

МЕТОД АВТОМАТИЗОВАНОГО ЗАХИСТУ КОМПРЕСОРА ДОКАЧУЮЧОЇ КОМПРЕСОРНОЇ СТАНЦІЇ ПІДЗЕМНОГО СХОВИЩА ГАЗУ ВІД ПОМПАЖУ

С.Г.Гіренко

ІФНТУНГ, 76019, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15, тел. (03422) 46067
e-mail: kafatp@ac.nung.edu.ua

Рассматривается разработанный метод автоматизированной защиты компрессора в дожимной компрессорной станции подземного хранения газа от помпажа, который обеспечивает регистрацию срывных процессов, ликвидацию неустойчивости и автоматическое обновление оптимального режима работы.

In this article we suggest new method of compression station automation system for protection compressor from pompage. Our offers based on results of science research and analysis research of industry experience.

Енергетичною стратегією України [1] до 2030 року передбачено збереження та розвиток газотранспортної системи України із збільшенням її потужності на 30-36 млрд.м³ на рік. Передбачено збільшення потужності підземних сховищ газу на 7 млрд.м³/рік. Проте, на сьогодні близько 29% газопроводів відпрацювали свій амортизаційний термін, майже 60% – експлуатуються від 10 до 33 років. Майже третина газоперекачувальних агрегатів компресорних станцій (ГПА КС) виробило свій моторесурс або близько до цього і потребує реконструкції, яка повинна бути завершена до 2015 року. До 2030 року буде завершено модернізацію та технічне переоснащення газотранспортної системи з використанням найбільш сучасних та ефективних на той час технологій.

параметр, який змінює своє значення у випадку переходу від сталого режиму роботи компресора до помпажу. Поточне значення контрольного параметра порівнюють із заданим пороговим значенням, величина якого відповідає умовам виникнення помпажу. Якщо в результаті порівняння ідентифікують режим роботи компресора з помпажем, то формують сигнал наявності помпажу [а.с. СРСР № 1536940, кл. F04D 27/02, 25.03.1988р.], після чого здійснюють зміну стану органів управління компресора з метою переведення компресора у сталий режим роботи.

Однією з таких технологій є комп'ютерно-інтегроване керування [2], або інтегровані автоматизовані системи керування. Досвід роботи і впровадження на об'єктах підземного сховища газу "Більче-Волиця" систем автоматичного керування газоперекачувальними агрегатами (ГПА), компресорними цехами (КЦ) і компресорними станціями (КС), а також аналіз літературних джерел [3,4 та ін.] довів, що актуальним науково-практичним завданням для таких систем, які є системами відкритого типу, є розроблення більш ефективних способів захисту компресорів від помпажу. Невирішеною проблемою є необхідність підвищення швидкодії і надійності захисту компресорів від помпажу. Тому метою даної роботи є розроблення такого способу захисту від помпажу компресора докачуючої компресорної станції підземного сховища газу, який би з високою швидкістю забезпечував ліквідацію нестійкості і автоматичне поновлення оптимального режиму.

Однак у цьому способі захисту компресора від помпажу захист відбувається тільки після його виникнення, що призводить до необхідності перебування, хоч і короточасного, компресора у руйнівному режимі помпажу, що зменшує можливий термін експлуатації компресора. Крім того, задане порогове значення є сталою величиною, яке визначається на базі експериментальних даних та досвіду роботи, однак воно може суттєво відрізнитися від реального переходу компресора від сталого режиму роботи до помпажу, що залежить від багатьох чинників, таких як технічний стан компресора, його робочий режим, газодинамічні характеристики його трубопроводного навантаження, параметри газу. Це спричинює невисоку надійність захисту компресора від помпажу як за відсутності виявлення помпажу, так і у випадку його хибного виявлення.

Дана робота відноситься до галузі управління та регулювання компресорів, вентиляторів та нагнітачів газу, а точніше – до способів їх захисту від помпажу методами управління.

Відомий спосіб захисту компресора від помпажу, згідно з яким вимірюють комплекс параметрів, які характеризують робочий режим компресора, визначають за ним координати робочої точки компресора, визначають віддаленість їх від заданої величини і пропорційно їй змінюють стан органів управління з метою забезпечення перебування компресора у сталому режимі роботи [а.с. СССР № 408056, кл. F04D 27/02, 1972р.]. Даний спосіб, на відміну від описаного вище, забезпечує захист компресора від помпажу незалежно від його перебування у помпажі. Однак необхідність використання сталої заданої величини, що характеризує межу від сталого до помпажного режиму роботи, як і

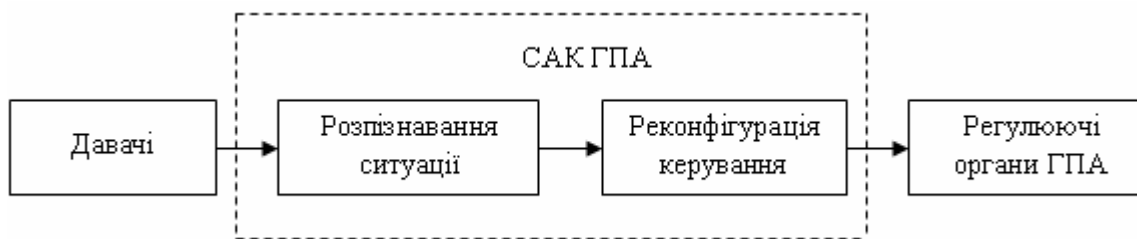


Рисунок 1 – Структура системи автоматизованого захисту ГПА від помпажу методами керування

в описаному вище способі призводить до малої надійності захисту компресора від помпажу.

Найбільш близьким до запропонованого методу є спосіб захисту компресора від помпажу, згідно з яким вимірюють комплекс параметрів, які характеризують робочий режим компресора, визначають за ним координати робочої точки компресора і віддаленість їх від заданої величини, пропорційно їй змінюють стан органів управління компресора, а саму задану величину коригують в момент початку помпажу заміною старого на поточне значення координат робочої точки компресора. При цьому забезпечується адаптація захисту компресора від помпажу у разі зміні умов виникнення помпажу [а.с. СССР № 1201555, кл. F04D 27/02, БИ № 48, 30.12.1985 р.].

Однак в даному способі використання віддаленості поточних координат робочої точки компресора від заданої величини не дає змоги захистити компресор від швидких змін поточної віддаленості у випадку зовнішніх збурень або флуктуацій газового потоку, що може призвести до раптового виникнення помпажу, особливо найнебезпечнішого з його різновидів – жорсткого помпажу. Це зумовлено тим, що виникнення жорсткого помпажу може бути дуже короткочасним – близько 0,02-0,05 с, в той час як реальна швидкодія органів управління, що забезпечують захист компресора від помпажу, значно більша. Наприклад, час зрушення сучасних швидкодіючих керованих байпасних клапанів становить 0,2 с, а стала часу контуру регулювання обертами газоперекачувального агрегату – до 1-2 хвилини. Тому пряме використання поточного значення віддаленості, навіть у разі її швидкодіючого визначення як керуючого сигналу у разі здійснення антипомпажного захисту, інтегрується повільними органами управління і не може забезпечити захист компресора від раптового виникнення помпажу у випадку швидкодіючих збурень або флуктуацій газового потоку.

В основу запропонованого методу покладено створення способу захисту компресора від помпажу, в якому забезпечується захист компресора від раптового виникнення помпажу у випадку швидкодіючих збурень або флуктуацій газового потоку, чим забезпечується підвищення надійності захисту від помпажу, в тому числі від раптового виникнення жорсткого помпажу.

Поставлене завдання здійснюється тим, що при способі захисту компресора від помпажу, згідно з яким вимірюють комплекс параметрів, що характеризують робочий режим компресора, визначають за ним координати робочої точки компресора та віддаленість від заданої величини і пропорційно їй змінюють стан органів управління компресора. При цьому саму задану величину коригують в момент початку помпажу шляхом заміни старого на поточне значення координат робочої точки компресора згідно з винаходом [4]. Поточне значення віддаленості визначають безперервно зі швидкодією, яка перевищує швидкодію органів управління і мінімально можливий час виникнення жорсткого помпажу, на поточному інтервалі часу, відповідному швидкодії органів управління компресора. Визначають мінімальне значення віддаленості і використовують його як поточне значення віддаленості під час керування органами управління системи автоматизованого керування газоперекачувальним агрегатом (МАК ГПА) (рис. 1).

Визначення поточного значення віддаленості координат робочої точки компресора від заданої величини безперервно зі швидкодією, яка перевищує швидкодію органів управління і мінімально можливий час виникнення, забезпечує інформаційну повноцінність поточних значень віддаленості робочої точки компресора від заданої величини за умов швидкодіючих збурень та флуктуацій газового потоку. Визначення мінімального значення віддаленості на поточному інтервалі часу, відповідному швидкодії органів управління компресором, забезпечує узгодження такої швидкодії регулювання миттєвих значень мінімальної віддаленості, які можуть викликати раптовий помпаж, з органами управління. Використання цього визначеного мінімального значення віддаленості як поточного значення віддаленості під час керування органами управління забезпечує захист компресора від раптового виникнення помпажу у випадку швидкодіючих збурень та флуктуацій газового потоку, що, в свою чергу, підвищує надійність захисту від помпажу, в тому числі від раптового виникнення жорсткого помпажу.

Спосіб захисту компресора від помпажу здійснюють в робочому режимі компресора. При цьому вимірюють комплекс параметрів, які характеризують робочий режим компресора, наприклад, тиски P та температури T газу на вході і на виході компресора, частоту обертів

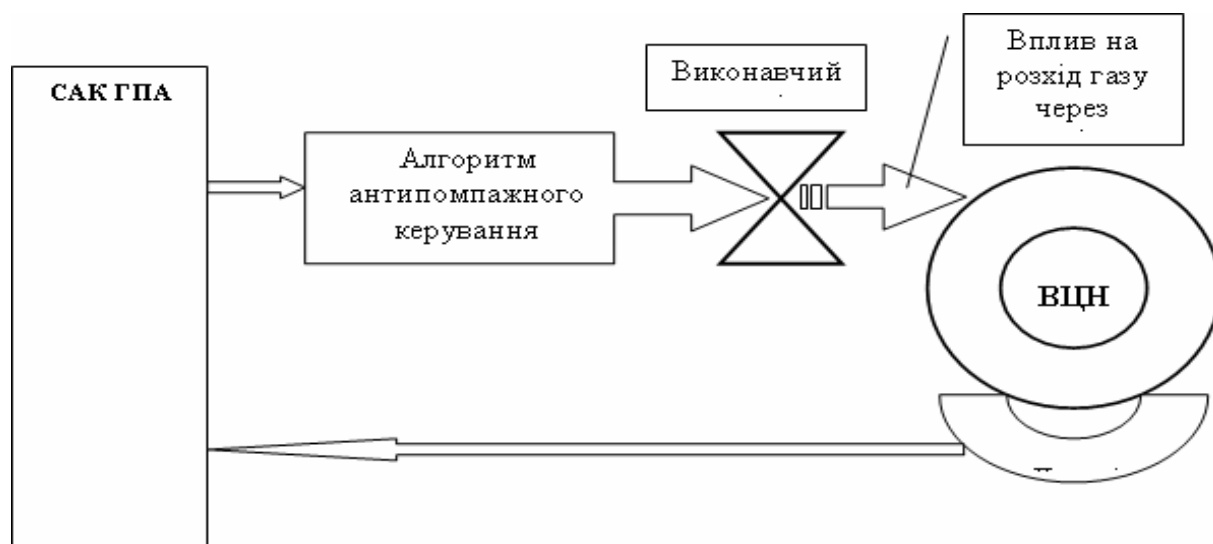


Рисунок 2 — Функціональна схема принципу роботи антипомпажного регулювання, реалізованого на ДКС “Більче-Волиця”

ω його ротора, густину газу ρ , або швидкість звуку C в ньому, об’ємну або масову витрату газу на вході або на виході компресора M , які створюють тезаурус вхідних параметрів:

$$\langle P_{вх}, P_{вих}, T_{вх}, T_{вих}, \omega, \rho, C, M_{вх}, M_{вих} \rangle.$$

За цим комплексом вимірюваних параметрів визначають координати робочої точки компресора. Наприклад, в системі координат „політропний напір – об’ємна витрата” або „ступінь стиснення газу – масова витрата” тощо.

Задають на основі експериментальних даних та досвіду роботи задану величину, що у використовуваній системі координат робочого режиму компресора відповідає умовам виникнення помпажу, так звану межу помпажу.

Безперервно зі швидкодією, яка перевищує швидкодію органів управління і мінімально можливий час виникнення жорсткого помпажу, визначають поточне значення віддаленості координат робочої точки компресора від заданої величини. На поточному інтервалі часу, відповідному швидкодії органів управління (тобто не меншому за їх сталу часу), визначають мінімальне значення віддаленості. Тобто під час реєстрації значення віддаленості, менше за попереднє, фіксується як мінімальне. Це значення залишається до появи ще меншого значення віддаленості на інтервалі часу відповідного швидкодії органів управління або до закінчення цього інтервалу часу після фіксації мінімального значення віддаленості, після чого знову визначається мінімальне значення віддаленості.

Визначене таким чином мінімальне значення віддаленості використовують як поточне значення віддаленості як сигналу розузгодження у випадку керування органами управління під час здійснення антипомпажного регулювання по переходу поточних координат робочої точки компресора від межі помпажу – заданої величини, в сталу зону роботи компресора. Цим забезпечується надійний захист компресора від раптового виникнення помпажу, в тому

числі жорсткого, під дією швидкодіючих збурень або флуктуацій газового потоку за умови незмінності межі помпажу, тобто заданої величини.

У разі зміни умов виникнення помпажу, які не можуть бути повноцінно проконтрольованими (зміна технічного стану компресора, газодинамічних параметрів його трубопроводної об’язки, фізичних характеристик газу тощо), можливе виникнення помпажу фіксують значення координат робочої точки компресора і коригують значення заданої величини для нових умов виникнення помпажу заміною старих значень заданої величини на зафіксовані в момент виникнення помпажу координати робочої точки компресора.

Розроблений метод захисту компресора від помпажу впроваджено на докачуючій компресорній станції підземного сховища газу “Більче-Волиця”, що забезпечує реєстрацію зривних процесів, ліквідацію нестійкості та автоматичне поновлення оптимального режиму, підвищує надійність захисту від помпажу, в тому числі і від раптового виникнення жорсткого помпажу.

Функціональна схема системи антипомпажного регулювання, реалізованого на ДКС «Більче-Волиця» зображена на рис. 2

На рис. 3, 4 зображено приклади дискретного і аналогово антипомпажного регулювання.

У випадку дискретного антипомпажного регулювання система тільки фіксує виникнення помпажу і форсовано відкриває антипомпажний клапан. Після стабілізації і зникнення помпажних коливань АПК автоматично закривається. За повторного виникнення помпажу система повторно здійснює форсоване відкриття антипомпажного клапана.

Під час аналогового антипомпажного регулювання за заданим наперед запасом помпажу система керування утримує робочу точку відцентрового нагнітача шляхом відкриття антипомпажного клапана (ЛАПК) за заданим запасом по помпажу.

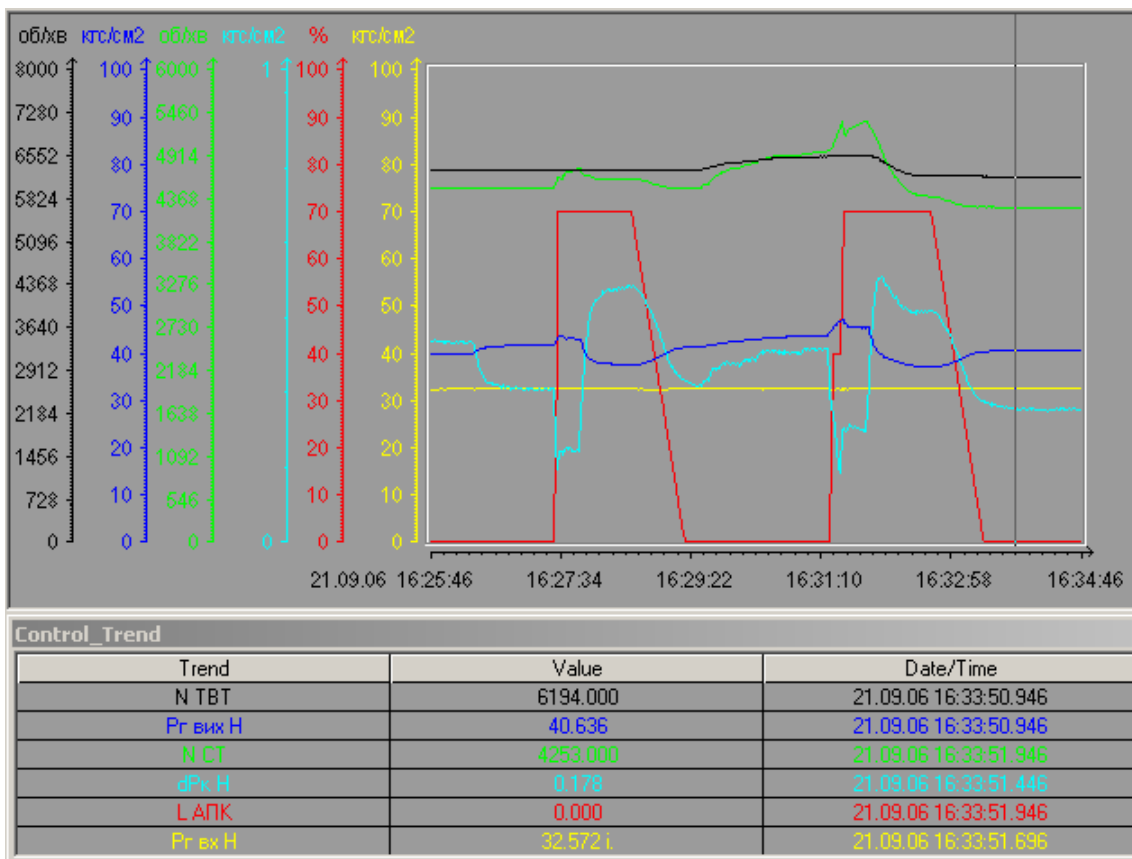


Рисунок 3 — Приклад дискретного антипомпажного регулювання

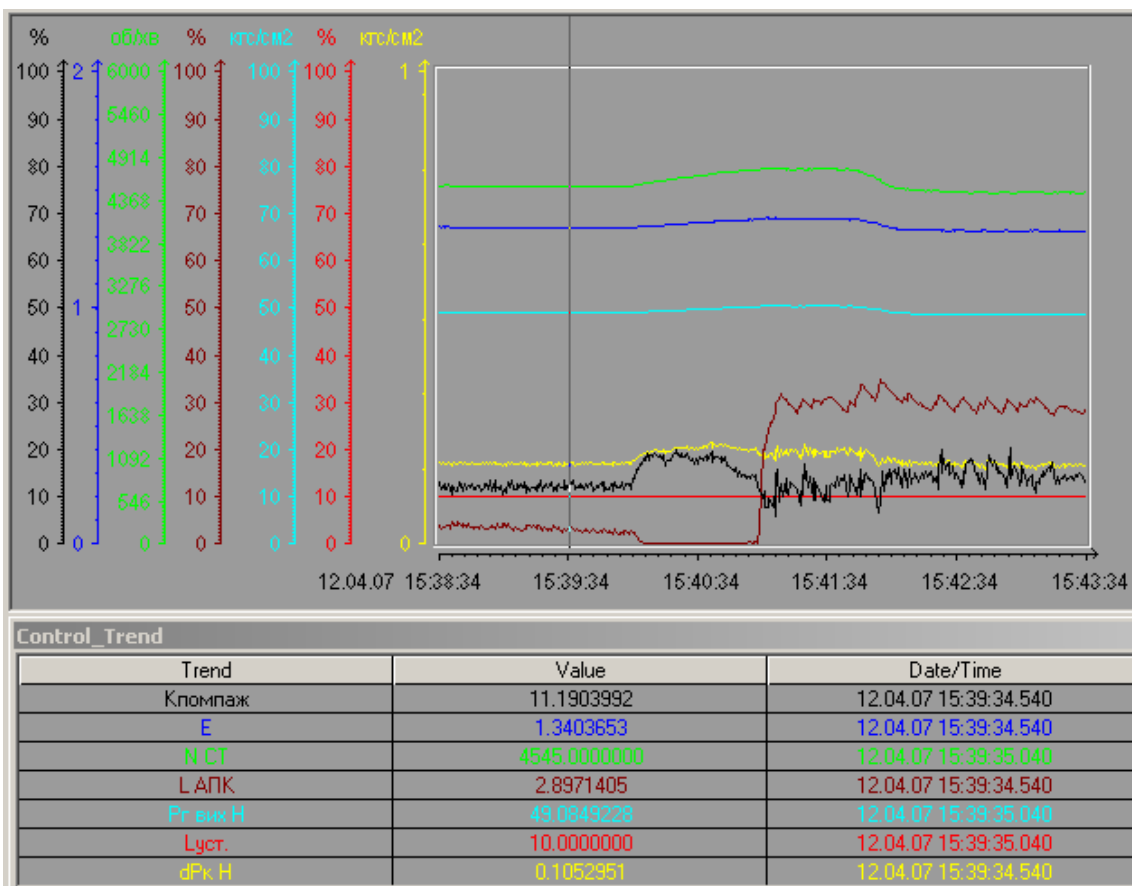


Рисунок 4 — Приклад аналогового антипомпажного регулювання за заданим наперед запасом по помпажу

Розроблено метод ефективного інтегрованого керування газоперекачувальними агрегатами докачуючої компресорної станції підземного сховища газу, який дає змогу підвищити ефективність використання газотурбінного привода на докачуючих компресорних станціях і покращити їх характеристики. Крім цього, збільшується ресурс привода, підвищується безпека, покращуються газодинамічні характеристики газоперекачувальних агрегатів і зменшується кількість експлуатаційних регулювань.

1 Халявко М.П. Нафтогазовий комплекс України. Напрямки реалізації основних положень енергетичної стратегії до 2030 року // Хімічна промисловість України. – 2007. – № 2. – С.3-10.

2 Трегуб В.Г. Основи комп'ютерно-інтегрованого керування (інтегровані автоматизовані системи керування): Навч. посіб. – К.: НУХТ, 2005. – 191 с.

3 Продовиков С., Макаров А., Бунин В., Черников А. Опыт автоматизации сложных промышленных объектов на примере компрессорных станций. Системная интеграция // Нефтегазовая промышленность. – 1999. – № 2. – С.16-25.

4 Пат. 52128А Україна. Спосіб захисту компресора від помпажу / Гіренко С.Г., Спіченко Ю.М., Бобков В.Ю. – № 2002021583; Заявл. 26.022002. Опубл.16.12.2002; Бюл.№12.– 3 с.

УДК 621.438:622

ДІАГНОСТИКА СТАНУ ГАЗОПЕРЕКАЧУВАЛЬНИХ АГРЕГАТІВ В УМОВАХ КОМПРЕСОРНИХ СТАНЦІЙ

¹Р.М.Говдяк, ²В.Я.Грудз

¹ ВАТ “Укргазпроект”, 04050, м. Київ, вул. Артема, 77,
тел. (044) 2447250, факс (044) 2447227, e-mail: ukrpro@i.kiev.ua

² ІФНТУНГ, 76019, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15, тел. (03422) 46067
e-mail: public@nung.edu.ua

Приведена методика определения остаточного ресурса газоперекачивающего агрегата по результатам его диагностики в условиях компрессорной станции

Here proposed methods of finding the final resources of gas-pumping aggregates by the results of its diagnosing on the compressor station.

Сучасні методи діагностики дають змогу визначити технічний стан складних енергетичних систем, таких як обладнання компресорних станцій та їх елементи. Оцінка технічного стану обладнання, у свою чергу, дає можливість прогнозувати залишковий ресурс агрегатів у процесі їх експлуатації.

Вирішення основного завдання експлуатаційного діагностування газоперекачувальних агрегатів, визначення їх працездатності та якості функціонування може бути втілене на основі аналізу параметрів, які характеризують працездатність агрегатів.

Запропонований метод прогнозування залишкового ресурсу устаткування ґрунтується на спостереженні в процесі експлуатації, а також на узагальненні низки статистичних параметрів експлуатації, відхилення яких можуть порушити встановлені норми експлуатації компресорної станції.

Результати вимірювань параметрів кожного агрегату використовують для побудови серед-

ньої кривої вимірювального параметра групи агрегатів залежно від напрацювання кожного з них. Отримані ламані криві характеру зміни вимірюваного параметра кожної машини можна виправити збільшенням періодичності вимірювань діагностичного параметра і будувати середню криву для групи досліджуваних агрегатів.

Зміна середньої кривої вимірюваного параметра в часі буде мати вигляд функції

$$P = S(a_1, a_2, \dots, a_n, t), \quad (1)$$

де: a_1, \dots, a_n – коефіцієнти моделі для кожного агрегату; t – напрацювання агрегату, год.

Критичне значення напрацювання пропонується визначити так. Для кожного агрегату встановлено критичне значення параметра або заводом-виробником, або досвідом експлуатації. Це означає, що кожний параметр має своє допустиме значення, яке відповідає нормальній роботі.