

УДК 62-519

DOI: 10.31471/1993-9981-2021-2(47)-55-61

РОЗРОБЛЕННЯ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ КОНТРОЛЮ ЕКОЛОГО-ТЕХНІЧНОГО СТАНУ ГПА

О. Ю. Мірзоєва, О. І. Белей, Р. Б. Стасюк, О. В. Кучмистенко

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу; 76019, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15; e-mail: marklob.kft@gmail.com

Застарілість обладнання компресорних станцій лінійно-виробничих управлінь магістральних газопроводів призводить до частої їх поломки та збільшення кількості шкідливих викидів під час роботи таких об'єктів компресорних станцій як камери згоряння газоперекачувальних агрегатів. У цій роботі розглянуто особливості та класифікація факторів шкідливих впливів працюючих газоперекачувальних агрегатів на навколишнє середовище. Також авторами проаналізовано основні існуючі методи моделювання, технічні засоби та програмні продукти, які використовуються для контролю еколого-технічного стану газоперекачувальних агрегатів. Запропонована система контролю еколого-технічного стану газоперекачувальних агрегатів це – автоматизована система управління, яка складається з двох рівнів: перший рівень – нижній, основною задачею якого є збір даних під час роботи камери згоряння газоперекачувального агрегату за допомогою газоаналізаторів; верхній – опрацьовує ці дані, в той же час порівнює їх з гранично-допустимими концентраціями шкідливих речовин. Дана система розроблена за допомогою програмного забезпечення Siemens Simatic Step-7. Вихідними даними для розробки інформаційної системи є тиск, температура і двоокис вуглецю. Контроль за цими фізичними величинами дозволить контролювати їхню кількість, мінімізувати їх шкідливий вплив з метою покращення умов праці операторів, машиністів по обслуговуванні газоперекачувальних агрегатів на лінійно-виробничих управліннях магістральних газопроводів та з метою зменшення негативного впливу на навколишнє середовище. Розроблена автоматизована система успішно аналізує дані в реальному часі та дозволяє оптимізувати режими роботи газоперекачувальних агрегатів, тим самим знижуючи експлуатаційні витрати та зменшуючи кількість шкідливих викидів з камери згоряння газоперекачувального агрегату.

Ключові слова: шкідливі викиди, газоперекачувальний агрегат, компресорна станція, збурення, система контролю.

Устаревший оборудование компрессорных станций линейно-производственных управлений магистральных газопроводов приводит к частой их поломке и увеличению количества вредных выбросов во время работы таких компрессорных станций как камеры сгорания газоперекачивающих агрегатов. В данной работе рассмотрены особенности и классификация факторов вредных воздействий работающих газоперекачивающих агрегатов на окружающую среду. Также авторами проанализированы основные методы моделирования, технические средства и программные продукты, которые используются для контроля эколого-технического состояния газоперекачивающих агрегатов. Предложенная система контроля эколого-технического состояния газоперекачивающих агрегатов – автоматизированная система управления, которая состоит из двух уровней: первый уровень – нижний, основной задачей которого является сбор данных при работе камеры сгорания газоперекачивающего агрегата с помощью газоанализаторов; верхний – прорабатывает эти данные, в то же время сравнивает их с предельно допустимыми концентрациями вредных веществ. Данная система разработана с помощью ПО Siemens Simatic Step-7. Исходными данными для разработки информационной системы являются давление, температура и двуокись углерода. Контроль этих физических величин позволит контролировать их количество, минимизировать их вредное влияние с целью улучшения условий труда операторов, машинистов по обслуживанию газоперекачивающих агрегатов на линейно-производственных управлениях магистральных газопроводов и с целью уменьшения негативного влияния на окружающую среду. Разработанная автоматизированная система успешно анализирует данные в реальном времени и позволяет оптимизировать режимы работы газоперекачивающих агрегатов, снижая эксплуатационные расходы и уменьшая количество вредных выбросов из камеры сгорания газоперекачивающего агрегата.

Ключевые слова: вредные выбросы, газоперекачивающий агрегат, компрессорная станция, возмущение, система контроля.

Obsolete equipment of compressor stations of linear production departments of main gas pipelines leads to their frequent breakage and increase in the number of harmful emissions during the operation of such compressor stations as combustion chambers of gas pumping units. In this paper, the features and classification of factors of harmful effects of operating gas pumping units on the environment are considered. The authors also analyzed the main modeling methods, hardware and software products that are used to monitor the environmental and technical condition of gas pumping units. The proposed system of monitoring the environmental and technical condition of gas pumping units - an automated control system, which consists of two levels: the first level - lower, the main task of which is to collect data during the combustion chamber of the gas pumping unit using gas analyzers; top - processes these data, at the same time compares them with the maximum allowable concentrations of harmful substances. This system was developed using Siemens Simatic Step-7 software. The initial data for the development of an information system are pressure, temperature and carbon dioxide. Control of these physical quantities will allow to control their quantity, to minimize their harmful influence for the purpose of improvement of working conditions of operators, drivers on service of gas pumping units on line production departments of the main gas pipelines and for the purpose of reduction of negative impact on environment. The developed automated system successfully analyzes the data in real time and allows to optimize the operating modes of the gas pumping units, reducing operating costs and reducing the number of harmful emissions from the combustion chamber of the gas pumping unit.

Keywords: harmful emissions, gas pumping unit, compressor station, disturbance, control system.

Вступ. Збільшення виробництва енергії є стійкою тенденцією людської діяльності. Зусилля країн, потужних підприємств, міжнародних виробничих компаній, а також прагнення приватних підприємств, організацій і людей створити максимально комфортні умови для роботи, побуту та відпочинку призвели до збільшення споживання енергії та надмірного негативного людського впливу на навколишнє середовище.

Впровадження енерго-екологічного аналізу із застосуванням ідентифікації фактичних значень параметрів та показників експлуатації устаткування на кожному об'єкті, діяльність якого пов'язана з процесами енергоперетворення, дає можливість створити умови об'єктивного аналізу та постійного якісного моніторингу за станом роботи та рівнем екологічної безпеки, розробляти та впроваджувати відповідні заходи підвищення рівня екологічної безпеки та енергоефективності, що є необхідною та актуальною задачею для паливно-енергетичного комплексу країни [1, 2, 3].

1. Особливості та класифікація факторів шкідливих впливів працюючих ГПА на довкілля. Експлуатація компресорного обладнання і технологічних систем пов'язана з негативним впливом на навколишнє середовище. До таких впливів варто віднести:

- викиди шкідливих речовин в атмосферу;
- скиди забруднюючих речовин у водойми;

- токсичні відходи;
- вплив на ґрунт і надра;
- шум і інші.

Шкідливі викиди, які утворюються внаслідок роботи обладнання компресорних станцій можна розділити на дві основні групи:

- викиди (емісія) природного газу;
- викиди продуктів згоряння (вихлопних газів).

Викиди природного газу при його транспортування відбуваються в наступних випадках:

- при пусках і зупинках ГПА;
- витоки;
- внаслідок роботи запобіжних клапанів;
- ремонтні роботи тощо.

Крім викидів природного газу (метану), на компресорних станціях присутні ще й викиди шкідливих речовин, що утворюються в результаті згоряння палива на ГПА. До їх числа відносяться:

- продукти згоряння (азот, водяна пара, вуглекислий газ);
- оксиди азоту;
- двоокис вуглецю;
- оксиди сірки;
- вуглеводні (в тому числі в повному обсязі згорілий метан);
- сажа.

2. Огляд і аналіз існуючих методів моделювання, технічних засобів та програмних продуктів для систем контролю

еколого-технічного стану ГПА. Для забезпечення надійної та безпечної роботи газоперекачувального агрегату потрібна об'єктивна інформація про фактичні показники роботи всіх його елементів та агрегату в цілому, що дає можливість контролювати експлуатаційні, енергетичні та екологічні показники газоперекачувального агрегату.

Автоматизована система управління (АСУ) технологічним процесом (ТП) включає комплекс технічних засобів і методів збору, обробки, аналізу, видачі інформації та реалізації керуючого впливу на процес ТП, який у взаємодії з диспетчером КС забезпечує планову подачу ТП (рис. 1). На сьогоднішній день системи управління компресорною станцією України відповідають світовому рівню надійності та інформативності, дозволяють вирішувати питання оптимізації режимів роботи газо-перекачувальних агрегатів, тим самим знижуючи експлуатаційні витрати.



Рисунок 1 - Загальна структура АСУ ТП

Автоматизовану систему управління газоперекачувального агрегату (ГПА) умовно ділять на два рівні[4]:

- обладнання нижнього рівня, що дозволяє керувати агрегатом через технологічний контролер;
- обладнання верхнього рівня, що безпосередньо керує агрегатом через автоматизоване робоче місце (АРМ) диспетчера компресорної станції, з якого можна впливати

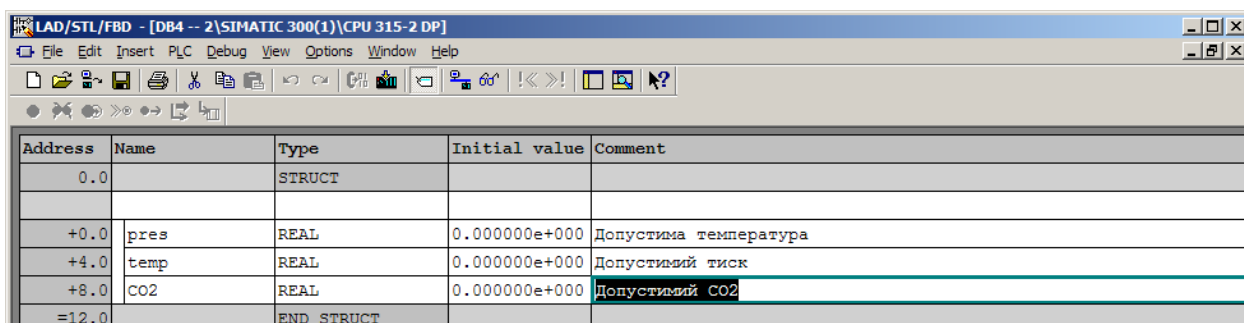
на роботу нижнього рівня, а також забезпечувати обробку технологічної інформації, її оперативне представлення, формування архівів аварійних зупинок, архівів параметрів вимірювань та технологічних станів, параметрів виконавчих механізмів.

На нижньому рівні використовують мікропроцесорні пристрої, пов'язані мережею всередині однієї компресорної станції. Вони призначені для збору та попередньої обробки інформації, що надходить із датчиків, а також для видачі керуючих сигналів виконавчим елементам ГПА. Шина, у свою чергу, забезпечує обмін інформацією по послідовному каналу між контролерами, агрегатами, станцією індикації змінного інженера-технолога та іншими АРМ та агрегатами з відповідними каналами або контролерами зв'язку[5, 6].

Верхній рівень автоматизованої системи управління газо-перекачувальним агрегатом повинен надавати інформацію з усіх датчиків у системі, аналізувати її, зберігати та передавати диспетчеру. Після аналізу отриманих даних диспетчер приймає рішення щодо необхідності оптимізації режимів роботи газоперекачувального агрегату і тим самим оптимізує обсяг шкідливих викидів внаслідок роботи ГПА.

Слід зазначити, що кількість параметрів та величин, що характеризують стан та режим роботи ГПА, перевищує 600 одиниць. Відповідно, аналіз стану ГПА вимагає ретельного та постійного контролю якості роботи датчиків, приладів та системи контролю та моніторингу в цілому.

3. Розроблення автоматизованої системи контролю еколого-технічного стану ГПА. Доведено, що найбільш шкідливими викидами, які утворюються внаслідок роботи камери згоряння ГПА і забруднюють навколишнє середовище є викиди двоокису вуглецю. У зв'язку із цим авторами розроблена автоматизована система управління, яка дозволяє моніторити діяльність камери згоряння ГПА та регулювати кількість шкідливих викидів за допомогою оптимізації паливно-повітряної суміші, яка згоряє в камері згоряння. Дану систему розроблено в програмному середовищі Siemens Simatic Step-7. Основними показниками, які контролюються системою є викиди двоокису вуглецю, тиск та



Address	Name	Type	Initial value	Comment
0.0		STRUCT		
+0.0	pres	REAL	0.000000e+000	Допустима температура
+4.0	temp	REAL	0.000000e+000	Допустимий тиск
+8.0	CO2	REAL	0.000000e+000	Допустимий CO2
=12.0		END_STRUCT		

Рисунок 2 – Відображення гранично-допустимих концентрації температури, тиску та двоокису вуглецю

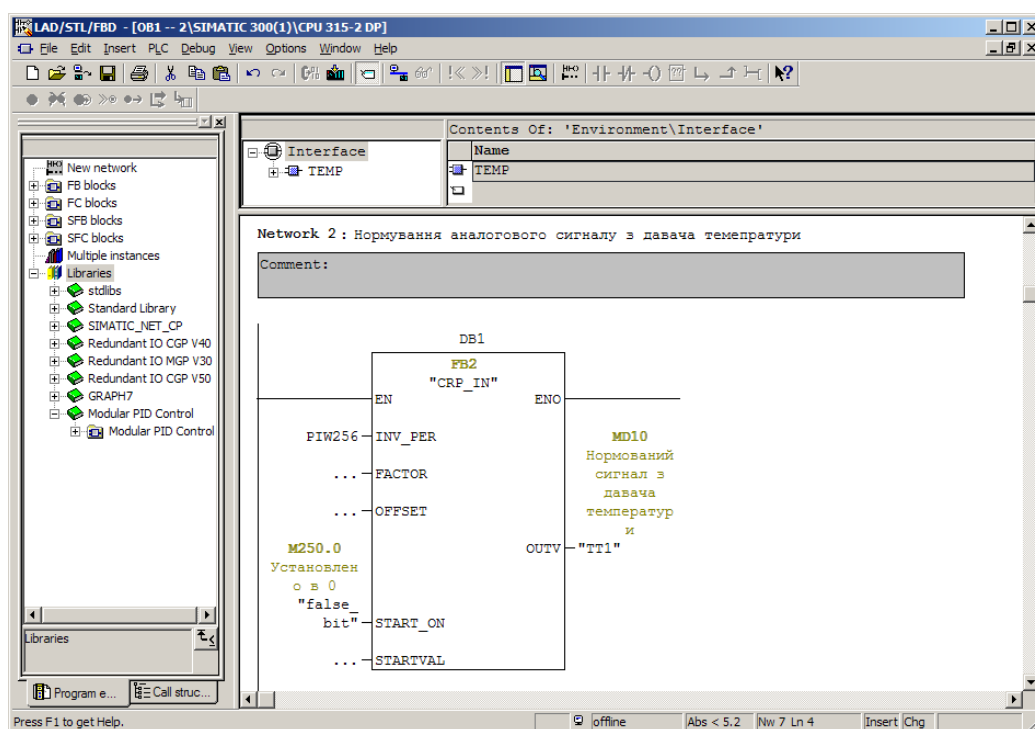


Рисунок 3 – Нормування аналогового сигналу від датчика температури

температурний режим. Основним елементом, який знімає та передає дані системі є лямбда зонд.

Перш за все створюємо блок даних, в якому вказуємо гранично-допустимі концентрації температури, тиску та двоокису вуглецю. Далі потрібно здійснити нормування

аналогових сигналів із датчиків температури, тиску та вуглекислого газу (рис.3-5). Після отримання даних на нижньому рівні потрібно порівняти їх з гранично-допустимими концентраціями температури, тиску та двоокису вуглецю (рис. 6).

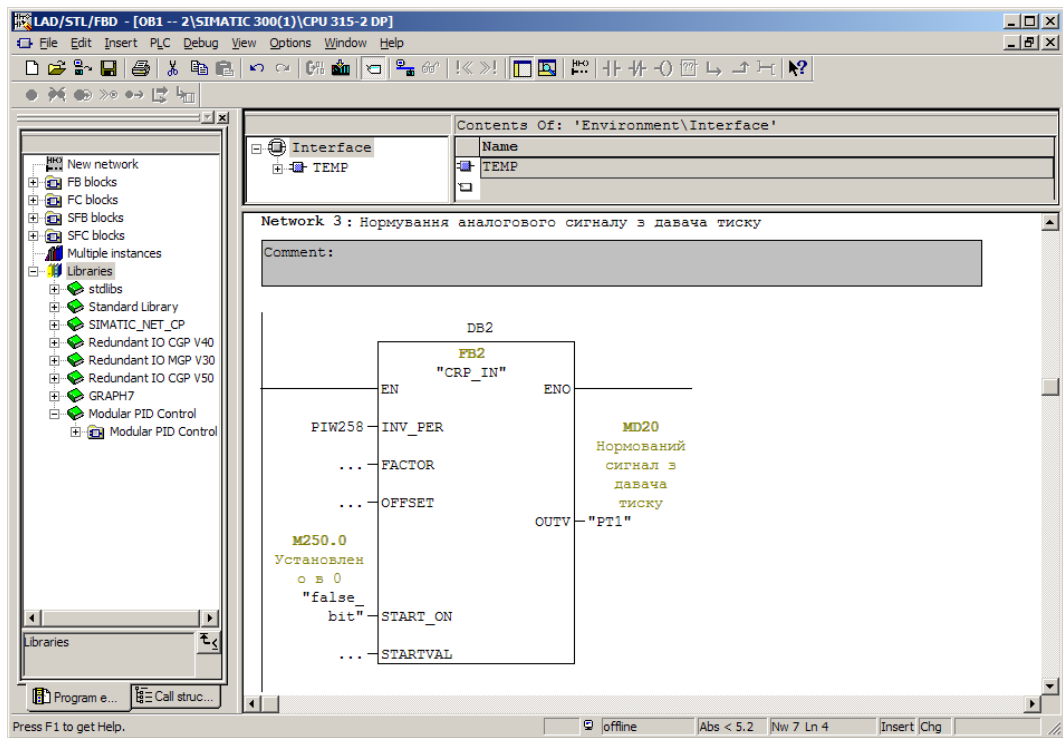


Рисунок 4 – Нормування аналогового сигналу від датчика тиску

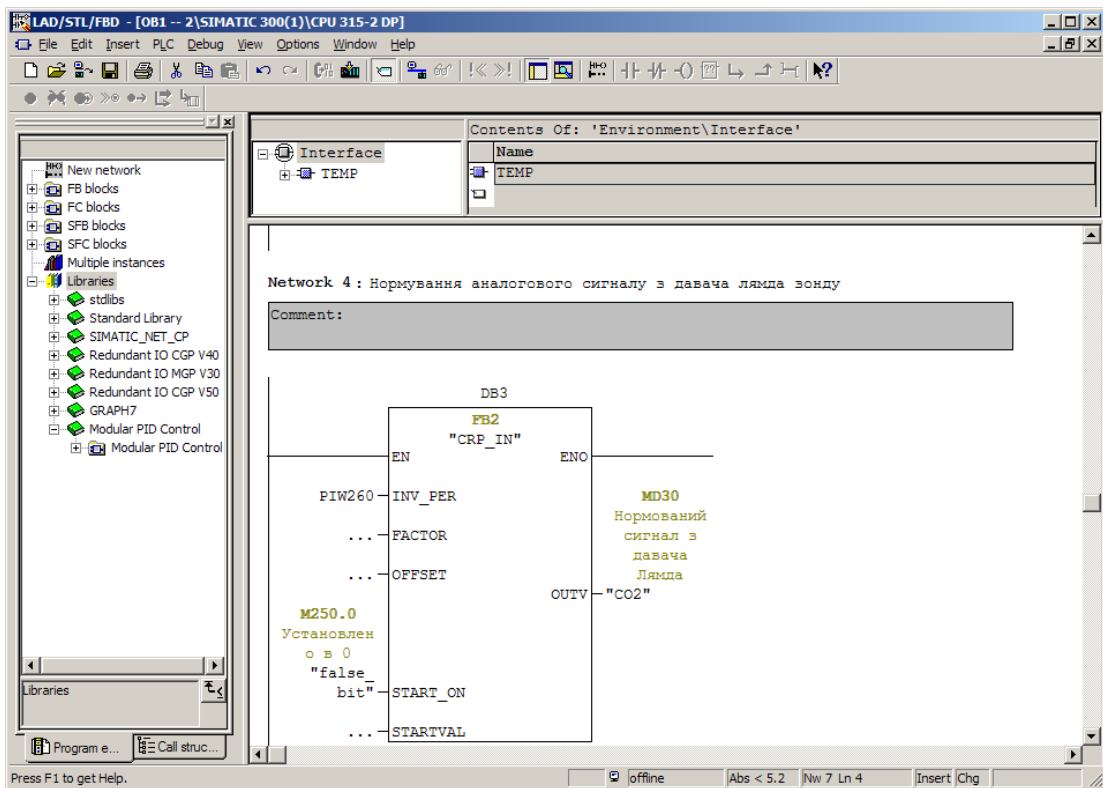


Рисунок 5 – Нормування аналогового сигналу від лямбда зонду

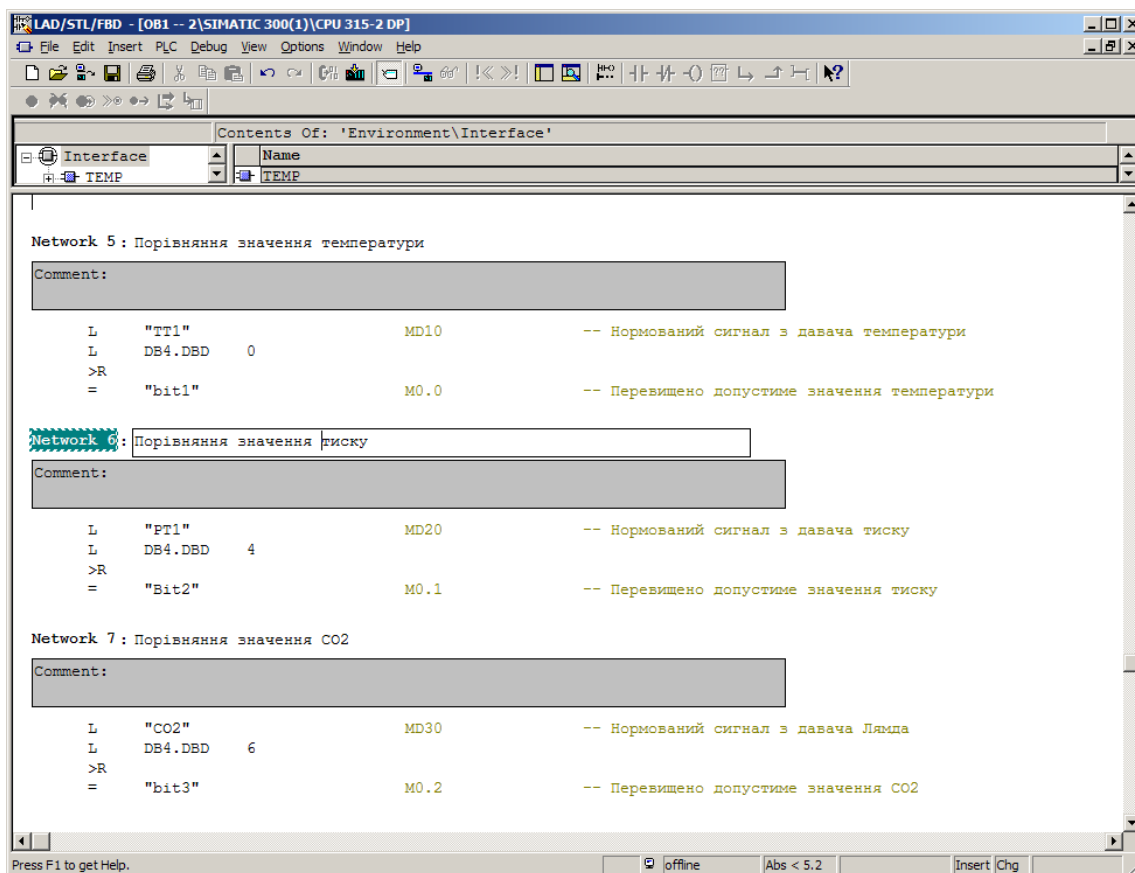


Рисунок 6 - Порівняння значень нормованих сигналів датчиків температури, тиску та двоокису вуглецю

З метою забезпечення ефективного перебігу хімічних реакцій в камері згоряння ГПА та зменшення кількості шкідливих викидів під час діяльності обладнання, подальші наукові дослідження будуть спрямовані на підвищення енергетичної ефективності роботи компресорних станцій удосконаленням способів розрахунку характеристик та режимів роботи обладнання КС.

Степеневі функції дозволяють ефективно описувати складні характеристики ГПА, представлені кількома технологічними параметрами.

Отже, складну площину можна уявити з урахуванням базових функцій Кобба-Дугласа[1]. У загальному вигляді функції Кобба-Дугласа є моделями складних степеневих регресій:

$$y_1 = f(x_1 \dots x_i) = \beta_0 \cdot x_1^{\beta_1} \cdot x_2^{\beta_2} \cdot \dots \cdot x_i^{\beta_i} \cdot \varepsilon_i \quad (1)$$

Функція Кобба-Дугласа є нелінійною за параметрами регресійної моделі і в окремому випадку має вигляд:

$$f(x, y) = z = A \cdot x^\alpha \cdot y^\beta \quad (2)$$

де A , α , β - коефіцієнти апроксимації
 z , x , y - залежна та незалежні змінні у тривимірній системі координат.

Проведені дослідження дозволяють отримати функцію, яка є математичною моделлю для розрахунку режимів роботи ГТУ, що в свою чергу дозволить зменшити кількість шкідливих викидів та мінімізує негативний вплив на навколишнє середовище.

Висновок. Теоретична значимість результатів полягає в тому, що вони дозволяють розробити технічний паспорт (інструкцію з експлуатації) системи керування камерою згоряння газоперекачувального агрегату, навчити персонал обслуговування нижнього та верхнього рівнів системи, а також вибрати технічні засоби.

Практичне значення розробленої системи нижнього та верхнього рівнів контролю технічного стану камери згоряння та контролю викидів двоокису вуглецю полягає у забезпеченні екологічної безпеки навколишнього середовища та запобіганні збоєм у роботі камери згоряння.

Література

1. Halimi D. Maintenance actions planning in industrial centrifugal compressor based on failure analysis / D. Halimi, A. Hafaifa, E. Boualie // *Eksplotacja i Niezawodnosc – Maintenance and Reliability*. 2014. №16 (1). P.17-21.
2. Ільченко Б. С. Діагностування функціонально-технічного стану газоперекачувальних агрегатів: монографія / Б. С. Ільченко. – Харків: ХНАМГ, 2011. 228 с.
3. Парафейник В. П. Анализ режимов работы ГПА с газотурбинным приводом на стадии проектирования агрегата / В. П. Парафейник, А. В. Смирнов, И. Н. Тertyshный, А. Н. Нefedov // *Авиационно-космическая техника и технология*. 2011. № 9. С. 25-32.
4. Ковалів Є. О. Оптимізація роботи газоперекачувальних агрегатів з різними типами приводів / Є. О. Ковалів // *Нафтогазова енергетика*. 2007. №2 (3). С. 80-86.
5. Кушков В. М. Людино-машинні інтерфейси: Конспект лекцій для студ. напряму 6.050202 – «Автоматизація та комп'ютерноінтегровані технології» ден. та заоч. форм. навч. К.: НУХТ, 2012. 100 с.
6. Кучмистенко О. В. Синтез системи керування газотурбінним двигуном на базі нечіткої логіки / О. В. Кучмистенко, М. В. Шавранський, Б. С. Незамай, О. Г. Малько// *Методи і прилади контролю якості*. 2021. №1(46). С.53-62

References

1. Halimi D. Maintenance actions planning in industrial centrifugal compressor based on failure analysis / D. Halimi, A. Hafaifa, E. Boualie // *Eksplotacja i Niezawodnosc – Maintenance and Reliability*. 2014. №16 (1). P.17-21.
2. Ільченко Б. С. Diagnostuvannya funktsional'no-tekhnichnogo stanu

gazoperekachuval'ny`x agregativ: monografiya / B. S. Іl'chenko. – Харків: ХНАМГ, 2011. – 228 s.

3. Parafejny`k V. P. Analy`z rezhymov roboty GPA s gazoturbynym pry`vodom na stady`y` proekty`rovany`ya agregata / V. P. Parafejny`k, A. V. Smy`rnov, Y`. N. Tertyshnyj, A. N. Nefedov // *Avy`acu`onno-kosmy`cheskaya texny`ka y` texnologiy`ya*. 2011. # 9. P. 25-32.

4. Kovaliv Ye. O. Opty`mizaciya roboty` gazoperekachuval'ny`x agregativ z rizny`my` ty`pamy` pry`vodiv / Ye. O. Kovaliv // *Naftogazova energety`ka*. – 2007. #2 (3). P. 80-86.

5. Kushkov V. M. Lyudy`no-mashy`nni interfejsy`: Konspekt lekcij dlya stud. napryamu 6.050202 – «Avtomatyzaciya ta komp'yuternointegrovani texnologiyi» den. ta zaoch. form. navch. K.: NUXT, 2012. 100 p.

6. Kuchmystenko O. V. Syntez systemy keruvannia hazoturbinnym dvyhunom na bazi nechitkoi lohiky / O. V. Kuchmystenko, M. V. Shavranskyi, B. S. Nezamay, O. H. Malko// *Metody i prylady kontroliu yakosti*. 2021. №1(46) P.53-62