

# Енергетика, контроль та діагностика об'єктів нафтогазового комплексу

УДК 681.513.52:622.691.4

## ІДЕНТИФІКАЦІЯ ВИТРАТНО-НАПІРНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ВІДЦЕНТРОВИХ НАГНІТАЧІВ ДЛЯ ЗАДАЧ АНТИПОМПАЖНОГО РЕГУЛЮВАННЯ

<sup>1</sup>Ю.Є. Бляут, <sup>2</sup>Л.І.Давиденко, <sup>2</sup>А.І.Лагойда, <sup>2</sup>Г.Н.Семенцов

<sup>1</sup> Філія УМГ «Львівтрансгаз» ДК «Укртрансгаз», 78001, м. Львів, вул. Рубчака, 3, тел. (0322) 633233, e-mail: documents@ltg.lviv.ua

<sup>2</sup>ІФНТУНГ, 76019, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15, тел. (03422) 46067, e-mail: kafatp@ukr.net

Робота присвячена питанню автоматичної ідентифікації витратно-напірних характеристик відцентрових нагнітачів газоперекачувальних агрегатів дотискувальних компресорних станцій підземних сховищ газу. Проведено класифікацію способів ідентифікації витратно-напірних характеристик відцентрових нагнітачів з газотурбінним приводом. Теоретично досліджено зв'язок ступеня підвищення тиску газу на виході відцентрового нагнітача з масовою витратою газу, що зумовлено зміною режиму роботи газоперекачувального агрегату. Визначено частотні характеристики та функцію передачі відцентрового нагнітача. Отримано вираз залежності ступеня підвищення тиску газу від масової витрати газу, який використано для автоматичної ідентифікації витратно-напірних характеристик газоперекачувального агрегату. Досліджено вплив кроку дискретизації інформативних параметрів на час перехідного процесу системи автоматичного керування газоперекачувальним агрегатом. Розроблено новий метод автоматичної ідентифікації витратно-напірних характеристик відцентрового нагнітача газоперекачувального агрегату з газотурбінним приводом, який реалізовано на базі удосконаленої методики визначення його витратно-напірних характеристик. Удосконалено загальну структуру системи автоматичного керування газоперекачувальним агрегатом і програмне забезпечення підсистеми автоматичної ідентифікації витратно-напірних характеристик відцентрових нагнітачів дотискувальної компресорної станції, які прийняті в промислову експлуатацію на ДКС «Більче-Волиця» і «Дашава» філії УМГ «Львівтрансгаз».

Ключові слова: відцентровий нагнітач, кореляційний аналіз, витратно-напірні характеристики, автоматична ідентифікація, функція передачі, система автоматичного керування.

Робота посвящена вопросам автоматической идентификации расходно-напорных характеристик центробежных нагнетателей газоперекачивающих агрегатов дожимных компрессорных станций подземных хранилищ газа. Опыт эксплуатации дожимных компрессорных станций подземных хранилищ газа показал, что традиционная идентификация расходно-напорных характеристик газоперекачивающих агрегатов с газотурбинным приводом осуществляется на основе обработки паспортных данных или фактических характеристик центробежных нагнетателей газоперекачивающих агрегатов. При решении этой задачи имеет место неопределенность в априорной информации, которая может ухудшить оценки или они вообще могут потерять смысл. Обоснована и доказана целесообразность разработки универсального способа и системы автоматической идентификации расходно-напорных характеристик для однотипных центробежных нагнетателей не зависимо от типа авиационного газотурбинного привода. Предложен новый метод автоматической идентификации расходно-напорных характеристик центробежного нагнетателя газоперекачивающего агрегата как объекта управления, который реализован на основе усовершенствованной методики определения его расходно-напорных характеристик. Определена передаточная функция центробежного нагнетателя, его дифференциальное уравнение, которое использовали для решения задачи автоматической идентификации помпажных характеристик. Усовершенствована общая структура системы автоматического управления газоперекачивающим агрегатом и программное обеспечение

подсистемы автоматической идентификации расходно-напорных характеристик центробежных нагнетателей дожимной компрессорной станции. Разработанная система автоматической идентификации принята в промышленную эксплуатацию на дожимных компрессорных станциях «Бильче-Волиця» и «Дашава» филиала УМГ «Львовтрансгаз».

Ключевые слова: центробежный нагнетатель, корреляционный анализ, расходно-напорные характеристики, автоматическая идентификация, передаточная функция, система автоматического управления.

*Paper deals with the issue of the automatic identification of the surgin characteristics of centrifugal superchargers for gas-compressor units of booster compressor station in the underground gas storage facilities. The identification methods of the surgin characteristics for centrifugal superchargers equipped with the gas turbine drive have been determined. The dependence of gas pressure ratio of the centrifugal supercharger on gas mass flux caused by change of the gas-compressor unit operating mode has been analyzed theoretically. The frequency curves and transfer function of the centrifugal supercharger have been determined. Formula of gas pressure ratio dependence on gas mass flux was obtained and used for automatic identification of the surgin characteristics of the gas-compressor unit. Influence of sampling rate of the gas-compressor unit information-bearing parameters was studied. The unshocked non-destructive method of the automatic identification of the surgin characteristics for the centrifugal supercharger with the gas turbine drive has been developed and implemented based on improved techniques for determining its flow and head-capacity characteristics. The general structure of the automatic control system by means of the gas-compressor unit was improved and together with subsystem software of the automatic identification of the surgin characteristics for centrifugal superchargers of the boosting compressor station was brought into pilot production at BCS "Bilche-Volytsia" and "Dashava" branch of PLD "Lvivtransgas".*

Keywords: centrifugal supercharger, gas-compressor unit, correlation analysis, gas pressure ratio, gas mass flow, surgin characteristics, automatic identification, transfer function, automatic control system.

**Вступ.** Автоматична ідентифікація витратно-напірних характеристик газоперекачувальних агрегатів (ГПА) є підзадачею загальної проблеми оптимального керування компресорними станціями (КС), зокрема дотискувальними компресорними станціями (ДКС) підземних сховищ газу (ПСГ), які повинні забезпечувати високу надійність функціонування єдиної системи газопостачання України.

Аналіз статистики відмов за останні вісім років довів, що значну частину відмов обладнання ДКС ПСГ складають аварійні зупинки, спричинені безпосередньо явищами помпажу. Тому на ДКС ПСГ ДК «Укртрансгаз» гостро стоїть проблема захисту ГПА від помпажу. Традиційно ідентифікація помпажних характеристик ГПА як задача отримання оптимальних в сенсі вибраного критерію оцінок векторів стану ГПА здійснюється на основі обробки паспортних даних або фактичних характеристик відцентрових нагнітачів (ВН) ГПА. Проте, під час вирішення цієї задачі має місце невизначеність в апріорній інформації, яка може погіршити оцінки, або вони можуть навіть втратити сенс.

Існуючі алгоритми ідентифікації, що мають доведену збіжність, вимагають або розширення вектора стану ГПА за рахунок включення в нього невідомих значень елементів матриці завад, або застосування алгоритмів стохастичної апроксимації, які суттєво залежать від розмірності схеми, або взагалі стають непридатними в реальних умовах внаслідок великої розмірності коваріаційної матриці завад, недостатньої кількості інформації та ін. Застосування розширеного вектору стану в алгоритмах першого типу веде практично до подвоєння розмірності вектора стану ГПА. Алгоритми стохастичної апроксимації мають недостатню збіжність. При цьому із збільшенням розмірності матриці завад швидкість їх збіжності значно зменшується. Отже на даний час актуальною науково-прикладною задачею є розроблення і

застосування нового методу та алгоритму автоматичної ідентифікації витратно-напірних характеристик ГПА, який був би вільним від вказаних вище недоліків.

**Постановка завдання.** Метою даної роботи є підвищення ефективності автоматичного антипомпажного керування газоперекачувальними агрегатами дотискувальних компресорних станцій підземних сховищ газу шляхом застосування методу та засобів автоматичної ідентифікації витратно-напірних характеристик однотипних відцентрових нагнітачів при дотриманні встановлених обмежень незалежно від типу авіаційного газотурбінного привода, який встановлюється для приведення їх у дію.

Об'єктом дослідження є явище помпажу у відцентрових нагнітачах газоперекачувальних агрегатів з газотурбінним приводом, що функціонують на дотискувальних компресорних станціях підземних сховищ газу, яке призводить до істотних економічних втрат.

Предметом дослідження є моделі і методи ідентифікації витратно-напірних характеристик відцентрових нагнітачів газоперекачувальних агрегатів з газотурбінним приводом.

Проведений аналіз методів і сучасних технічних засобів ідентифікації витратно-напірних характеристик ВН ГПА з газотурбінним приводом дозволив зробити висновок, що досліджуваний об'єкт є нелінійним об'єктом керування, для якого реалізація комплексної програми автоматизації пов'язана з вирішенням важливого завдання синтезу систем автоматичної ідентифікації витратно-напірних характеристик відцентрових нагнітачів, що дозволяє покращити ефективність компримування природного газу і зменшити кількість позапланових ремонтів обладнання, викликаних виникненням помпажних явищ в нагнітачах, що у результаті дасть значну економію пускового, паливного та стравлюваного у результаті аварійної зупинки газу.

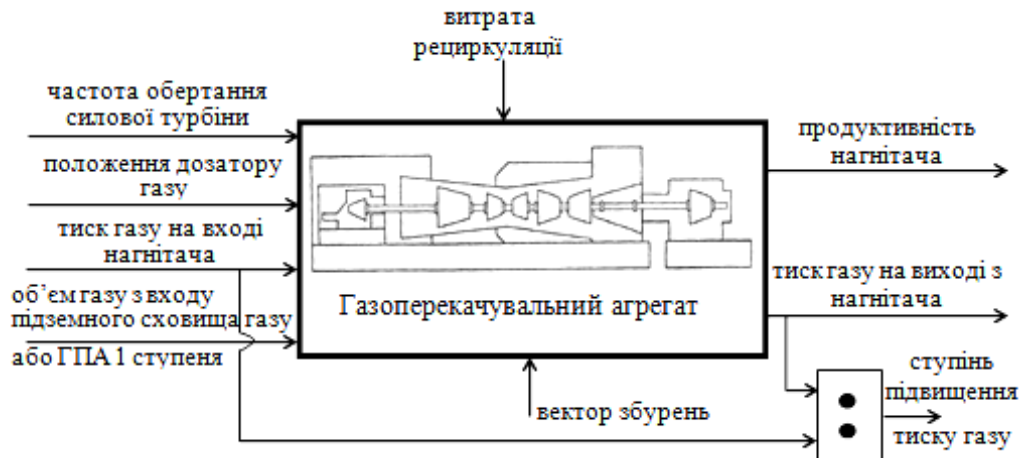


Рисунок 1 – Структурна схема ГПА як об'єкта керування

Аналітичний огляд робіт вітчизняних і закордонних вчених Ю.Д.Акульшина, Г.О.Бикова, О.В.Олександрова, Р.О.Баллока, В.Г.Веселовського, О.В.Городецького, С.Г.Гіренка, Р.І.Ізмайлова, В.В.Казакевича, К.П.Селєзньова, А.Д.Тевяшева, I.R.Baher, T.Downer, E.O.King, I.F.Kuhlberg, H.Pearson, D.E.Sherrard та ін., пов'язаних з проблемами антипомпажного регулювання й ідентифікацією витратно-напірних характеристик ВН ГПА, показав, що у розробках і промислових реалізаціях САК ГПА в Україні досягнуто нові позитивні результати. Проте, проблеми автоматичної ідентифікації реальних витратно-напірних характеристик ВН ГПА практично не досліджувалися і не отримали відповідної промислової реалізації.

Аналіз технологічних особливостей процесу компримування газу на ДКС ПСГ УМГ «Львівтрансгаз» [1, 2, 3] дозволив визначити, що САК ГПА повинна вирішувати завдання автоматичної ідентифікації витратно-напірних характеристик ВН ГПА з газотурбінним приводом. При цьому інформація про витратно-напірні характеристики має бути доступною усім локальним підсистемам САК ГПА. Показано, що однією із причин, які викликають необхідність створення підсистем автоматичної ідентифікації реальних витратно-напірних характеристик ВН, є неоднорідність характеристик однотипних ВН, відсутність адекватного математичного опису витратно-напірних характеристик через специфічні особливості процесу компримування: нелінійність об'єкта керування, безперервність процесу компримування, наявність суттєвих шумів у вимірювальних каналах та ін. Проведений аналіз дозволив зробити аргументовані висновки, що задача автоматичної ідентифікації витратно-напірних характеристик ВН ГПА може бути вирішена шляхом застосування методів кореляційного аналізу і обробки сигналів у реальному часі на базі комп'ютерно-інтегрованих технологій.

Оскільки процес компримування природного газу залежить від великої кількості взаємозв'язаних вхідних величини – керувальних дій та зовнішніх впливів, структурну схему

ГПА ДКС ПСГ як об'єкта керування розглядали у відповідності до поставлених задач (рис.1).

Структурна схема побудована відповідно до технологічних вимог, які розроблені ДК «Укртрансгаз». При побудові математичної моделі ВН було враховано, що стан ГПА в кожний момент часу  $t$  з певною точністю можна охарактеризувати компонентами вектора вихідних змінних:

$$\bar{x}^T(t) = (Q_{\text{пр}}(t), E(t), P_{\text{вих}}(t)), \quad (1)$$

де  $Q_{\text{пр}}(t)$  – продуктивність нагнітача;  
 $E(t)$  – ступінь підвищення тиску газу;  
 $P_{\text{вих}}(t)$  – тиск газу на виході нагнітача.

Процес функціонування ГПА запропоновано розглядати як послідовну зміну його станів. При переході від одного миттєвого стану до іншого значення  $Q_{\text{пр}}(t)$ ,  $E(t)$ ,  $P_{\text{вих}}(t)$  змінюються, тобто є функціями стану та часу і їх можна назвати характеристиками стану об'єкта. На ГПА впливає велика кількість зовнішніх впливів, але далеко не всі вони суттєві. З множини зовнішніх впливів відібрали лише ті, які для розв'язуваної задачі ідентифікації є найбільш суттєвими. Це, в першу чергу, керувальні дії

$$\bar{u}^T(t) = (Q_{\text{вх}}(t), N_{\text{ст}}(t), P_{\text{вх}}(t)), \quad (2)$$

де  $Q_{\text{вх}}(t)$  – об'єм газу на вході нагнітача;  
 $N_{\text{ст}}(t)$  – частота обертання силової турбіни;  
 $P_{\text{вх}}(t)$  – тиск газу на вході нагнітача.

Окрім того, об'єкт характеризується також деякою кількістю постійних величин  $\bar{z}(t)$ :

$$\bar{z}^T(t) = (z_{\text{завд}}(t), \text{полож. ДГ}),$$

де  $z_{\text{завд}}(t)$  – задана оператором частота обертання ротора нагнітача;

полож. ДГ – положення дозатора газу, та вектором збурень  $\bar{f}(t)$ , від яких залежать характеристики стану ГПА.

Внаслідок дії таких збурень як технічний стан нагнітача, хімічний склад реального транспортованого газу, температура навколишнього середовища, атмосферний тиск та ін., вхідні і вихідні параметри ГПА змінюються в часі (рис. 2).

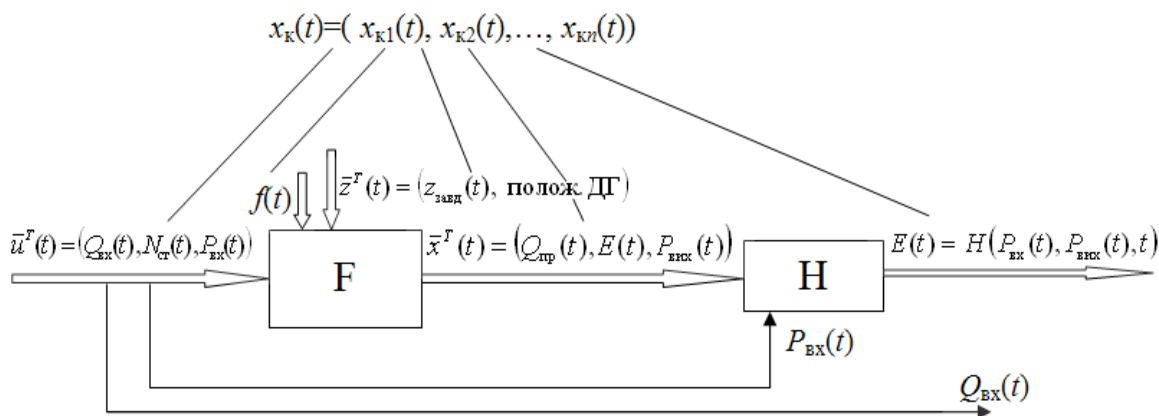


Рисунок 2 – Функціональна схема моделі ГПА як об'єкта автоматичної ідентифікації

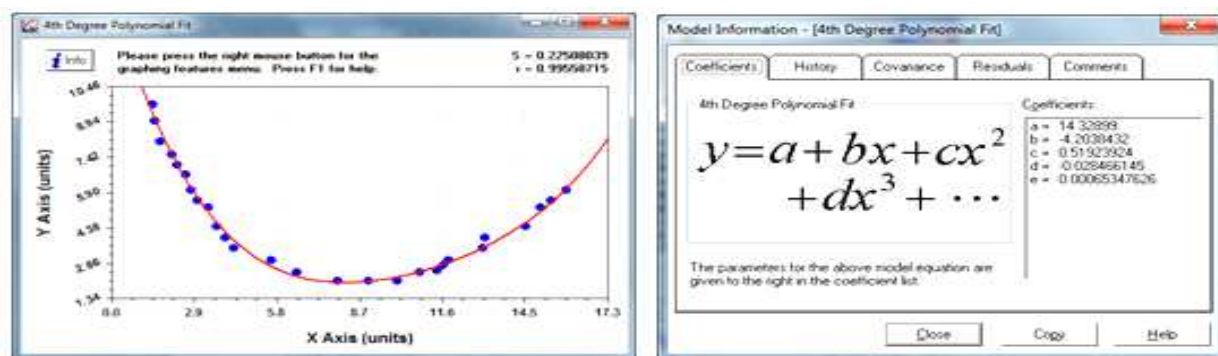


Рисунок 3 – Графік залежності часу перехідного процесу  $t_p$  від кроку дискретизації  $\Delta t$

Отже, кожна із вхідних величин є функцією керувальних дій  $\bar{u}^T(t)$  і зовнішніх впливів  $\bar{z}(t)$  та  $\bar{f}(t)$ :

$$\bar{x}_i(t) = F_i(\bar{u}(t), \bar{z}(t), \bar{f}(t)), \quad i = 1, 2, \dots, n, \quad (3)$$

де  $n$  – кількість вихідних величин.

Вплив ГПА на антипомпажний клапан характеризується значенням вихідної величини  $E$ , тобто ступенем підвищення тиску газу. Вона визначається через параметри стану  $P_{\text{вих}}(t)$  та вхідний вплив  $P_{\text{вх}}(t)$ :

$$E(t) = H(P_{\text{вх}}(t), P_{\text{вих}}(t), t). \quad (4)$$

Необхідність введення до розгляду цього параметру виникає у зв'язку з необхідністю ідентифікації витратно-напірних характеристик ГПА, які функціонально зв'язані зі станом ГПА. Отже, параметри стану ГПА  $\bar{x}^T(t)$  і керувальні дії  $\bar{u}^T(t)$  є найбільш універсальними характеристиками ГПА. Оскільки, принципове вирішення задачі антипомпажного регулювання і захисту може бути здійснене не тільки шляхом виявлення коливань у проточній частині ВН, але й застосуванням швидкодіючих антипомпажних клапанів з системою випереджувального антипомпажного регулювання, що складається з малоінерційних ланок з оптимальним періодом дискретизації сигналів, тому розглянуто вплив кроку дискретизації на час перехідного процесу системи автоматичної ідентифікації витратно-напірних характеристик ВН ГПА [3]. Графік залежності часу перехідно-

го процесу від кроку дискретизації наведено на рис. 3.

Рівняння, що описує цю залежність, наступне:

$$t_p = 14.3289 - 4.2038\Delta t + 0.5192 \Delta t^2 - 0.0284 \Delta t^3 + 0.00065\Delta t^4. \quad (5)$$

Встановлено (рис. 3), що час регулювання має мінімум, коли крок дискретизації  $\Delta t \approx 7$  мс. Отже, вибір оптимального кроку дискретизації дозволяє зменшити час перехідного процесу системи автоматичної ідентифікації витратно-напірних характеристик газоперекачувального агрегату ДКС ПСГ [1].

Запропоновано ідентифікацію помпажної характеристики відцентрового нагнітача ГПА здійснювати за умов експлуатації (рис. 4.) у структурі САК ГПА.

Показано, що важливим інструментальним засобом рішення цієї ітеративної задачі є діалогове програмне забезпечення.

На основі результатів аналізу кореляційних функцій та спектральної густини ступеня підвищення тиску газу  $E(t)$  і масової витрати газу  $Q(t)$  визначено функцію передачі ВН:

$$W(p) = \frac{E(p)}{Q(p)} = \frac{7,668 \cdot 10^{-4} \cdot p + 0,619}{4,099 \cdot 10^{-5} \cdot p^2 + 1,526 \cdot 10^{-2} \cdot p + 1,358} \quad (6)$$

Для аналізу основних характеристик ВН на базі функції передачі (6) скористались програмним пакетом MathCad і сформулювали функцію передачі у вигляді, зручному для досліджень  $tf$ .

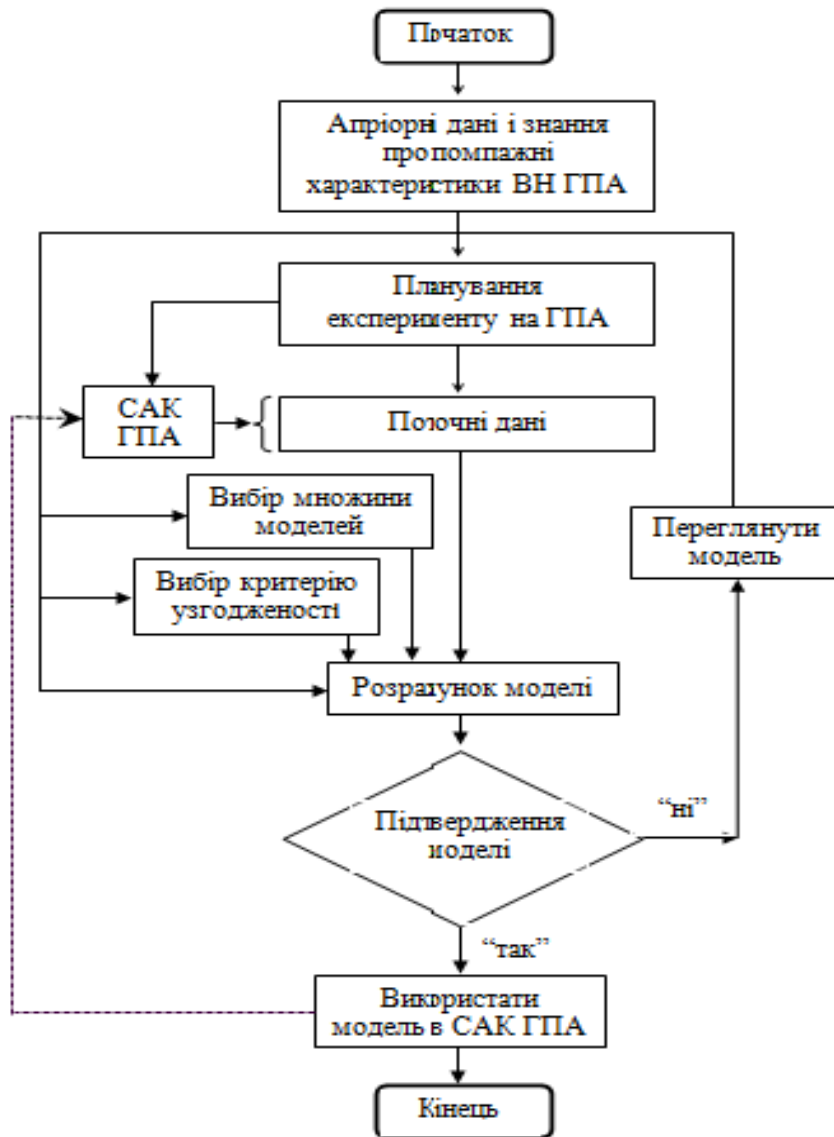


Рисунок 4 – Контур ідентифікації витратно-напірних характеристик ВН у структурі САК ГПА

За допомогою вбудованих функцій  $step(W)$  та  $impulse(W)$  визначили відповідно перехідну (рис. 5) й імпульсну перехідну (рис. 6) функції. На основі даних характеристик можна зробити висновки, що даний об'єкт є стійким, час перехідного процесу становить 0,04 с, перерегулювання відсутнє.

Застосовуючи функції  $fregs$  та  $nyquist$ , побудували відповідно АЧХ, ФЧХ та АФХ відцентрового нагнітача (рис. 7, 8, 9).

Для опису залежності  $E=f(Q_{np})$  досліджено 8 математичних моделей за допомогою методу комп'ютерного моделювання і програмного пакету Curve Expert-2.

Аналіз результатів засвідчив, що для опису усіх 7 витратно-напірних характеристик  $E=f(Q_{np})$  реального ВН найбільше підходить інформаційна модель 7<sup>th</sup> Degree Polinomial Fit, для якої коефіцієнти кореляції коливаються у межах  $\tau=0,9995\div 0,9998$ , а стандартна похибка  $S=0,0008-0,003$ .

З метою практичного використання моделі 7<sup>th</sup> Degree Polinomial Fit запропоновано спочатку для стабільного режиму роботи ВН визначити витрату за формулою:

$$Q = K_{\text{конф}} \sqrt{\Delta P_{\text{конф}} \cdot \rho^{-1}}, \quad (7)$$

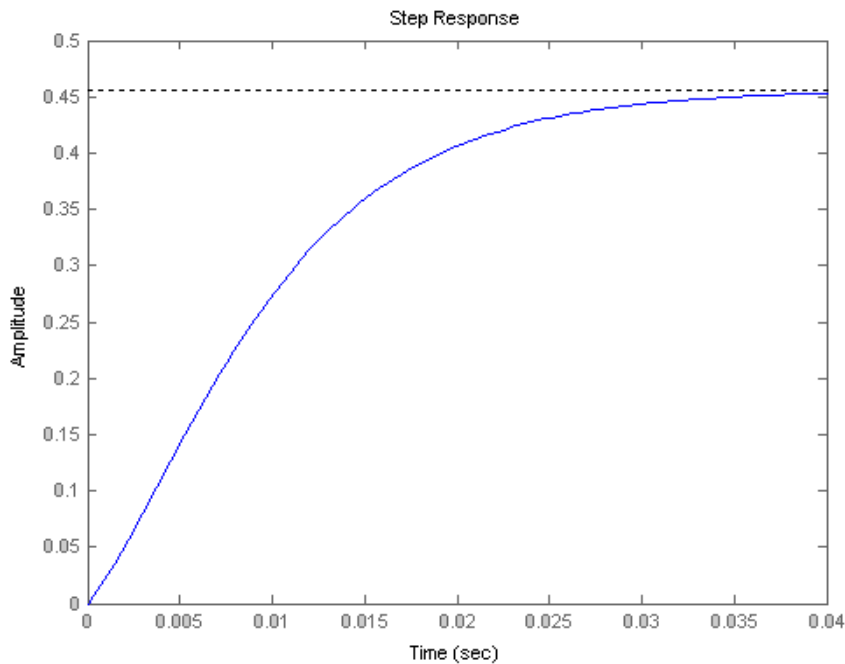
де  $Q$  – об'ємна витрата газу на вході ВН;  $K_{\text{конф}}$  – коефіцієнт витрати конфузора;  $\Delta P_{\text{конф}}$  – перепад тиску на конфузори;  $\rho$  – густина газу на вході ВН,

а потім обчислити приведену витрату  $Q_{np}$ .

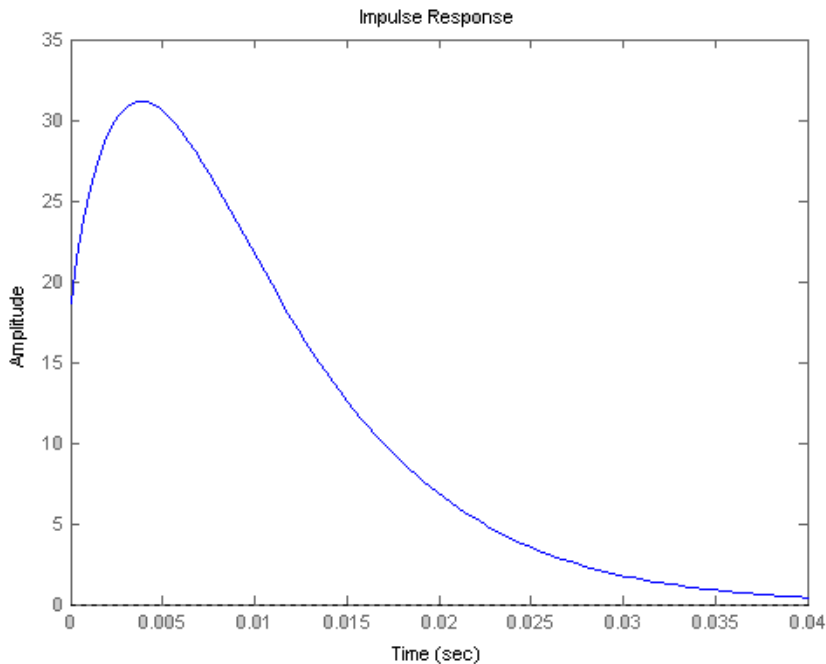
Далі за вимірними параметрами ГПА визначається приведена ступінь підвищення тиску  $E_{np}$ , яка відповідає наведеним параметрам газу за формулою:

$$E_{np} = E \left[ \left( \frac{n}{n_{\text{ном}}} \right)_{np} \right]^{-2}, \quad (8)$$

де  $(n/n_{\text{ном}})_{np}$  – приведена відносна частота обертання нагнітача.



**Рисунок 5 – Перехідна характеристика відцентрового нагнітача ГПА**



**Рисунок 6 – Імпульсна перехідна характеристика відцентрового нагнітача ГПА**

Далі складається система рівнянь, яка містить залежності приведенного ступеня підвищення тиску і приведеної витрати для кожного із  $n$  режимів роботи ГПА у вигляді поліномів 7-го порядку із невідомими коефіцієнтами:

$$E_{np1} = A + A_1 Q_{np1} + A_2 Q_{np1}^2 + A_3 Q_{np1}^3 + \dots + A_7 Q_{np1}^7,$$

$$E_{np2} = A + A_1 Q_{np2} + A_2 Q_{np2}^2 + A_3 Q_{np2}^3 + \dots + A_7 Q_{np2}^7,$$

$$E_{np3} = A + A_1 Q_{np3} + A_2 Q_{np3}^2 + A_3 Q_{np3}^3 + \dots + A_7 Q_{np3}^7,$$

..... (9)

$$E_{np7} = A + A_1 Q_{np7} + A_2 Q_{np7}^2 + A_3 Q_{np7}^3 + \dots + A_7 Q_{np7}^7.$$

У результаті розв'язання цієї системи рівнянь визначаються коефіцієнти  $A, A_1 \div A_7$  та після підстановки значень  $(n/n_{ном})_{пр.} = 1,1; 1,05; 1; 0,95; 0,9; 0,85; 0,8; 0,75; 0,7$  будуються криві реальних приведених характеристик ВН ГПА. Для автоматизації процесу ідентифікації приведених витрато-напірних характеристик ВН розроблено алгоритм програми побудови приведених характеристик.

Для практичної реалізації методу автоматичної ідентифікації витратно-напірних характеристик ВН ГПА розроблено програмне забезпечення, яке впроваджене в системах автоматичного керування ГПА дотискувальних компресорних станцій підземних сховищ газу

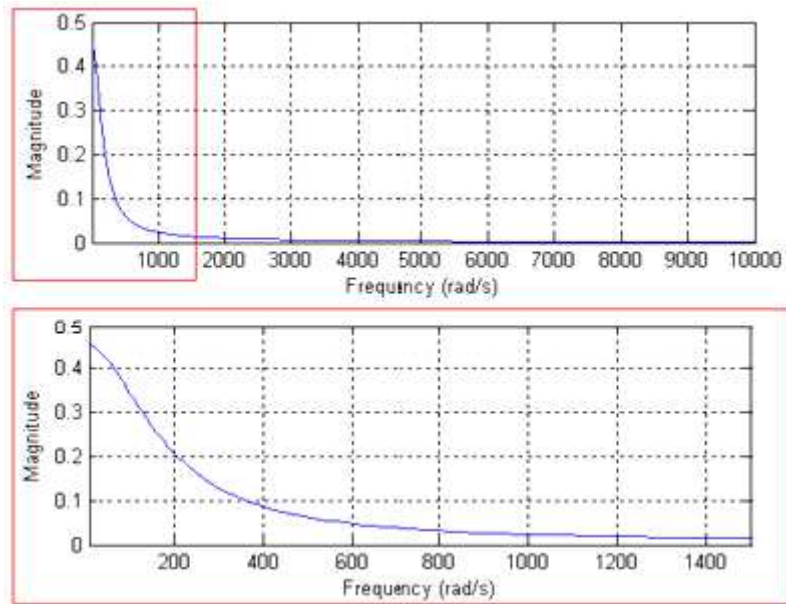


Рисунок 7 – Амплітудно-частотна характеристика ВН

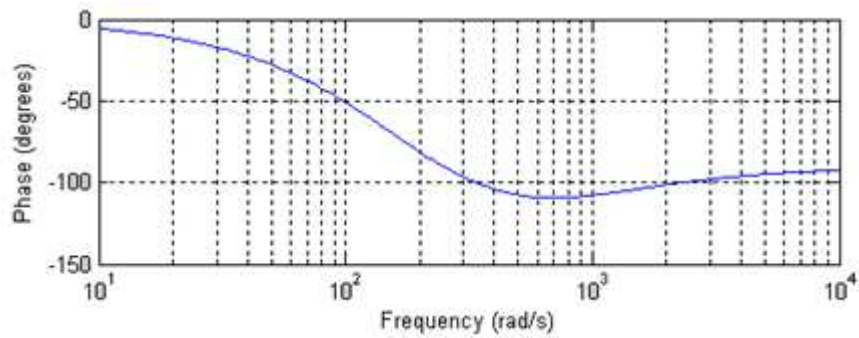


Рисунок 8 – Фазо-частотна характеристика ВН

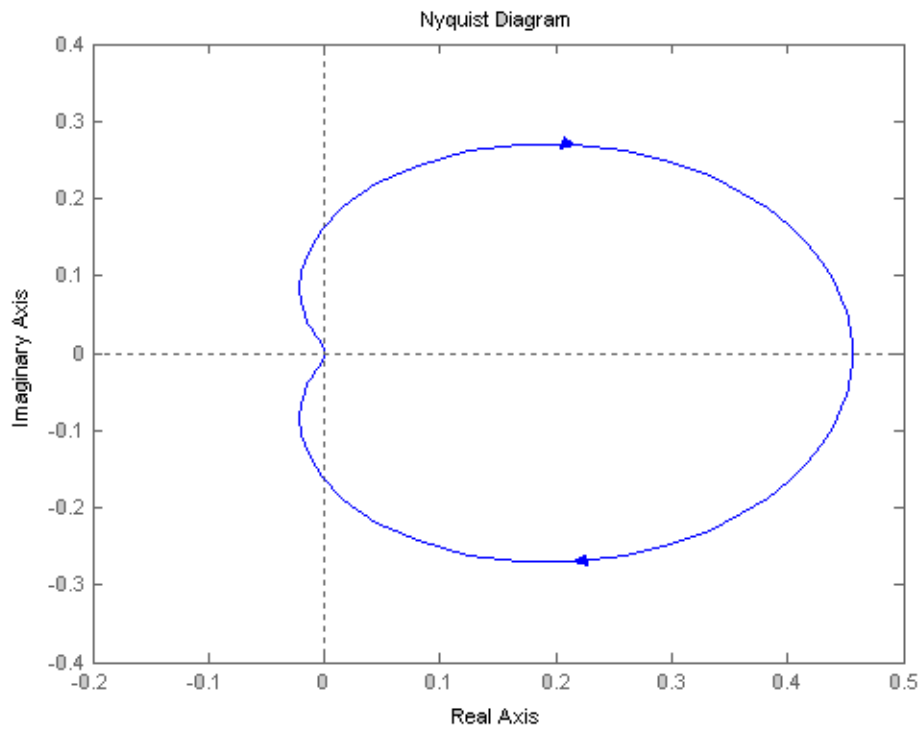


Рисунок 9 – Амплітудно-фазова характеристика ВН

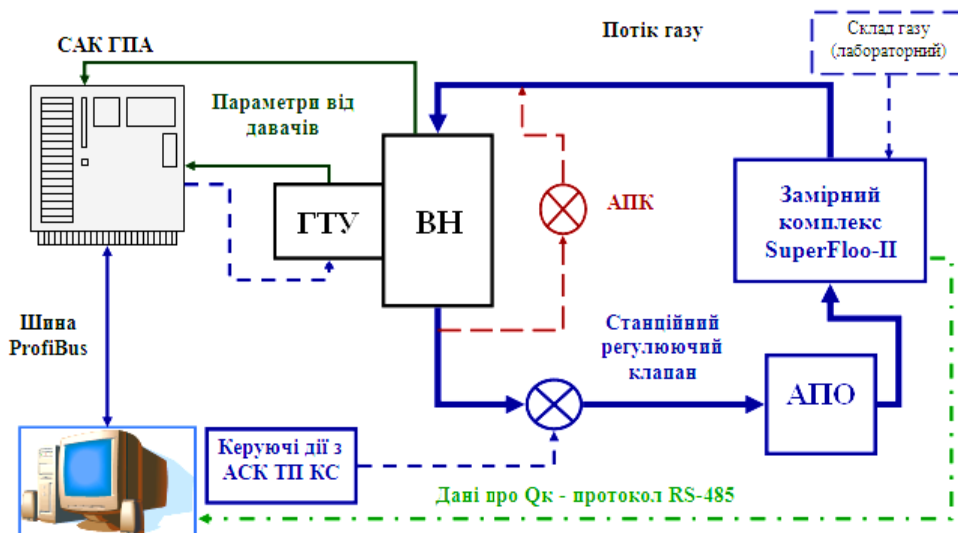


Рисунок 10 – Типова схема калібрування характеристики відцентрового нагнітача

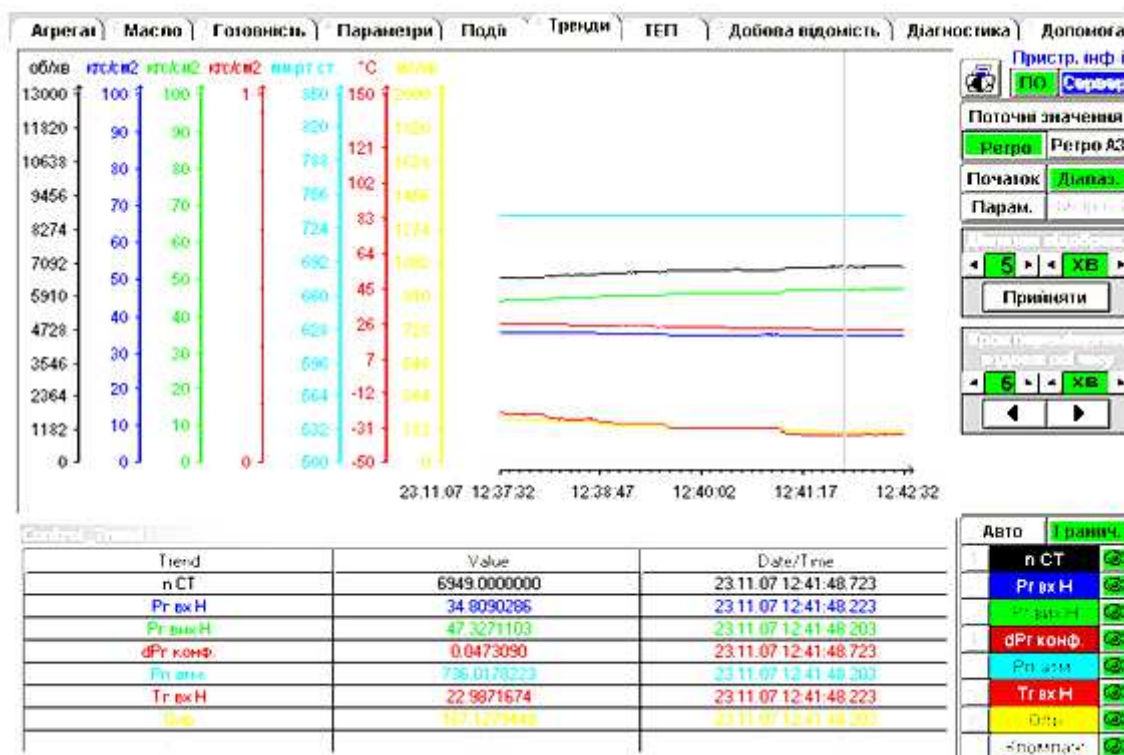


Рисунок 11 – Результати експерименту з калібрування нагнітача

«Більче-Волиця», «Опари-2» та «Дашава». Досвід експлуатації довів ефективність запропонованого методу.

Розроблена підсистема повністю інтегрована в САК ГПА типу “Siemens” виробництва ТОВ «Укргазтех» на базі процесорів S-7-400 та S-7-300. У результаті обробки вхідних параметрів, що поступають в САК ГПА, та проведення самостійних автоматичних обчислень система отримує всі необхідні дані для побудови робочої точки, що є відображенням поточного стану нагнітача та виконуваної ним транспортної роботи в режимі реального часу.

Оскільки режими реальної експлуатації доводять, що розрахунковий метод визначення

робочої точки не є абсолютно точним в зв'язку з індивідуальною характеристикою кожного конфузора, застосовуваного для вимірювань перепаду тиску газу на звужуючому пристрої нагнітача, та зношенням лопатевого апарату ВН, запропоновано [5] проведення калібрувального тесту із задіянням замірної ділянки компресорної станції, або роботи одного досліджуваного ГПА в магістральний газопровід з наявною на ньому замірною дільницею. Схему калібрування характеристики ВН наведено на рис.10. На графіках (рис. 11) показано результати експерименту з калібрування нагнітача типу ВН-6,3/56-1,44 ДКС «Опари-2». Параметр  $Q_{кр}$  – відповідає показнику витрати через нагні-



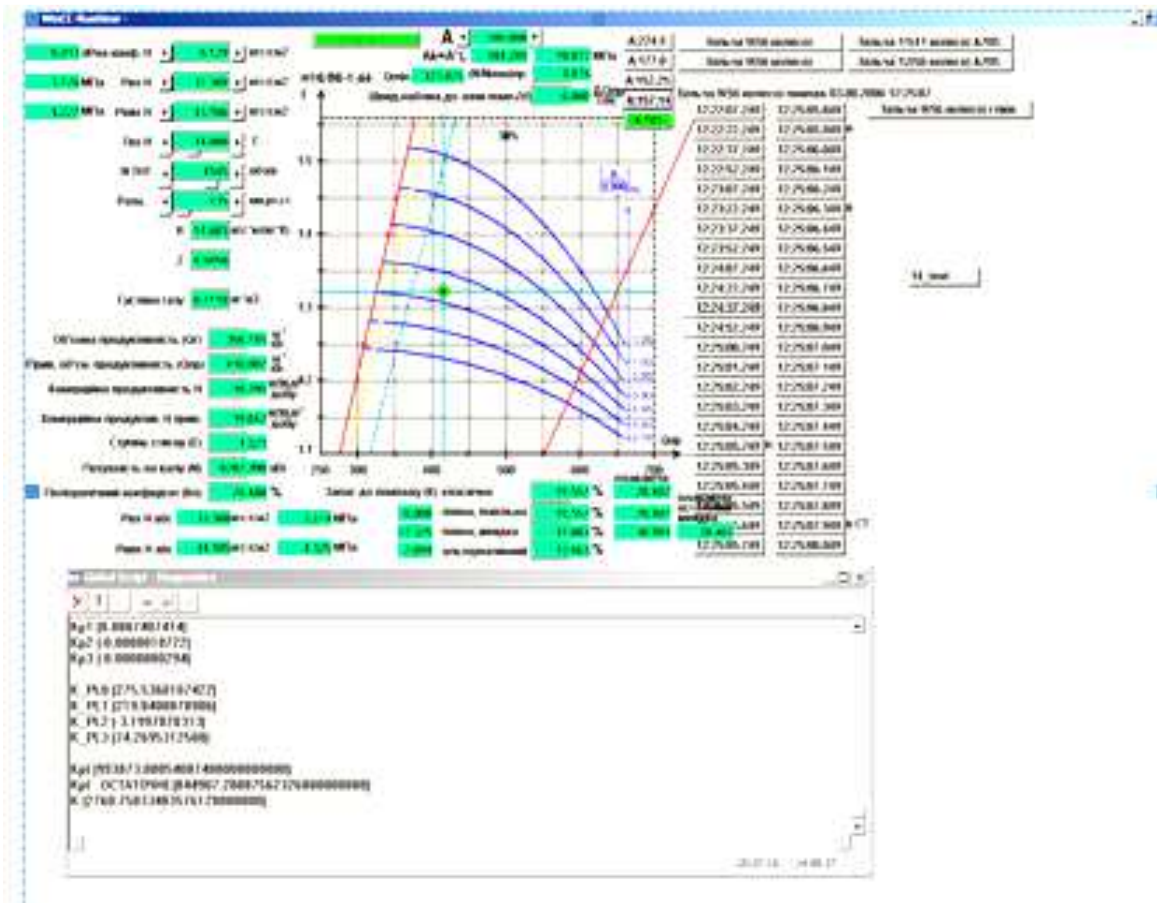


Рисунок 12 – Приклад роботи підсистеми автоматичної ідентифікації витратно-напірної характеристики. Режим роботи ГПА – нормальний

тач в момент перетину його з вертикальною лінією зрізу в моменти часу: 12год 39 хв. – 203м<sup>3</sup>/хв. та о 12 год 41хв – 167м<sup>3</sup>/хв. З наведених графіків також можна відслідкувати зміну швидкості обертання  $N_{ст}$  з 6750 до 6949 об/хв, а також інших параметрів ГПА.

У ході експерименту велося порівняння з показниками миттєвої витрати газу через замірну дільницю Опарського ВУПЗГ і було підтверджено правильність обчислень, що виконуються програмним забезпеченням для визначення робочої точки на графічній характеристиці відцентрового нагнітача.

Ефективність розробленого алгоритму виконання процедури калібрування витратно-напірних характеристики нагнітача ГПА в режимі on-line підтверджена результатами експериментальних досліджень [3]. Промисловими випробуваннями доведено також працездатність підсистеми автоматичної ідентифікації у складі САК ГПА на ГПА Ц-16 ст. № 9 ДКС «Більче-Волиця». В ході випробувань підтверджено відповідність підсистеми всім вимогам технічного завдання.

На рис. 12, 13 наведено результати досліджень підсистеми автоматичної ідентифікації витратно-напірних характеристик ВН ГПА.

Розроблений метод автоматичної ідентифікації витратно-напірних характеристик ВН ГПА довів свою ефективність для розв'язання задач ідентифікації реальних приведених ви-

тратно-напірних характеристик ВН в умовах експлуатації. Усі результати впроваджено та підтверджено актами впровадження.

**Висновки.** На основі встановленого зв'язку ступеня підвищення тиску газу з масовою витратою газу розроблено метод автоматичної ідентифікації реальних помпажних характеристик відцентрового нагнітача ГПА як об'єкта керування, який реалізовано на базі удосконаленої методики визначення його витратно-напірних характеристик. Він дозволяє підвищити точність регулювання нагнітача антипомпажним клапаном, веде до зниження аварійності при роботі в перехідних і передпомпажних режимах та забезпечує економію пускового та паливного газу.

Досліджено зв'язок кроку дискретизації інформаційних параметрів з часом перехідного процесу САК ГПА, що дало змогу вибрати оптимальний крок дискретизації та зменшити час перехідного процесу системи.

Отримано кореляційні функції масової витрати газу і ступеня підвищення тиску газу відцентрового нагнітача ГПА, що дало змогу визначити функцію передачі відцентрового нагнітача, його диференціальне рівняння та використати їх для розв'язання задач автоматичної ідентифікації помпажних характеристик.

Удосконалено загальну структуру САК ГПА і підсистему автоматичної ідентифікації

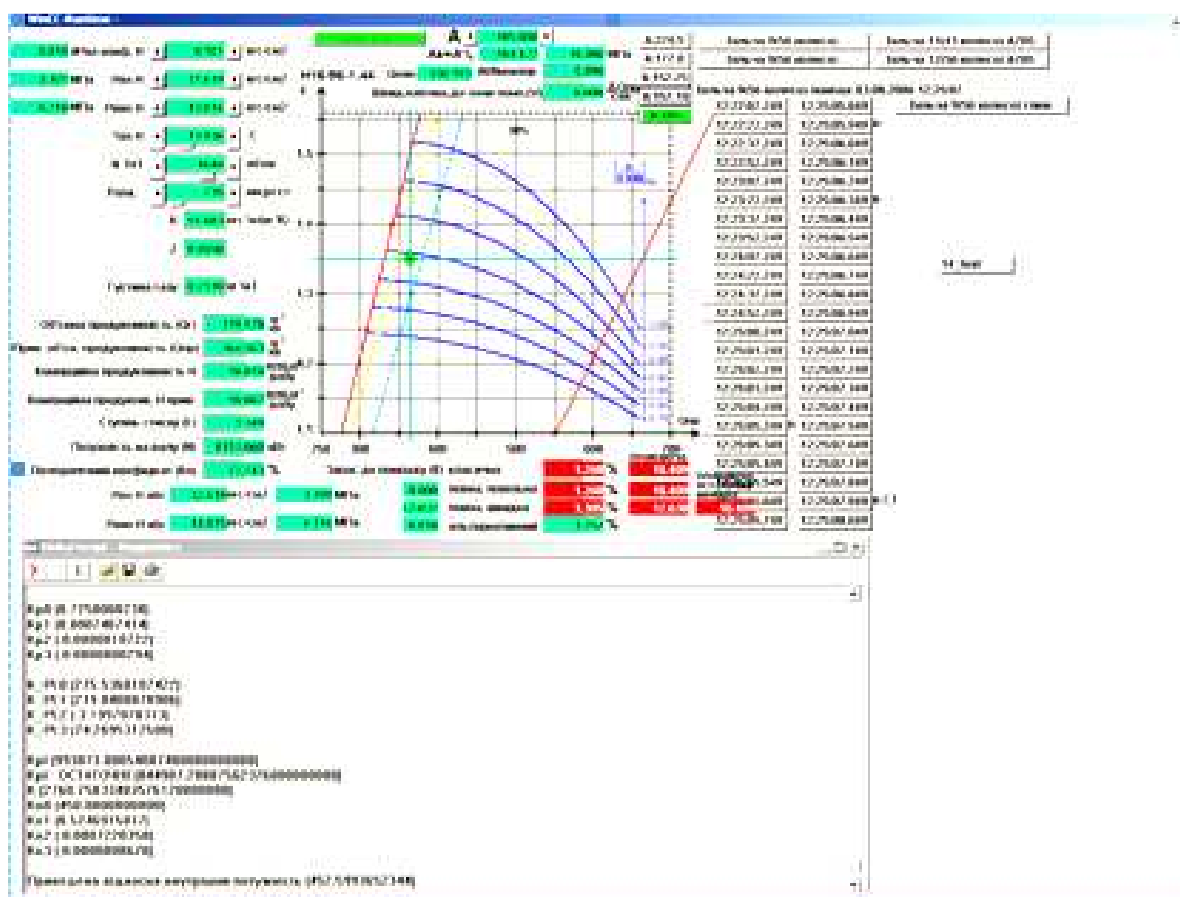


Рисунок 13 – Приклад роботи підсистеми автоматичної ідентифікації витратно-напірної характеристики. Режим роботи ГПА – передпомпажний

помпажних характеристик відцентрових нагнітачів, яка реалізує розроблений метод ідентифікації і побудови помпажних характеристик в реальному часі шляхом контролю масової витрати і ступеня підвищення тиску газу. Це дало змогу забезпечити підвищення надійності експлуатації ГПА компресорної станції в цілому, розширення можливої зони роботи відцентрових нагнітачів, а також прогнозувати реальну продуктивність кожного ГПА та зменшити кількість помпажів на ДКС.

### Література

1 Лагойда А.І. Аналіз динамічних властивостей відцентрового нагнітача ГПА з газотурбінним приводом як об'єкта керування / А.І.Лагойда, Ю.Є.Бляут, Є.М.Лесів, Г.Н.Семенцов // Нафтогазова енергетика. – №2(18). – 2012. – С.72-86.  
 2 Бляут Ю.Є. Аналіз впливу кроку дискретизації інформативних параметрів під час регулювання системи автоматичної ідентифікації помпажних характеристик / Ю.Є.Бляут // Нафтогазова енергетика. – 2009. – №1(10). – С.56-60.  
 3 Бляут Ю.Є. Система автоматичного керування агрегатом Ц-6,3 та метрологічне забезпечення її вимірювальних каналів / Ю.Є.Бляут // Нафтогазова енергетика. – 2010. – № 1(12). – С.46-49.

4 Бляут Ю.Є. Калібрування помпажної характеристики відцентрового нагнітача газоперекачувального агрегату (ГПА) в режимі on-line / Ю.Є.Бляут, Г.Н.Семенцов // Перспективные инновации в науке, образовании, производстве и транспорте'2011: научно-практическая конференция: сборник научных трудов. – Одесса, 2011. – С.3-6.

5 Бляут Ю.Є. Автоматизоване калібрування помпажної характеристики відцентрового нагнітача із задіянням вимірювального комплексу «SUPER FLOO-II» типу «FLOU WIN» або «FLOU HOST» / Ю.Є. Бляут, М.О.Петеш, Г.Н.Семенцов // Сучасні прилади, матеріали і технології для неруйнівного контролю і технічної діагностики машинобудівного і нафтогазово-промислового обладнання: VI міжнародна науково-технічна конференція: тези доповідей. – Івано-Франківськ, 2011. – С.259-263.

Стаття надійшла до редакційної колегії  
05.05.12

Рекомендована до друку  
професором **Горбійчуком М.І.**  
(ІФНТУНГ, м. Івано-Франківськ)  
канд. техн. наук **Мещеряковим Л.І.**  
(Дніпропетровський національний гірничий  
університет, м. Дніпропетровськ)