

УДК 669.1:537.5

І.М. ПАСТУХ, Г.М. СОКОЛОВА  
Хмельницький національний університет**АЛГОРИТМИ ВИЗНАЧЕННЯ АНАЛІТИЧНИХ КРИТЕРІЇВ ОЦІНКИ  
РЕЗУЛЬТАТІВ МОДИФІКАЦІЇ АЗОТУВАННЯМ В ТЛІЮЧОМУ РОЗРЯДІ**

*Викладено структуру та алгоритми програмного забезпечення, яке використовується для розрахунку системи критеріїв для якісного оцінювання результатів азотування в тліючому розряді з розширеним енергетичним діапазоном параметрів. За основу концепції теоретичного обґрунтування прийнято принцип селекції енергетичного спектра падаючого потоку по енергетичним рівням, котрі відповідають оптимумам певних субпроцесів, характерних для азотування в тліючому розряді. Теоретичною базою програмного забезпечення служить енергетична модель процесу.*

*Ключові слова: азотування, тліючий розряд, критерії оцінки, алгоритм, програмне забезпечення..*

I.M. PASTUKH, G.M. SOKOLOVA  
Khmelnytsky National University**ALGORITHMS OF THE DETERMINATION OF THE ANALYTICAL EVALUATION CRITERIA FOR  
MODIFICATIONS IN THE GLOW DISCHARGE NITRIDING**

*The structure and algorithms for the program of the analytical evaluation criteria for modifications in the glow discharge nitriding with extended power range are presented.*

*The basis of the concept is the principle of the energy spectrum of the incident flux selection of energy levels. Energy levels graduation is corresponding to the limits in which the characteristic for the glow discharge nitriding elementary processes are possible.*

*The theoretical basis of software is the energy model of the process. The basic idea of this model is that at any given time the energetically most favorable elementary processes are implemented.*

*The calculation results confirm the fitness of software and acceptability of the concept of evaluation criteria.*

*Keywords: nitriding, glow discharge, evaluation criteria, the algorithm program*

**Вступ**

Результативність технологічного процесу в принципі може оцінюватись як на основі показників прямого вимірювання, так і за допомогою певних абстрагованих критеріїв. Базуючись на основі енергетичної моделі азотування в тліючому розряді, запропонована система оцінок, які концептуально враховують паралельний хід декількох субпроцесів, основними серед котрих є утворення нітридів, дифузія азоту та нітридів у глибину поверхні, а також її розпорощення [1]. Принциповою основою запропонованих оцінок є метод селекції енергетичного спектра падаючого потоку (ЕСПП) за певною шкалою рівнів енергії, причому величина та послідовність цих рівнів відповідає енергетичним межах певних типових субпроцесів [2]. В подальшому у зв'язку з розширенням ареалу застосування означених критеріїв виникла необхідність уточнення алгоритмів розрахунку та на їхній основі - створення відповідного програмного продукту. Однією з головних причин виконання цих заходів було в першу чергу розширення енергетичного діапазону параметрів процесу, особливо при застосуванні автономних (незалежних) енергетичних параметрів. Нижче наведені структура програмного продукту та алгоритми головних блоків програм.

**Постановка завдання**

Метою роботи є розробка алгоритмів розрахунку аналітичних критеріїв оцінювання результатів модифікації поверхні металевих деталей з використанням азотування в тліючому розряді. Система критеріїв відповідає даним, наведеним у [1], а перелік аналізованих субпроцесів – [2].

**Виклад основного матеріалу**

Основою для формування аналітичних показників результатів модифікації є енергетичний спектр падаючого потоку, після формування якого проводиться операція селекції (виділення) тих часток падаючого потоку, енергія яких вкладається в межі оптимального перебігу того, чи іншого субпроцесу. З цієї причини комплекс програмного забезпечення включає два блоки:

- розрахунок характеристик ЕСПП іонів і нейтралів;
- визначення аналітичних критеріїв оцінки результатів модифікації металевої поверхні.

Розгорнутий алгоритм розрахунку параметрів енергетичного спектра падаючого потоку продемонстровано на рисунку 1. Вхідними параметрами служать склад компонентів газового середовища, режимні та енергетичні характеристики технологічного процесу.

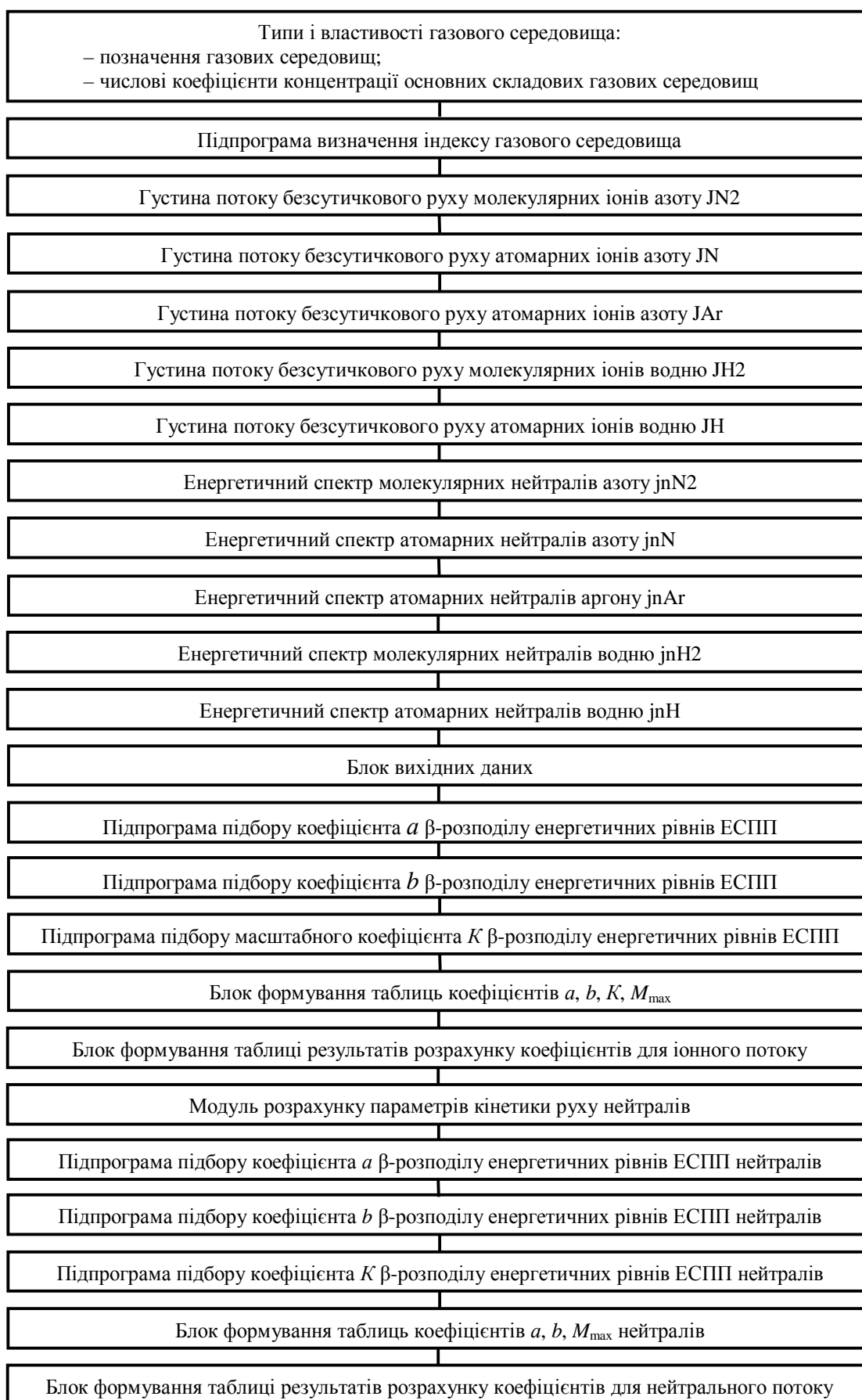


Рис. 1. Алгоритм розрахунку характеристик ЕСПП іонів та нейтралів

Принципова відмінність блоків формування таблиці результатів розрахунку для іонів та нейтралів полягає у тому, що останній додатково включає алгоритми розрахунку входу часток у сутичку. Вище зазначалось, що у зв'язку з розширенням енергетичного діапазону алгоритми визначення середніх кутів

входження часток в поверхню докорінно змінені в порівнянні з тими, які використовувались при граничній напрузі між електродами камери до 500 В.

Підпрограми розрахунку густини потоків іонів для типових компонентів газових середовищ, які використовуються в технології азотування у тліючому розряді, побудовані по однотипному принципу. Блок-схема цих підпрограм показана на рисунку 2.

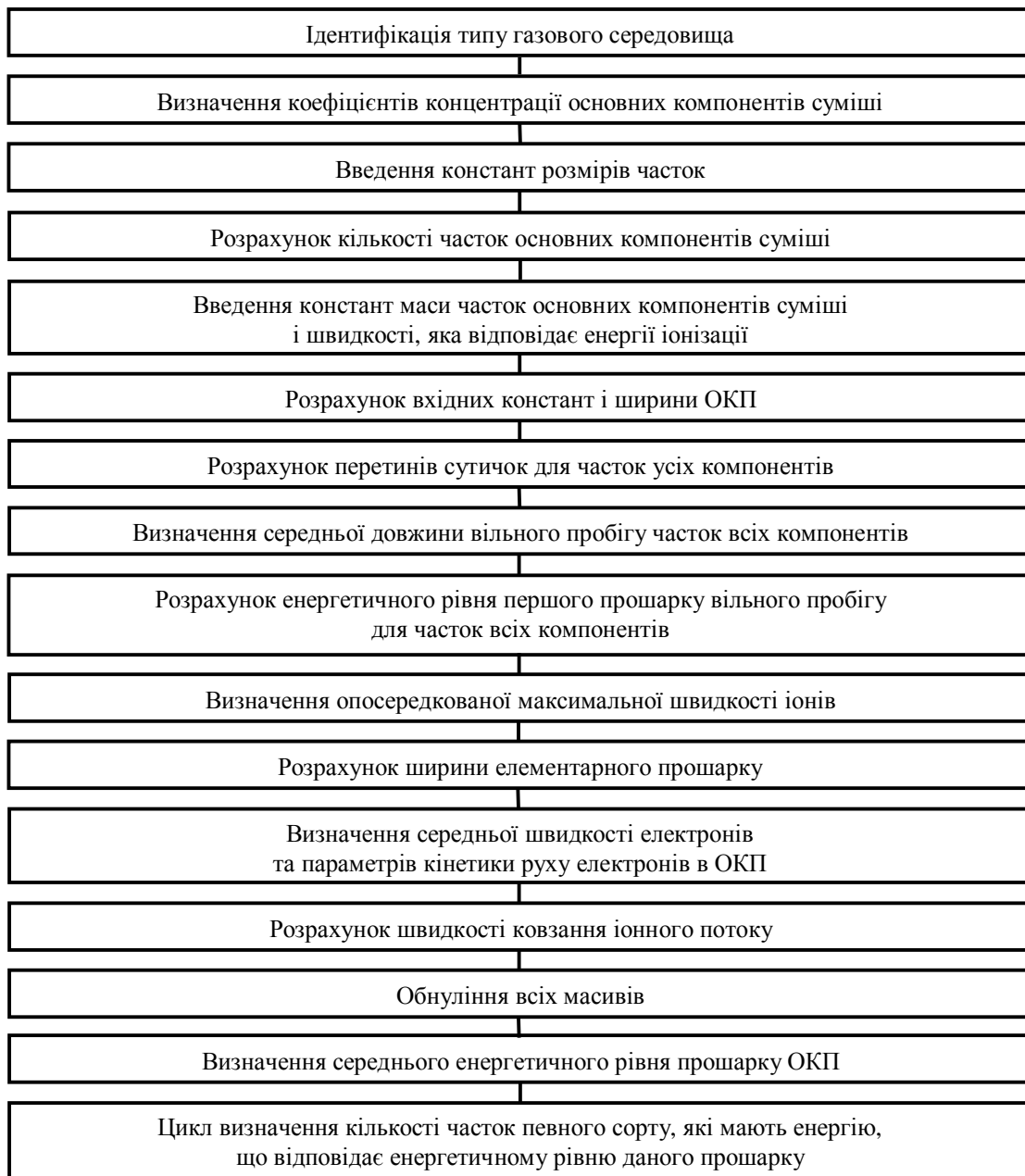


Рис. 2. Алгоритм розрахунку густини потоку безсутичкового руху часток основних компонентів

Програмний модуль визначення аналітичних критеріїв для оцінки результатів модифікації металевої поверхні включає сукупність програм, загальна структура яких однотипна. Очевидно, що кожна з цих програм має певні специфічні особливості, які в основному проявляються в заключних фазах формування конкретного показника у відповідності до призначення підпрограми. Загальну структуру підпрограм продемонструємо на прикладі програмного модуля визначення повного енергетичного спектра утворення нітридів. Алгоритм програмного модуля розрахунку аналітичних критеріїв продемонстровано на рисунку 3, а структура програми визначення відносного енергетичного фактора утворення нітридів – на рисунку 4.



Рис. 3. Алгоритм розрахунку аналітичних критеріїв оцінки результатів модифікації

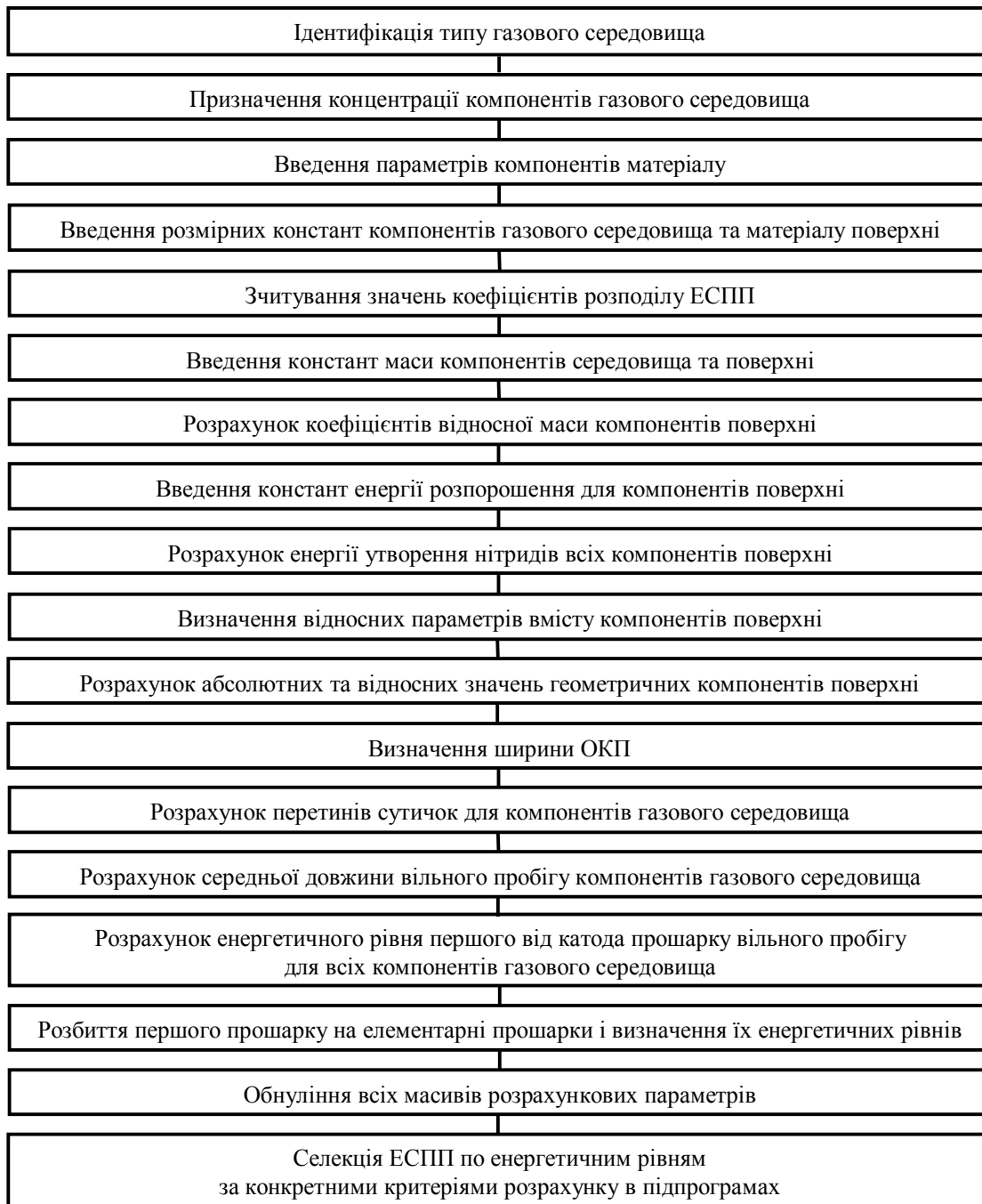


Рис. 4. Алгоритм розрахунку типового блоку визначення критеріїв

### Висновки

Розроблені алгоритми служать основою для формування програм розрахунку об'єктивних аналітичних показників ефективності азотування в тліючому розряді металевих поверхонь. З врахуванням розширення завдань досліджень алгоритми пристосовані до процесів з автономними енергетичними параметрами режиму і дозволяють керувати технологіями на основі моделі, в основу якої покладено принцип превалювання енергетики часток потоку, що бомбардує поверхню.

### Література

1. Пастух И. М. Теория и практика безводородного азотирования в тлеющем разряде / И. М. Пастух. – Х. : Национальный научный центр «Харьковский физико-технический институт», 2006. – 364 с.
2. Pastukh I. M. Subprocesses accompanying nitriding in a glow discharge // Technical Physics 2014, v. 59, issue 9. P. 1320-1325. DOI 10.1134/S1063784214090205.

Рецензія/Peer review : 5.10.2015 р.

Надрукована/Printed : 1.11.2015 р.

Стаття рецензована редакційною колегією