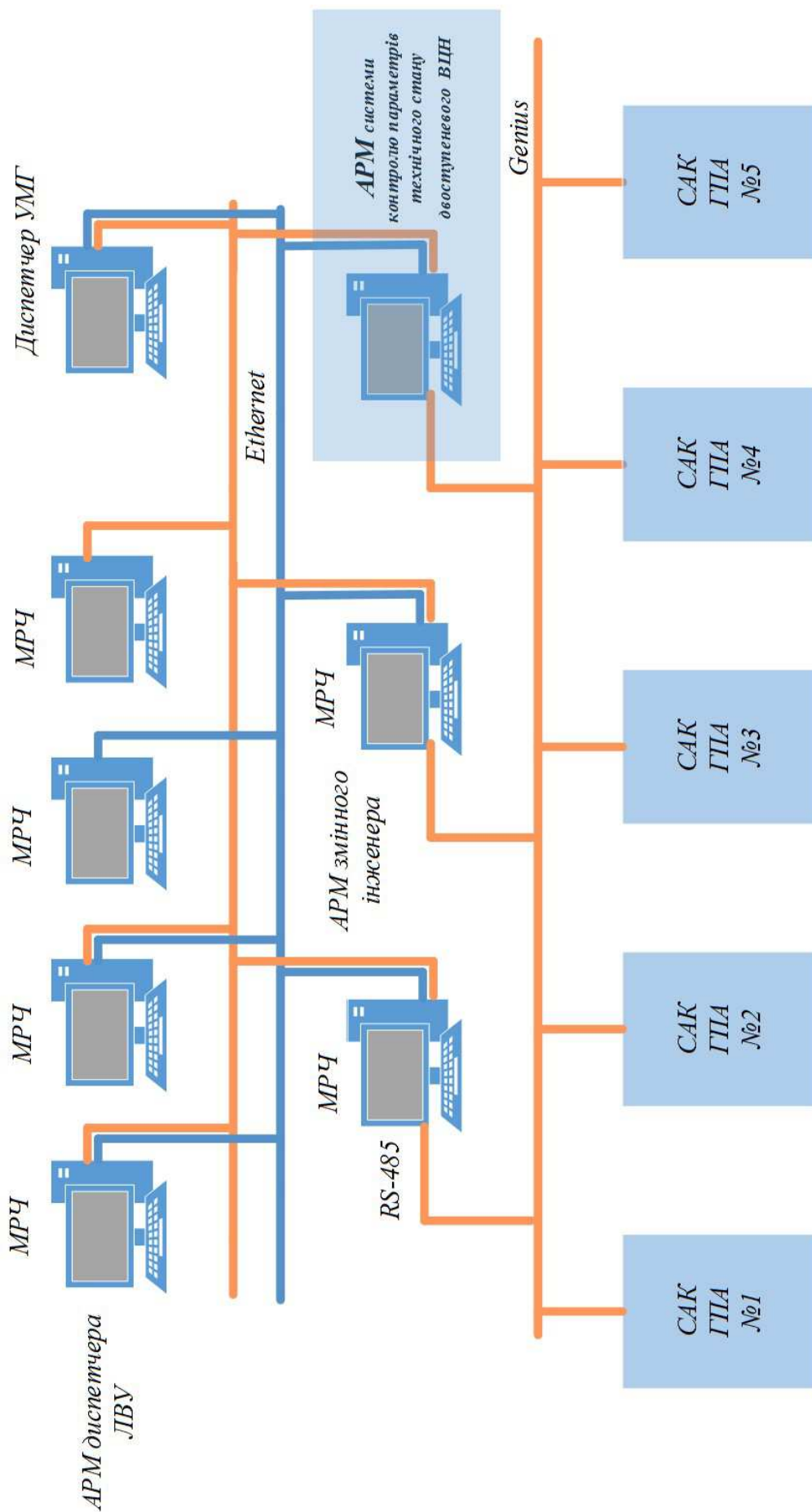


Рисунок 3 – Структура комп'ютерної системи контролю параметрів технічного стану двоступеневого ВЦН

Верхній рівень САК повинен забезпечити отримання інформації від усіх давачів системи, її аналіз, зберігання і представлення диспетчеру. Для розв'язку основних задач автоматизації ТП і для проектування верхнього рівня систем на КС «Долина» використовується SCADA-система Citect фірми Citect. Програмне забезпечення (ПЗ) Citect включає всі необхідні функціональні блоки (тренди, звіти, драйвери, протоколи) і дозволяє реалізувати віддалений моніторинг системи управління ТП за допомогою технології Internet Explorer'a [15-16].

Для реалізації розробленого в праці [17] методу контролю параметрів технічного стану двоступеневого нагнітача природного газу створено комп'ютерну структуру системи контролю параметрів технічного стану двоступеневого ВЦН, яка розгорнута у вигляді АРМ на базі серійних персональних електронно-обчислювальних машин (ПЕОМ) і входить до складу інтегрованої системи керування Долинським ЛВУМГ, яка має чотирирівневу ієрархічну структуру (рис. 3).

Найнижчий рівень системи керування містить контролери та виконавчі механізми, які виконують функції локального керування компресорними агрегатами (САК ГПА).

На другому рівні керування знаходяться функціонально-орієнтовані АРМ для реалізації оперативного керування агрегатами КС. АРМ змінного інженера призначене для обробки, відображення й збереження в базі даних (БД) реального часу інформації про хід ТП, розрахунок режимів роботи та формування звітних документів.

Третій рівень керування - це рівень оперативного планування диспетчера ЛВУ, на якому розв'язуються задачі оптимізації та розрахунку техніко-економічних показників роботи КС на рівні ЛВУМГ. На основі проведених розрахунків з врахуванням завдання від диспетчера УМГ, диспетчер ЛВУМГ формує завдання на перекачування газу. Також на цьому рівні знаходяться АРМ допоміжних об'єктів.

Частина інформації з рівня ЛВУМГ передається диспетчеру УМГ (четвертий рівень) для оперативного-тактичного планування роботи транспортної системи УМГ.

На рівні АРМ змінного інженера (ЗІ), крім традиційного, розроблене спеціальне програмне забезпечення розв'язку задачі контролю параметрів технічного стану двоступеневого ВЦН, яке оформлене у вигляді окремого модуля, що дозволяє легко інтегрувати його в існуючий пакет програм. На рисунку 4 зображена взаємодія блоків програм із існуючим ПЗ АРМ ЗІ, що забезпечують поетапну процедуру контролю параметрів технічного стану двоступеневого ВЦН.

ПЗ АРМ ЗІ запрограмоване за допомогою системи проектування Simplicity Control фірми «GE Fanuc» та поділено на: ПЗ «Сервер» (розміщується на жорсткому диску сервера), ПЗ «Клієнт» та ПЗ «ППР» (періодичної перевірки роботоспроможності апаратури САК).

ПЗ «ППР» забезпечує перевірку вхідних і вихідних дискретних каналів, калібрування аналогових каналів.

ПЗ «Клієнт» забезпечує людино-машинний інтерфейс з оператором (формування мнемосхем, графіків, повідомлень, звукових попереджень, формування команд управління, перегляд та друкування добової відомості та звіту перевірки захистів).

ПЗ «Сервер» забезпечує взаємодію з ПЗ технологічних контролерів та контролера компресорного цеху, з ПЗ «Клієнт, з базою даних, з системою фірми Serck Controls, а також архівує аналогові дані.

БД формується уже існуючим програмним забезпеченням і містить дані про технологічні параметри нагнітача, що відповідають умовам його роботи після КР та за поточний місяць – температуру газу на вході і на виході ВЦН, тиск газу на вході і на виході ВЦН, перепад тиску газу на конфузори ВЦН, продуктивність нагнітача, швидкість обертання ротора ВЦН, а також дані про густину і хімічний склад природного газу та тиск і температуру навколишнього середовища.

Ці дані є вихідною інформацією для блоку програм «Ідентифікація параметрів», написаних на алгоритмічній мові MatLab, де відбувається ідентифікація параметрів математичної моделі двоступеневого нагнітача природного газу, яка наведена в статті [17].

Блок програм «Лобудова емпіричної моделі» синтезує емпіричну модель ВЦН у вигляді полінома степеня $m \leq 3$. Моделювання емпіричної моделі реалізується за допомогою індуктивного методу самоорганізації моделей, а її структура вибирається на основі використання генетичного алгоритму [18].

За результатами розрахунків блоку програм «Обчислення параметрів технічного стану» здійснюється експертна оцінка технічного стану нагнітача, яка реалізується із використанням блоку програм «Експертна оцінка». У випадку, коли ВЦН перебуває у стані «необхідно вжити заходів», програма керування агрегатом у технологічному контролері автоматично здійснює перехід агрегата до режиму «Екстрена зупинка» [18].

Висновки

Запропоновано структуру комп'ютерної системи, яка забезпечує поетапний розв'язок задачі контролю параметрів технічного стану двоступеневого ВЦН і яка інтегрована в існуючу SCADA-систему керування процесом фірми Citect.

Описано структуру програм системи контролю параметрів технічного стану двоступеневого ВЦН, які інтегровані у програмне забезпечення SCADA-системи Citect, що забезпечує поетапну процедуру оцінювання технічного стану двоступеневого нагнітача природного газу.

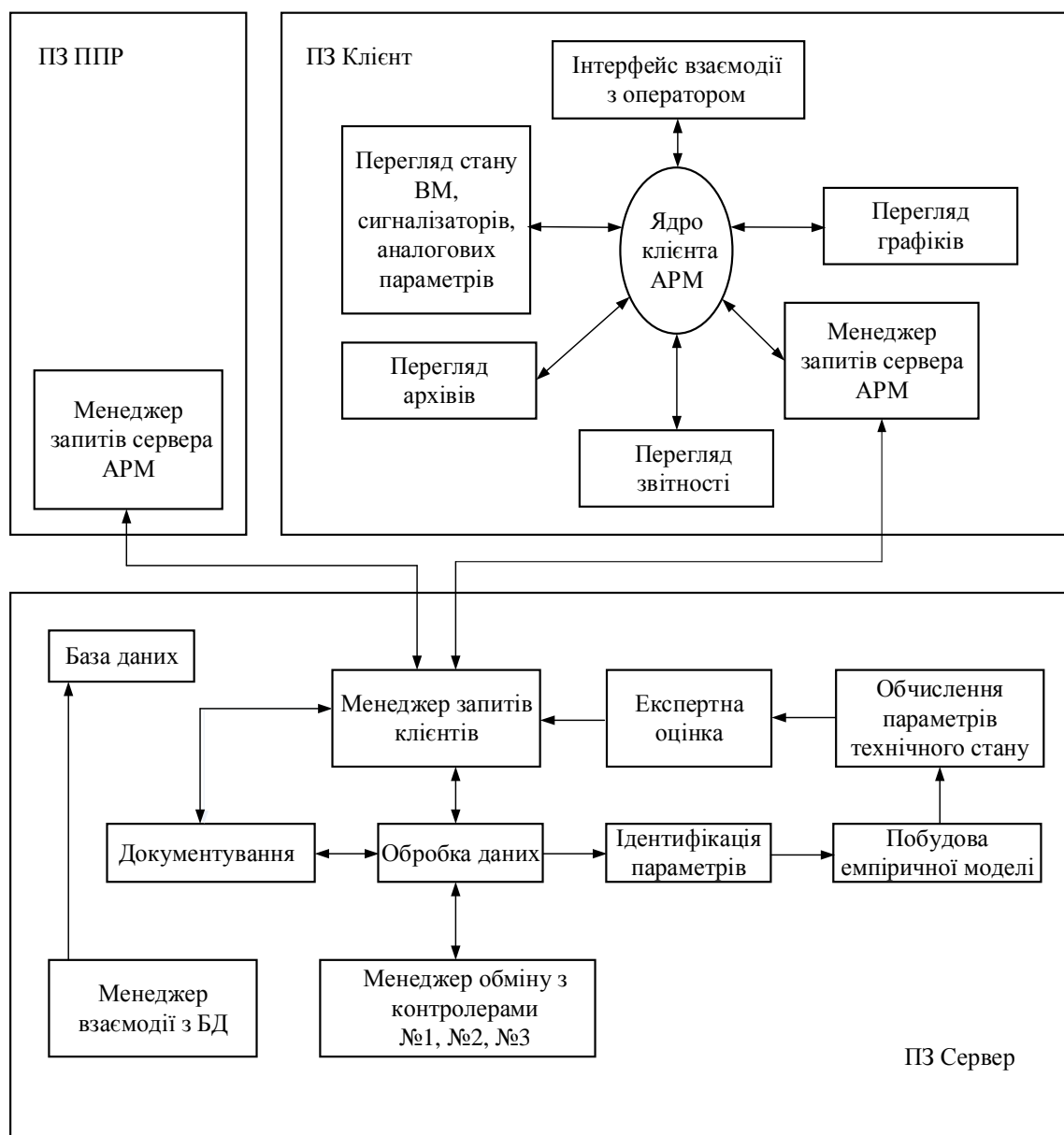


Рисунок 4 – Взаємодія блоків програм системи контролю параметрів технічного стану двоступеневого ВЦН

Література

1 Горбійчук М. І. Комп'ютерна система поетапного діагностування роботи відцентрових нагнітачів природного газу / М. І. Горбійчук, О. А. Скріпка, М. І. Когутяк, С. В. Прокіпчин // *Енергетика, контроль та діагностика об'єктів нафтогазового комплексу*. – 2007. – №1 (2). – С. 67-71.

2 Halimi D. Maintenance actions planning in industrial centrifugal compressor based on failure analysis / D. Halimi, A. Hafaifa, E. Boualieu // *Eksplotacja i Niezawodność – Maintenance and Reliability*. – 2014. - №16 (1). – P.17-21.

3 Ed Wilcox. Practical methods for field performance testing centrifugal compressors. – Режим доступу: <http://turbolab.tamu.edu/proc/turboproc/T28/Vol28017.pdf>

4 Горбійчук М. І. Метод обчислення базових значень діагностичних ознак відцентрового нагнітача природного газу / М. І. Горбійчук, О. А. Скріпка // *Методи та прилади контролю якості*. – 2005. – №15. – С. 36-40.

5 Shengzhong Huang. Immune Genetic Evolutionary Algorithm of Wavelet Neural Network to Predict the Performance in the Centrifugal Compressor and Research / Huang Shengzhong // *Journal of Software*. – 2011. – No 5 – P. 908-914.

6 Горбійчук М. І. Метод обчислення базових значень діагностичних ознак відцентрового нагнітача природного газу / М. І. Горбійчук, О. А. Скріпка / *Методи та прилади контролю якості*. – 2005. – №15. – С. 36-40.

7 Ільченко Б. С. Діагностування функціонально-технічного стану газоперекачувальних агрегатів: монографія / Б. С. Ільченко. – Харків: ХНАМГ, 2011. – 228 с.

8 Галеркин Ю. Б. Турбокомпрессоры: учеб. пособие / Ю. Б. Галеркин, Л. И. Козаченко. – СПб: изд-во Политехн. ун-та, 2008. – 374 с.

9 Ваняшов А. Д. Теория, расчет и конструирование компрессорных машин / А. Д. Ваняшов. – Омск: изд-во ОмГТУ, 2007. – 270 с.

10 Парафейник В. П. Анализ режимов работы ГПА с газотурбинным приводом на стадии проектирования агрегата / В. П. Парафейник, А. В. Смирнов, И. Н. Тертышный, А. Н. Нефедов // *Авиационно-космическая техника и технология*. – 2011. – № 9. – С. 25-32.

11 Горбійчук М. І. Метод параметричної ідентифікації технічного стану відцентрового нагнітача природного газу / М. І. Горбійчук, В. М. Медведчук, Г. П. Кропельницька // *Методи та прилади контролю якості*. – 2012. – №2 (29). – С. 102-112.

12 Ковалів Є. О. Оптимізація роботи газоперекачувальних агрегатів з різними типами приводів / Є. О. Ковалів // *Нафтогазова енергетика*. – 2007. – №2 (3). – С. 80-86.

13 Заячук Я. І. Комп'ютерна система оптимального керування роботою відцентрових нагнітачів природного газу / Я. І. Заячук // *Вісник Хмельницького національного університету*. – 2010. – №1. – С. 258-263.

14 Михеев В. А. Автоматизация процессов ОМД / В. А. Михеев. – Самара: Самар. гос. аэрокосм. ун-т им. С. П. Королева, 2012. – 166 с.

15 Кушков В. М. Людино-машинні інтерфейси: Конспект лекцій для студ. напряму 6.050202 – «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» ден. та заоч. форм. навч. – К.: НУХТ, 2012. – 100 с.

16 Елизаров И. А. Интегрированные системы проектирования и управления: Scada-системы: учебное пособие / И. А. Елизаров, А. А. Третьяков, А. Н. Пчелинцев [и др.] – Тамбов: Изд-во ФГБОУ ВПО «ТГТУ», 2015. – 160 с.

17 Горбійчук М. І. Метод параметричної ідентифікації технічного стану двоступеневого відцентрового нагнітача природного газу / М. І. Горбійчук, В. М. Медведчук // *Нафтогазова енергетика*. – 2015. – №1 (23). – С. 78-85.

18 Горбійчук М. І. Метод оцінки технічного стану двоступеневого відцентрового нагнітача природного газу на засадах нечіткої логіки / М. І. Горбійчук, О. А. Скріпка, В. М. Медведчук // *Нафтогазова енергетика*. – 2015. – №2 (24). – С. 59-68.

Стаття надійшла до редакційної колегії

13.03.18

Рекомендована до друку

професором Семенцовим Г.Н.

(ІФНТУНГ, м. Івано-Франківськ)

д-ром техн. наук Мельничуком С.І.

(Прикарпатський національний університет ім. В. Стефаника, м. Івано-Франківськ)