

АВТОМАТИЗАЦІЯ ТА ІНТЕЛЕКТУАЛІЗАЦІЯ ПРИЛАДОБУДУВАННЯ

УДК 681.121

СИСТЕМА ПРОЕКТУВАННЯ ТУРБІННИХ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ ВИТРАТИ

Писарець А. В.

*Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут»,
м. Київ, Україна*

Відсутність комп'ютерних програм, які б задовольняли усім вимогам до результатів розрахунків перетворювачів витрати спонукає до створення систем їх проектування, які б дозволили визначати метрологічні характеристики перетворювача витрати, оцінювати ступень впливу на них різних фізичних факторів, ставити обчислювальні експерименти, проводити оптимізацію конструктивних параметрів перетворювачів за визначеними критеріями. У статті приведені алгоритм, можливості, особливості та методика роботи з розробленою системою проектування турбінних перетворювачів витрати з гідродинамічним врівноважуванням чутливого елемента.

Ключові слова: турбінний перетворювач витрати, система проектування.

Вступ

Одним з етапів математичного моделювання роботи будь-якого засобу вимірювальної техніки є розробка алгоритму та програмного забезпечення реалізації математичної моделі.

При дослідженнях характеристик первинних вимірювальних перетворювачів (ПВП) витрати розробка програмного забезпечення дає можливість глибше зрозуміти і пояснити складні нестационарні гідродинамічні процеси взаємодії потоку вимірюваного середовища із чутливим елементом приладу.

На теперішній час відсутні комп'ютерні програми, які б задовольняли усім вимогам до результатів розрахунків перетворювачів витрати. Тому використовуються два шляхи чисельного моделювання, які доповнюють один одного: створення програмних комплексів, що описують роботу тестуємих перетворювачів витрати та застосування CFD (Computational Fluid Dynamics)–технологій, що дозволяє уявити особливості роботи перетворювача в конкретних точках його діапазону вимірювань.

Метою роботи є створення програмного комплексу для визначення метрологічних характеристик турбінних перетворювачів витрати (ТПВ), оцінки ступеня впливу різних фізичних факторів на метрологічні характеристики, постановки обчислювальних експериментів, оптимізації конструктивних параметрів перетворювачів за визначеними критеріями.

Основна частина

На основі розробленої математичної моделі ТПВ з гідродинамічним врівноважуванням чутливого елемента (ЧЕ) шляхом створення нерівномірного розподілу статичного тиску вздовж вісі приладу, викликаного особливостями розпо-

ділу швидкостей потоку у кільцевому каналі, розроблено програмний продукт (ПП) для дослідження роботи зазначених перетворювачів витрати [1 – 5].

Створений ПП дозволяє:

- конфігурувати вимірювальний канал перетворювача витрати;
- визначати епюру розподілу статичного тиску вздовж вісі обертання ЧЕ;
- обчислювати величину осьового переміщення ЧЕ за різних витрат;
- окреслювати умови рівноваги ЧЕ у діапазоні зміни витрати;
- тестувати реакцію перетворювача витрати на різні динамічні збурення;
- досліджувати статичні характеристики ТПВ за умов впливу різних факторів і чинників;
- оцінювати значення і характер перепаду тиску на ТПВ та приладі в цілому;
- аналізувати вплив параметрів вимірюваного середовища та функціональних особливостей перетворювача витрати на його метрологічні характеристики;
- оптимізувати параметри вимірювальної камери та ЧЕ за визначеними критеріями.

Алгоритм математичного моделювання складається з п'яти основних частин:

- введення вихідних даних;
- розрахунку характеристик перетворювача витрати;
- виведення графічних залежностей: осьового переміщення ЧЕ, умов рівноваги ЧЕ, конфігурації вимірювального каналу, епюри розподілу статичного тиску вздовж корпусу перетворювача, динамічної та статичної характеристик, похибки вимірювань, втрат тиску на перетворювачі витрати;
- досліджень вказаних характеристик перетворювача;
- оптимізації параметрів ТПВ за обраними критеріями.

Характерними особливостями розробленого ПП є: інтуїтивно-зрозумілий інтерфейс; можливість одночасного порівняльного розгляду декількох графічних залежностей на одній координатній площині.

ПП дозволяє працювати у трьох режимах (рис. 1): розрахунок, дослідження, оптимізація.

Дослідження починаються з введення початкових даних для розрахунків (рис. 2), після чого користувач повертається у головну форму, де з'являється можливість обрати режим роботи програми. Повернення до головної форми з будь-якої додаткової здійснюється натисканням кнопки «Закрити».

При проведенні досліджень є можливість змінювати всі вихідні дані.

Початковими даними для проведення розрахунків є:

- *параметри ЧЕ*: зовнішній радіус r_H ; радіус втулки r_{BT} ; осьова довжина турбінки s ; кут встановлення лопатей на середньому радіусі β ; товщина лопаті h ; число лопатей z ; густина матеріалу ЧЕ $\rho_{ЧЕ}$;
- *параметри вимірювального каналу*: радіус входу (виходу) патрубків корпусу $r_{КО}$, $r_{КІ}$; довжина патрубків корпусу l ; радіус внутрішньої поверхні корпусу в

- зоні ПВП r_{K2} ; радіус конуса вхідного обтікача r_{KOH} ;
- параметри потоку вимірюваного середовища: густина ρ_{fl} ; кінематична в'язкість ν ; діючий тиск P_0 ; діапазон витрати $Q_{MIN} \div Q_{MAX}$.

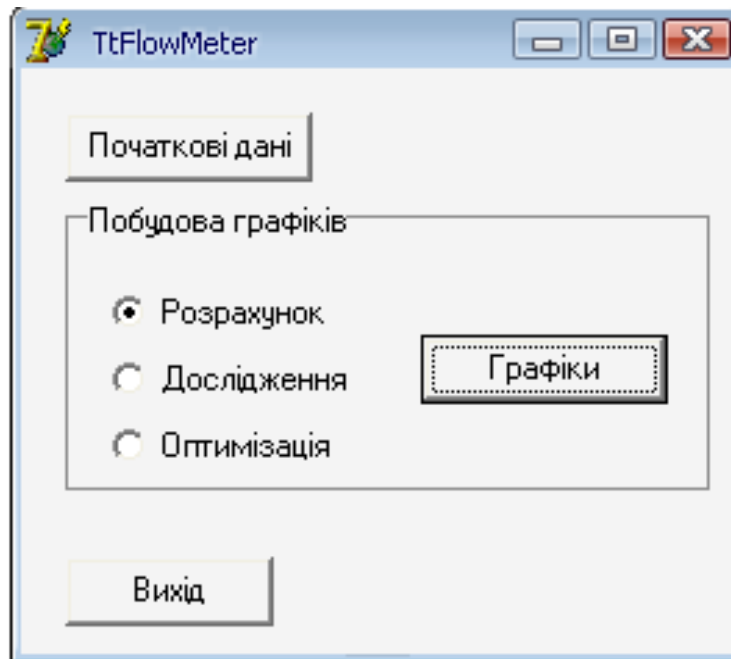


Рис. 1. Головна форма програмного продукту

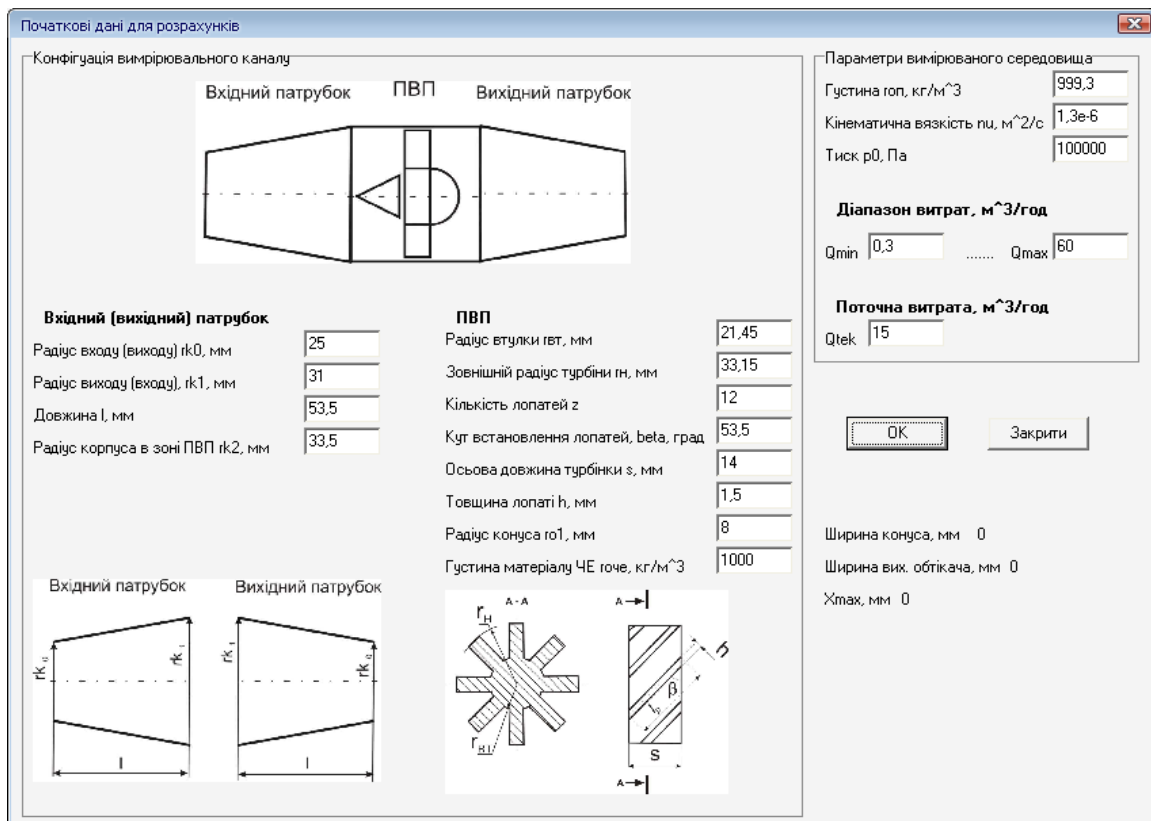


Рис. 2. Форма введення початкових даних

Робота з формою внесення початкових даних для розрахунків закінчується послідовним натисканням кнопок «ОК» та «Закрити».

Режим «Розрахунок». Перехід у цей режим роботи програми здійснюється вибором радіокнопки «Розрахунок», натисканням кнопки «Графіки» та відкриттям форми «Графік функції», яка складається з панелей керування і відображення результатів розрахунку (рис. 3).

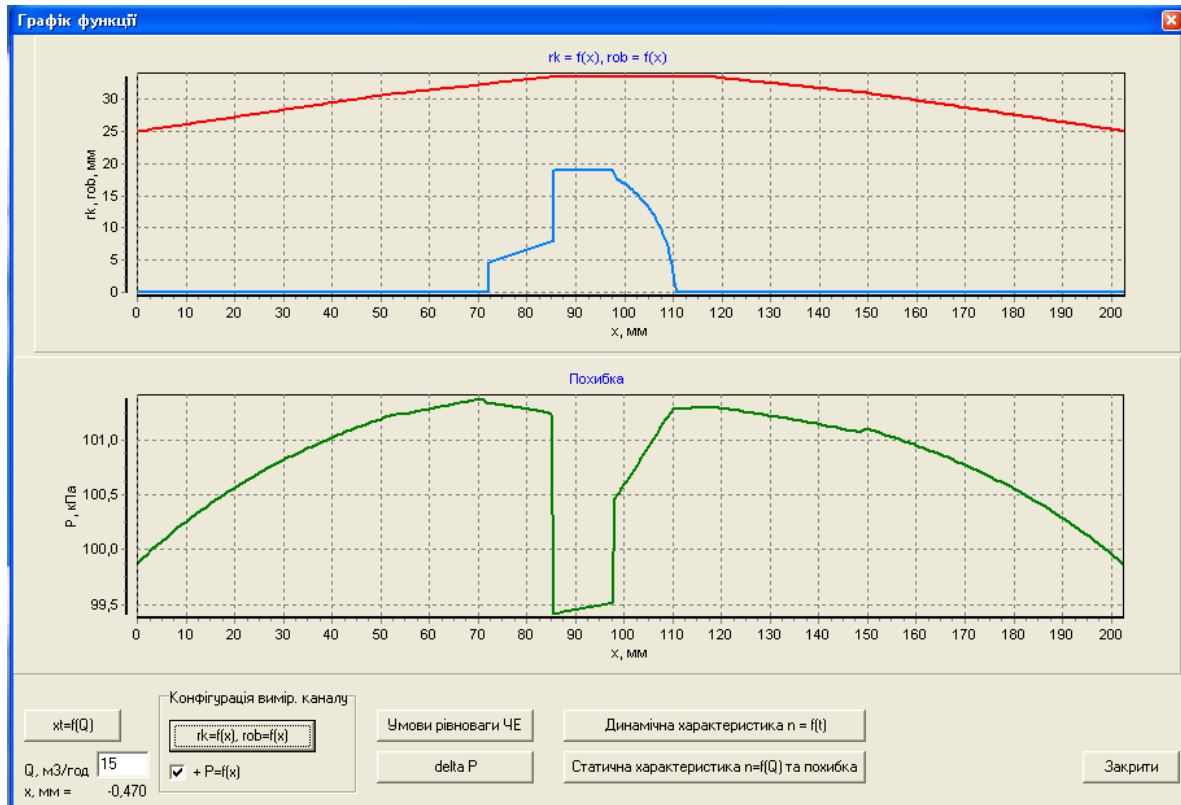


Рис. 3. Форма побудови графічних залежностей. Конфігурація вимірювального каналу та розподіл статичного тиску повздовж вісі приладу

Панель керування форми «Графік функції» містить кнопки, назви яких співпадають з характеристиками ПВП, що розраховуються:

- залежність осьового переміщення ЧЕ від витрати (кнопка « $xt=f(Q)$ »);
- конфігурація вимірювального каналу (кнопка « $rk=f(x), rob=f(x)$ »);
- розподіл статичного тиску вздовж корпусу приладу за визначеної витрати (кнопка « $rk=f(x), rob=f(x)$ » та прапорець « $P=f(x)$ »);
- умови рівноваги ЧЕ (кнопка «Умови рівноваги ЧЕ»);
- втрати тиску на ПВП та приладі в цілому (кнопка « δP »);
- динамічна характеристика ПВП (кнопка « $n=f(t)$ »);
- статична характеристика ПВП (кнопка « $n=f(Q)$ »);
- похибка вимірювання (кнопка « $\delta=f(Q)$ »).

Натискання будь-якої кнопки виводить на панель відображення результатів розрахунку відповідну графічну залежність.

Режим «Дослідження». Для переходу у такий режим роботи програми не

обхідно виділити радіокнопку «Дослідження» та натиснути кнопку «Графіки», внаслідок цього відкривається форма «Дослідження», яка складається з панелей керування та відображення результатів розрахунку (рис. 4).

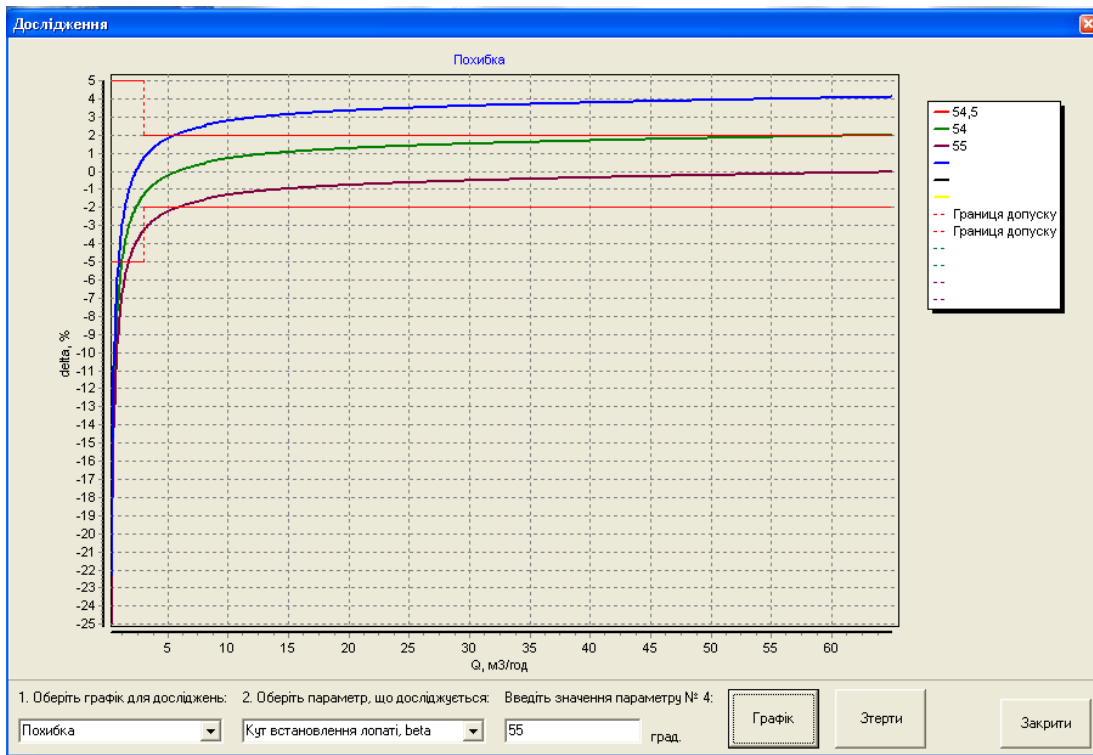


Рис. 4. Форма проведення досліджень

Панель керування цієї форми дозволяє обрати з переліку необхідну характеристику (поле «Графік для досліджень»), параметр ЧЕ або потоку, вплив якого на обрану характеристику досліджується (поле «Досліджуваний параметр»), встановити значення параметру та побудувати графік обраної функції з введеним значенням досліджуваного параметру за незмінних значень усіх інших параметрів (рис. 5).

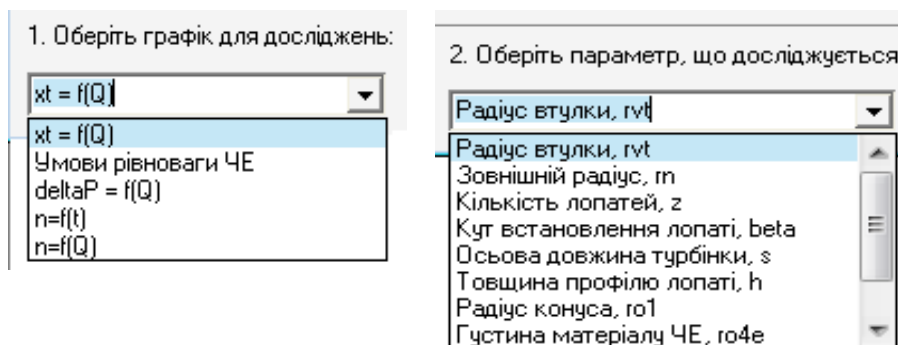


Рис. 5. Панель вибору графічної залежності для досліджень

Для запобігання помилкового вибору будь-якого параметру форми передба-

чена кнопка «Зтерти».

Дослідження впливу одного параметру на метрологічну характеристику можна провести шість разів на одній координатній площині. Значення змінюваного параметру та колір графічної залежності фіксуються у правому верхньому кутку форми (рис. 6).

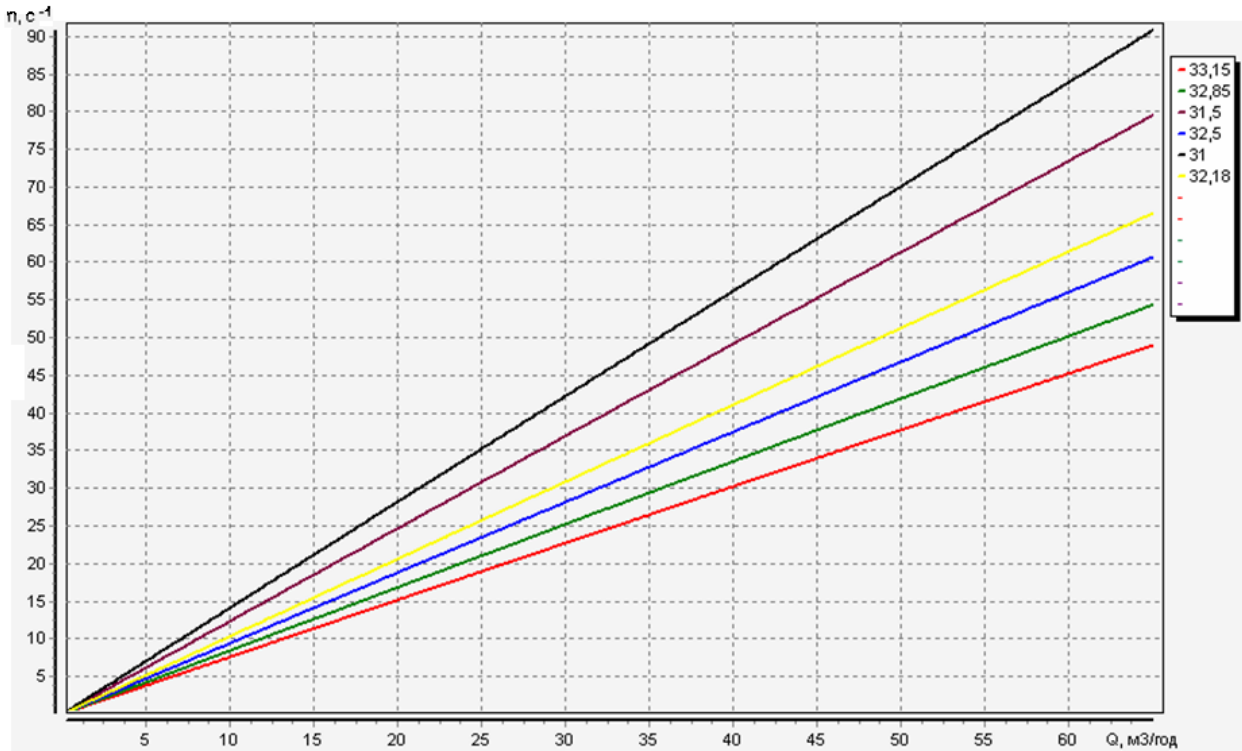


Рис. 6. Дослідження статичної характеристики ТПВ

Режим «Оптимізація». Вибором радіокнопки «Оптимізація» та натисканням кнопки «Графіки» відкривається форма «Оптимізація», що містить кнопки «Критерії оптимізації» та «Вибір проектних параметрів» (рис. 7), натискання кожної з яких передбачає конкретизацію умов оптимізації параметрів досліджуваного ПВП (рис. 8 – 9). Натискання кнопки «ОК» у будь-якій з цих форм повертає у головну форму оптимізації (рис. 7).

Розпочинається оптимізація параметрів натисканням кнопки «ОК» у формі «Оптимізація».

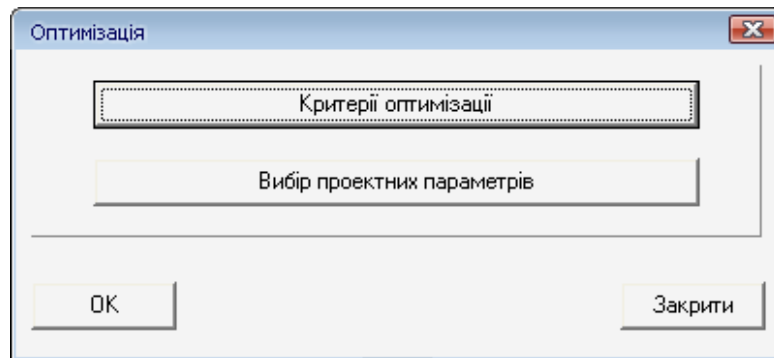


Рис. 7. Форма завдання параметрів оптимізації

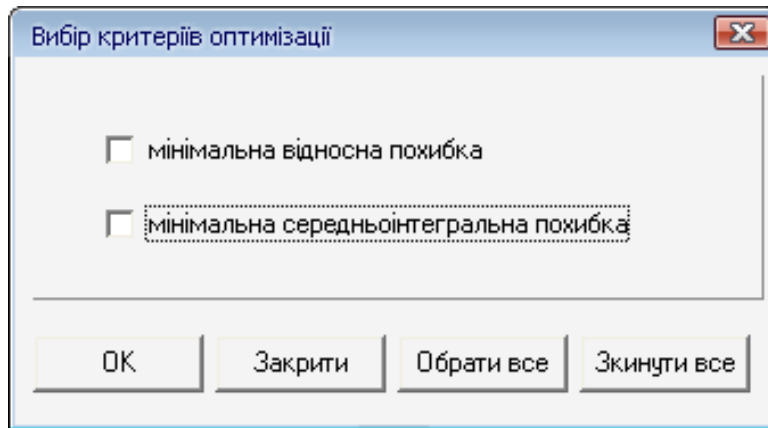


Рис. 8. Форма вибору критерію оптимізації

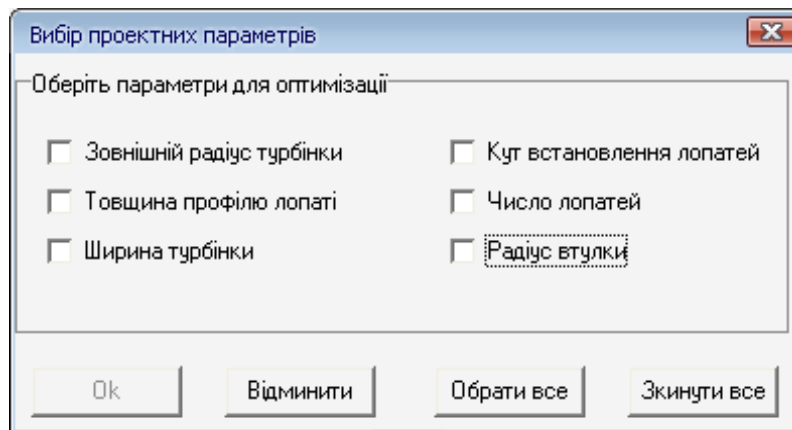


Рис. 9. Форма вибору проектних параметрів

Результатом роботи програми є текстовий файл *kritname.rez*, що містить набір значень проектних параметрів, розташований у каталозі програми. Залежно від обраного критерію оптимізації змінюється назва файлу (*vidn_poh.rez*, *integr_poh.rez*). Кількість файлів результатів відповідає кількості обраних критеріїв оптимізації.

Висновки

Проведені за допомогою розробленого програмного продукту дослідження роботи перетворювача витрати за різних режимів протікання рідини підтвердили правомірність наукових засад, покладених в основу принципів врівноваження чутливого елемента; виявити геометричні параметри вимірювальної камери перетворювача, що мають найбільший вплив на метрологічні характеристики приладу, та його роботу в цілому, а саме: кут встановлення лопатей, втулкове відношення, кількість лопатей, осьова довжина турбінки, оцінити вплив фізичних властивостей вимірюваного потоку на паспортні дані перетворювача витрати.

Перспективою подальшої роботи є визначення досконалих просторових геометричних форм чутливого елемента та вимірювальної камери приладу за критерієм мінімізації впливу на потік при підвищенні точності вимірювання.

Література

1. Коробко І. В. Дослідження роботи швидкісних засобів вимірювання витрат рідин з розвантаженим ротором / І. В. Коробко, А. В. Писарець // Вісник НТУУ КПІ. Серія Приладобудування. – 2003. – Вип. 25. – С. 89 – 94.
2. Коробко І. В. Дослідження моменту в'язкого тертя в швидкісних турбінних перетворювачах витрат / І. В. Коробко, А. В. Писарець // Вестник НТУУ КПИ. Серия Машиностроение. – 2003. – Вып. 44. – С. 233 – 235.
3. Писарец А. В. Турбинные преобразователи расхода с уравновешенным ротором / А. В. Писарец, И. В. Коробко // Промышленная теплотехника. – 2006. – № 4. – С. 84 – 89.
4. Писарец А. В. Определение осевого перемещения чувствительного элемента турбинных преобразователей расхода с уравновешенным ротором / А. В. Писарец, И. В. Коробко // Системи обробки інформації. Метрологія та вимірювальна техніка. – 2011. – № 9 (96). – С. 150 – 154.
5. Коробко І. В. Визначення критеріїв оптимізації та проектних параметрів турбінних перетворювачів витрат / І. В. Коробко., А. В. Писарець // Вісник ЖДТУ/ Технічні науки. – 2006. – №2 (37). – С. 99 –104.

*Надійшла до редакції
15 вересня 2013 року*

© Писарець А. В., 2013