

Л.І. Мещеряков, канд. техн. наук, В.В. Яворська
(Україна, Дніпропетровськ, Національний гірничий університет)

ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНОЇ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ ДІАГНОСТУВАННЯ І КЕРУВАННЯ БУРИЛЬНИМИ УСТАНОВКАМИ

Концептуальний характер технологій енергетичної діагностики гірничих технологічних агрегатів (ГТА), що мають електромеханічну структуру, складається в розробці і практичній реалізації методів і способів виділення й оцінки інформативних параметрів технічного стану об'єкта, при його нормальному робочому режимі, тобто без зупинки і розбирання, за характеристиками енергоспоживання, які супроводжують технологічне функціонування кожної гірничої електромеханічної системи (ГЕМС). Актуальність проблеми діагностики обумовлена величиною ймовірності виникнення позаштатних порушень в електромеханічній системі ГТА, розвиток котрих веде як до порушення нормальних режимів функціонування, так і до передчасної втрати працездатності, виникнення і розвитку різного роду аварій [1, 2].

Звичайно, для визначення працездатності системи діагностування або ж її стану вводять у розгляд вектор структурних параметрів об'єкта чи його змінні стану $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$, де $x_i, i = 1, 2, \dots, n$ – відхилення i -го параметра технічного стану від його номінального значення. Поточний стан складного електромеханічного об'єкта діагностування прийнято оцінювати множиною n змінних стану x_i , що за час наробітку приводить до їх відмови.

Статистичний аналіз переліку відмов ГЕМС дає можливість визначення найбільш слабких структурних вузлів, що лімітують технічний ресурс використання агрегатів, а також виявлення множини підлеглих діагностуванню дефектів, обумовлених виходом того або іншого параметра (значення дисбалансів конусів дробарок і барабанів млинів, шпинделів бурильних верстатів, роторів привідних електродвигунів, привідних втулок обертачів, ступеня зносу породоруйнівних інструментів, величини зазорів у підшипникових опорах і т.д.) за границі припустимих меж.

Випадковість виникнення відмови або порушення працездатності системи, що діагностується, обумовлено цілком визначеними техніко-технологічними, фізичними і хімічними процесами, які протікають у машинах і механізмах, вузлах і деталях ГЕМС та мають у свою чергу випадковий характер. Ці процеси визначаються множиною внутрішніх і зовнішніх факторів q_i , до яких входять структура і принцип дії ГЕМС, оточуючі умови і режими їх роботи, матеріали і технологія виготовлення. Зобразивши комплекс внутрішніх і зовнішніх факторів у вигляді l -мірного вектора-стовпця $Q = \{q_1, q_2, \dots, q_l\}$, представимо і структурні параметри вузлів ГЕМС через оператор випадкового впливу H . Тоді, з огляду на ймовірнісний характер співвідношень між факторами незалежних

впливів $q_1(t)$ і структурних параметрів $x_k(t)$, вийде m -мірний векторний випадковий процес. Вигляд і оцінка оператора зв'язку H факторного простору Q і простору структурних параметрів X визначаються в задачах теорії надійності. Зміна протягом часу експлуатації вектора структурних параметрів X характеризує процес наближення технічного стану об'єкта діагностування до зони робочих границь, за якої і втрачається працездатність. Відповідно кожен вид несправностей v_k , $k=1,2,\dots,r$ можна визначити деяким набором параметрів технічного стану, що відображають відхилення структури системи від нормативної. При цьому будь-яке відхилення від норми параметрів функціонування і структури ГЕМС веде до зміни характеру взаємодії їхніх елементів і вузлів, машин і механізмів, а відповідно і до зміни процесів енергоспоживання, які супроводжують цю взаємодію. Вивчення фізичних процесів енергоспоживання, що супроводжують функціонування тих або інших ГЕМС, на етапі навчання автоматичної системи діагностування і дозволяє здійснити синтез множини діагностичних ознак $Z_i = \{z_1, z_2, \dots, z_n\}$, чутливих до зміни структурних параметрів. Надалі встановлюються описи розмежувальних класів, їхні умовні щільності розподілу ймовірностей значень ознак, тобто формується простір діагностичних ознак G . У цьому разі умови працездатності можуть розглядатися як обмеження на доступні для виміру енергетичні діагностичні ознаки z_i , які є визначеною функцією структурних параметрів x_k , $d_i < z_i = f(x_1, x_2, \dots, x_n) < c_i$, $i=1,2,\dots,n$.

При відсутності детермінованих визначень характеру зміни параметрів процесів енергоспоживання щодо відхилення структурних параметрів від норми зв'язок багатомірного ознакового простору з оцінюваним багатомірним простором структурних параметрів ГЕМС можливо описувати різними способами, наприклад, з використанням методів параметричного розпізнавання образів, множинних регресійного, кореляційного, дисперсійного, спектрального або факторного аналізів. Існування фактично обумовленої моделі енергоспоживання, що супроводжує виникнення і розвиток тих або інших аварій в ГЕМС, дозволяє для кожного окремого структурного параметра x_j , $j=1,2,\dots,n$ поставити у відповідність n -мірний вектор діагностичних ознак $Q_j = \{q_{1j}, q_{2j}, \dots, q_{kj}\}$, $j=1,2,\dots,k$, ортогональний усім іншим векторам. Це обумовлює зображення вимірюваних параметрів сигналів енергоспоживання в адаптивних ортогональних базисах, причому процес адаптації відбувається на етапі навчання синтезованої автоматичної системи діагностування.

Використання у ролі діагностичної інформації флуктуацій процесів енергоспоживання, безсумнівно, є одним з ефективних методів формування необхідних адаптивних базисів. Оцінити технічний стан ГЕМС при цьому можна і за градієнтом зміни довжини n -мірної діагностичної ознаки завдяки можливості декомпозиції складної коливальної системи на більш прості складові блоки

Навчання автоматичної системи діагностування і керування дозволяє виконати синтез множини діагностичних ознак $Z_i = \{z_1, z_2, \dots, z_n\}$, чутливих до

зміни структурних параметрів, і через аналітичне конструювання оптимальних регуляторів методом динамічного програмування, синтез квазіоптимальних регуляторів і дослідження їх стійкості.

Розроблений програмний комплекс дає можливість здійснити процес цифрового моделювання автоматичних систем діагностування і керування через вищезазначені методи. Він може бути використаний відносно будь-якої гірничої електромеханічної системи, а в прикладі наведено версію бурильної установки, як типової ГЕМС. Його базовий використовуваний інтерфейс і порядок роботи такий. Основне вікно програми при запуску має вигляд як на рис. 1. Головна форма містить меню з двох пунктів: *Файл* і *Помощь*. Меню *Файл* містить стандартні підменю: *Открыть F3*, *Сохранить F2*, *Печать* і *Выход*. Пункт меню *Справка* містить підменю – *Справка...* і *О программе*. При виборі підменю *Справка...* відкривається форма, що містить основну розрахункову інформацію про аналітичне конструювання оптимальних регуляторів методом динамічного програмування, синтез квазіоптимальних регуляторів і дослідження їх стійкості, а також питання самонастройки коефіцієнта підсилення квазіоптимального регулятора.

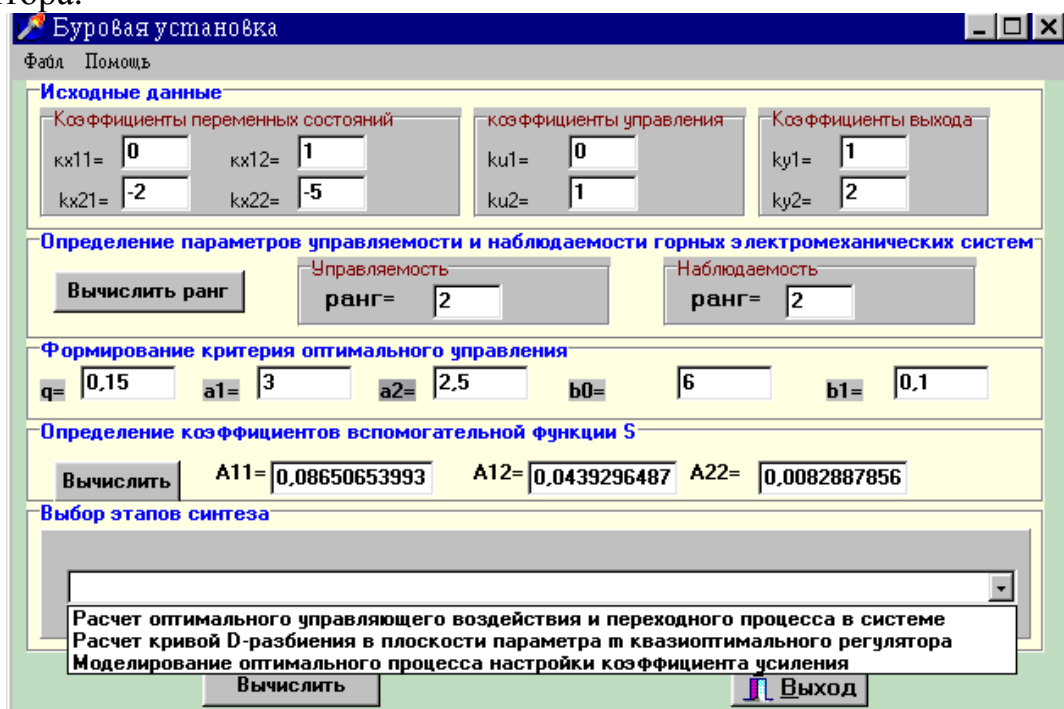


Рис. 1. Головна форма використовуваного інтерфейсу програми аналітичного конструювання оптимальних регуляторів бурильних установок методом динамічного програмування

Перша панель “*Исходные данные*” містить вхідні коефіцієнти з нормальної системи рівнянь у змінних стану розглядаємої бурильної установки. Їх можна задавати і редагувати, де $kx11$, $kx12$, $kx21$, $kx22$, $ku1$, $ku2$, $ky1$, $ky2$ – відповідно коефіцієнти при змінних стану $X1$, $X2$, керування U та виходу Y .

Панель “*Определение параметров управляемости и наблюдаемости горных электромеханических систем*” при використанні управляючого елемента *Вычислить ранг* призначена для аналітичного визначення параметрів спостережливості та керованості розглядаємої бурильної установки. Залежності від

знайденого ранга матриць спостережливості

$$H = \left[C^T : A^T C^T : (A^T)^2 C^T : \dots : (A^T)^{n-1} C^T \right]$$

та керованості

$$G = \left[B : AB : A^2 B : \dots : A^{n-1} B \right]$$

виводиться діалогове вікно (рис. 2) з повідомленням щодо спостережливості або керованості діагностуемого гірничого агрегату.

Панель “Формирование критерия оптимального управления” утримує строки вводу основних параметрів, які формують базово обраний інтегральний критерій оптимальності. Панель “Определение коэффициентов вспомогательной функции S ” служить для визначення коефіцієнтів допоміжної функції S у вигляді $S = A_{11}x_1^2 + A_{12}x_1x_2 + A_{22}x_2^2$

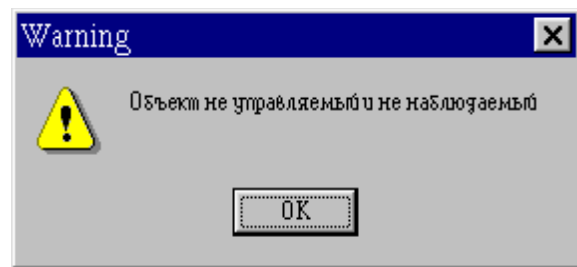
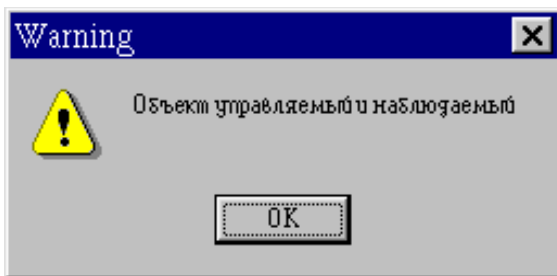
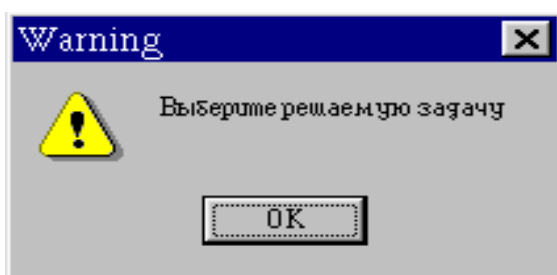


Рис. 2. Загальний вигляд діалогових вікон аналітичного визначення спостережливості та керованості буриньної установки

Після натиснення на управляючий елемент “Вычислить” цієї панелі визначаються і виводяться в строках виводу коефіцієнти допоміжної функції S – A_{11} , A_{12} , A_{22} , (рис. 1). Надалі стає активною нижня кнопка “Вычислить”. При її активізації, без вибору розв’язуваної задачі синтезу із заданого списку задач, виводиться діалогове вікно з повідомленням



Розташована у нижній частині основного вікна панель “Выбор этапов синтеза” призначена для послідовного вибору одного з трьох можливих етапів синтезу (рис. 1). При виборі першої задачі з розрахунку керуючого впливу і перехідного процесу в системі через активізацію еле-

мента “Расчет оптимального управляющего воздействия и переходного процесса в системе” і натиснення управляючого елеента “Вычислить” виводиться форма як на рис. 3.

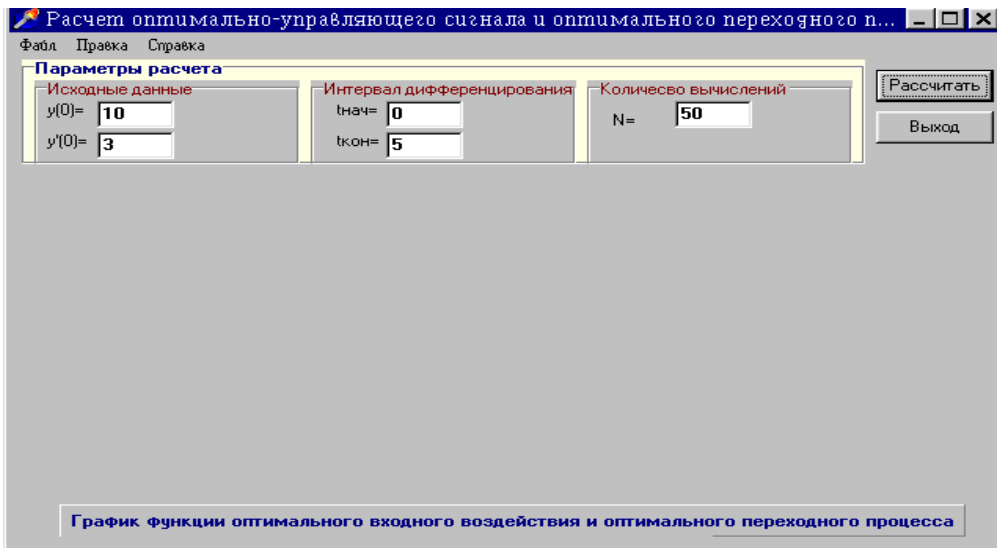


Рис. 3. Форма використовуваного інтерфейсу програми для вводу додаткових даних при розрахунку оптимального керуючого сигналу і оптимального перехідного процесу

Форма містить три стандартні пункти меню: *Файл*, *Правка*, *Справка*. Меню *Файл* містить стандартні підменю: *Открыть*, *Сохранить*, *Закреть*, *Печать* і *Выход*. Пункт меню *Правка* містить підменю – *Копировать*, *Вырезать*, *Вставить*. Меню *Справка* має підменю – *Вызов справки*. Розташована у верхній частині вікна панель “*Параметры расчета*” призначена для введення у свої поля допоміжних вхідних даних. Після натиснення управляючого елемента *Рассчитать* у формі відображуються графіки функцій оптимального керуючого впливу та оптимального перехідного процесу (рис. 4).

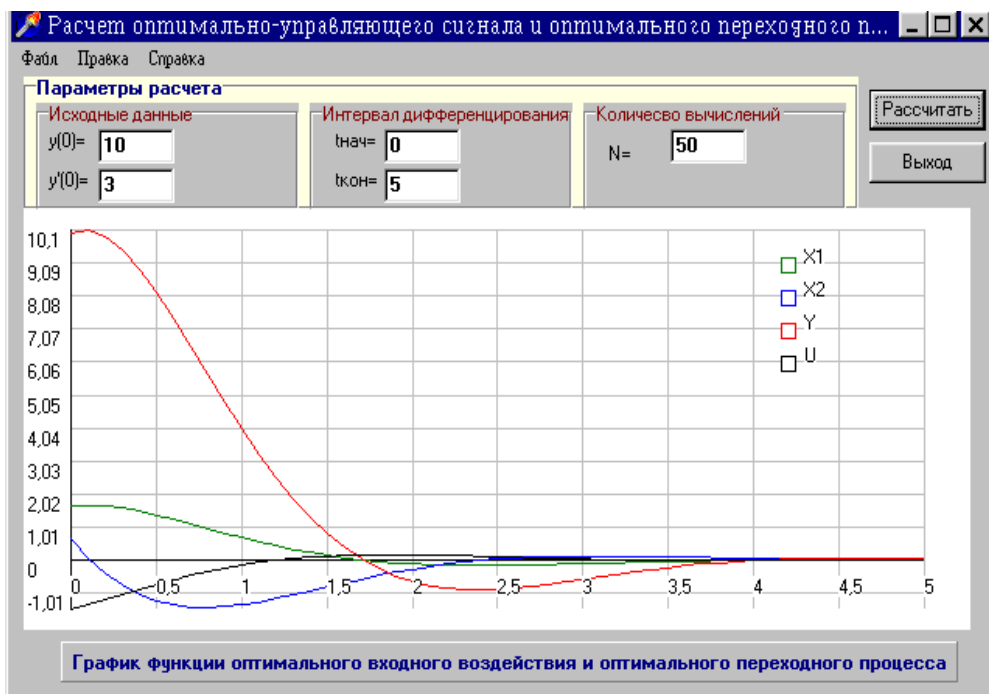


Рис. 4. Форма визначення оптимального керуючого впливу та оптимального перехідного процесу

При натисненні на кнопку *Выход* виконується повертаємося до головної форми. Вибір і розв’язання другої задачі дослідження зони стійкості через розрахунок кривої *D*-розбиття в площині параметра *t* квазіоптимального регуля-

тора виконується через вибір та активізацію параметра “*Расчет кривой D-разбиения в плоскости параметра t квазиоптимального регулятора*” зі списку трьох можливих етапів синтезу і натиснення управляючого елемента *Вычислить*. У результаті виводиться форма, яка представлена на рис. 5. Форма містить аналогічні попереднім стандартні пункти меню і графічно відображує зону стійкості автоматичної системи діагностування.

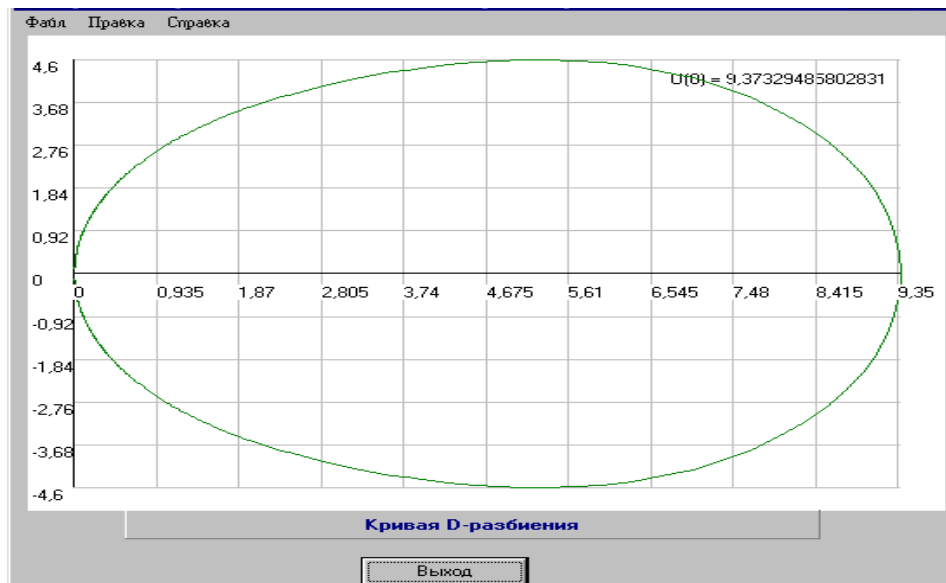


Рис. 5. Форма визначення кривої *D*-розбиття в площині параметра *t* квазіоптимального регулятора

Після закриття останньої форми можна вибрати та визначити у головній формі третю задачу моделювання оптимального процесу настроювання коефіцієнта підсилення регулятора квазіоптимальної системи через вибір елемента списку “*Моделирование оптимального процесса настройки коэффициента усиления*” і натиснення управляючого елемента *Вычислить*. При цьому виводиться форма схожа на форму синтезу першої задачі, з графічним відображенням функціональних залежностей змінних стану $X1, X2$ керування U та виходу Y (рис. 6).

Розроблений програмний комплекс через отримувані графічні залежності відповідно різних станів ГЕМС, що діагностуються, дозволяє в обумовлених ймовірносних границях здійснити процес цифрового моделювання автоматичних систем щодо визначення множини діагностичних ознак $Z_i = \{z_1, z_2, \dots, z_n\}$, чутливих до зміни структурних параметрів.

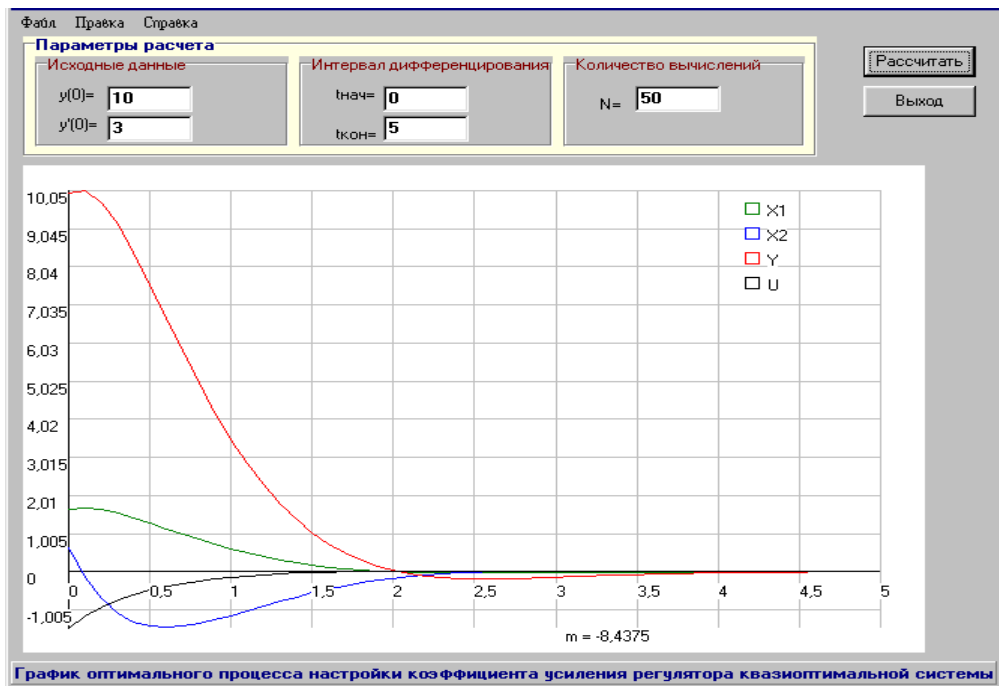


Рис. 6. Форма визначення оптимального процесу настроювання коефіцієнта підсилення регулятора квазіоптимальної системи

Список литературы

1. Мещеряков Л.И. Математические основы построения дисперсионных диагностических моделей горных электромеханических систем. //Вибрации в технике и технологиях: Всеукр. науч.-техн. журн. 2002. - №1(22). – С.41-44..
2. Дудля М.А., Мещеряков Л.И. Діагностика та проектування бурових машин і механізмів: - Навч. посібник.– Дніпропетровськ: Національний гірничий університет, 2004.- 267 с.