

## МЕТОД АВТОМАТИЗОВАНОЇ КОРЕКЦІЇ ХАРАКТЕРИСТИК НАВАНТАЖЕННЯ ОБ'ЄКТІВ, ЩО ЗНАХОДЯТЬСЯ ПІД ДІЄЮ МАСОВИХ СИЛ

Ларін В.Ю.

Донецький Національний технічний університет, г.Донецьк  
кафедра електронної техніки

### Abstract

*Larin V.Y. „Method of the automated correction of descriptions of loading of objects, that are under action of mass forces” An algorithm is considered in the article, that allows during work of the informatively-measuring system (IMS) to determine the value of the controlled mass with maximal exactness and service functions of the program of correction of descriptions of loading in the hand and automated modes.*

**Актуальність** розробки полягає в тому, що до теперішнього часу такі важливі питання, як перевірка роботи ІВС під час роботи об'єкта вимірювань вважалась неможливою [1]. В першу чергу це відноситься до таких об'єктів, які знаходяться під дією масових сил під час навантаження-розвантаження сировини або компонентів.

Передбачені метрологічними службами терміни перевірки відносяться тільки для ваговимірювальних пристроїв, а перевірка систем за їх допомогою дуже незручна і не оптимальна, тому, що характеристики навантаження складних об'єктів можуть змінюватися по ряду непередбачених факторів. Такими факторами можуть бути перш за все зміщення центра мас відносно центра ваги, що залежить від кута природного нахилу матеріалу, що завантажується, від вологості навколишнього середовища, геометричних та конструктивних особливостей ємностей, можливості зміни їх положення відносно первинного під час навантаження, а також інших факторів, зокрема часу доби та дії місячного тяжіння. Із-за відсутності автоматизованих методів урахування перерахованих та подібних факторів існуючими системами не враховувались. Тому інформація була не об'єктивною, завдяки чому можливе не вірне урахування продукції з багатьма не бажаними наслідками.

**Цільове призначення розробки** полягає в розробці спеціального програмного забезпечення, яке встановлюється на комп'ютер та здійснює керування процесом опитування усіх пристроїв контролю маси та збереження отриманої інформації у базі даних. У відповідь на запит керуючої машини мікропроцесорна система (МПС) контролю маси посилає значення напруги, яка відповідає поточній масі ємності. Отримане значення напруги перетворюється у програмі комп'ютера в значення маси.

Перетворення здійснюється з максимально можливою точністю за допомогою апроксимуючого поліному. Це забезпечує спеціальний алгоритм, по якому знаходяться коефіцієнти поліному.

**Математичне забезпечення** процесу виміру і перетворення аналогового сигналу полягає у наступному.

При проведенні налагоджування системи експериментально отримані характеристики навантаження об'єкту, на підставі яких можна побудувати обчислювальний процес виміру. Складність визначення розрахункових параметрів маси пов'язана з тим, що потрібно проводити неперервну перевірку відповідності сигналів датчиків відомому значенню маси і коректувати нові характеристики навантаження.

Таким чином, необхідно зробити вибір апроксимуючих функцій для аналітичного методу визначення характеристики навантаження об'єкта. Щоб зробити розрахунки істинного значення ваги об'єкта є вхідна функція, побудована на підставі експериментальних даних і приведена на рис. 1.

Згідно виду характеристики залежності маси  $P$  від напруги  $U$  можна сказати, що остання є нелінійною функцією, навіть при лінійних характеристиках датчиків. У вигляді апроксимуючої функції для аналітичного методу розрахунку нелінійних залежностей застосовуються різні функції (2). Найбільш прийнятною в даному випадку можна використовувати функцію на основі апроксимуючого поліному. Отримання коефіцієнтів поліному здійснюється по методу найменших квадратів (МНК). Цей метод дозволяє отримати коефіцієнти апроксимуючого поліному різної степені, що дає можливість автоматично визначати точність програмного перетворення напруги у масу.

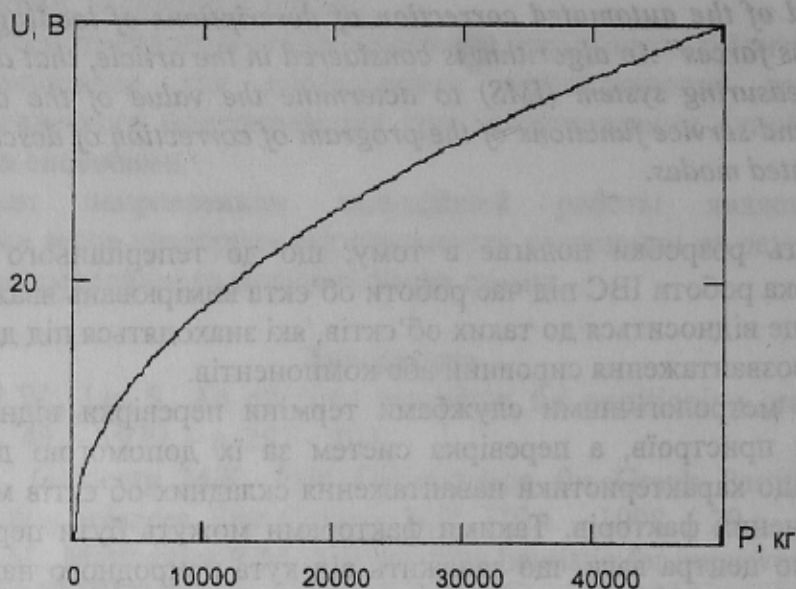


Рис. 1. Характеристика навантаження контрольованого об'єкта

На рис. 1 приведена характеристика перетворення як функція напруги від маси, але при отриманні коефіцієнтів полінома й при роботі програми ставиться задача перетворення напруги у масу, а не навпаки, тому у програмі з цієї характеристики береться зворотна залежність, яка представлена на рис. 2.

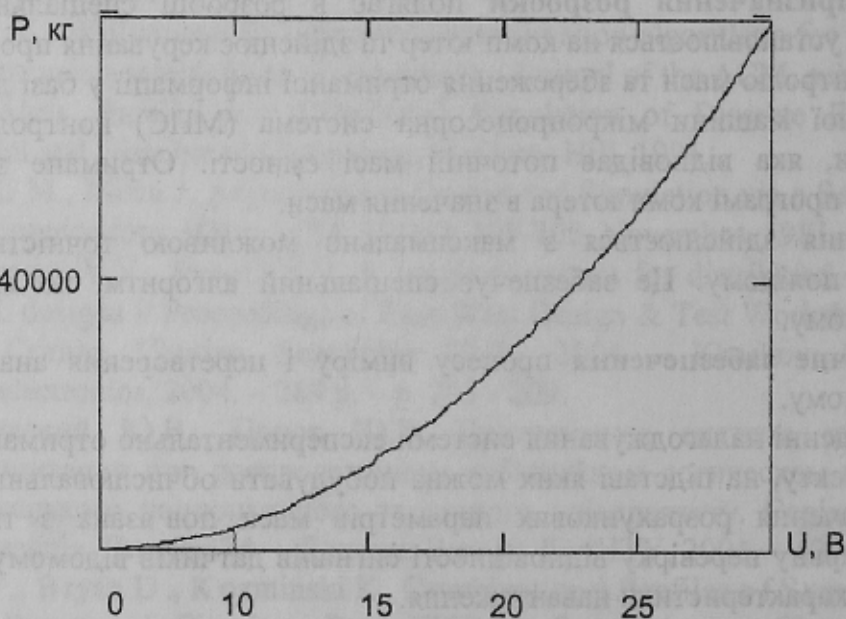


Рис. 2. Залежність контрольованої маси в смності від вихідної напруги вимірювального каналу

На рис. 3 представлено алгоритм знаходження коефіцієнтів поліному з максимальною точністю.

Розглянемо докладніше представлений алгоритм. Спочатку здійснюється ініціалізація початкових даних, тобто встановлюється степінь поліному, з якої починається апроксимація, а також із пам'яті зчитуються дані характеристики перетворення – вектор напруг і вектор відповідних мас.

Ці дані записуються у спеціальні матриці, які застосовуються у розрахунках методом найменших квадратів.

Після формування початкових даних знаходяться коефіцієнти поліному згідно методу найменших квадратів (МНК) і похибка. Якщо похибка не задовольняє установленим вимогам, степінь полінома збільшується на одиницю і процес повторюється.

Практика показала, що не має сенсу використовувати поліном степеню більш 9, тому обмежимося цим значенням.

Процес збільшення степені зупиняється при умові, що степінь вже дорівнює 9, або похибка стабілізувалася чи починає зростати.

Постановка задачі наближення функції по методу найменших квадратів

Нехай функція  $y=f(x)$  задана таблицею своїх значень

$$y_i = f(x_i), \quad i = 0, 1, \dots, n$$

Потрібно знайти поліном фіксованого ступеня  $m$ , для якого середньоквадратичне відхилення (СКВ) мінімальне:

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n+1} \sum_{i=0}^n (P_m(x_i) - y_i)^2} \Rightarrow \min$$

Поліном має наступний вид:

$$P_m(x) = a_0 + a_1x + a_2x^2 + \dots + a_mx^m$$

Так як цей поліном визначається своїми коефіцієнтами, то фактично потрібно підібрати набір коефіцієнтів  $a_0, a_1, \dots, a_m$ , що мінімізує функцію

$$\Phi(a_0, a_1, \dots, a_m) = \sum_{i=0}^n (P_m(x_i) - y_i)^2 = \sum_{i=0}^n \left( \sum_{j=0}^m a_j x_i^j - y_i \right)^2$$

Використовуючи необхідну умову екстремуму:  $\frac{\partial \Phi}{\partial a_k} = 0$  де  $k = 0, 1, \dots, m$ ,

отримаємо нормальну систему методу найменших квадратів:

$$\sum_{j=0}^m \left( \sum_{i=0}^n x_i^{j+k} \right) a_j = \sum_{i=0}^n y_i x_i^k, \quad \text{де } k = 0, 1, \dots, m$$

Отримана система є система алгебраїчних рівнянь відносно невідомих  $a_0, a_1, \dots, a_m$ .

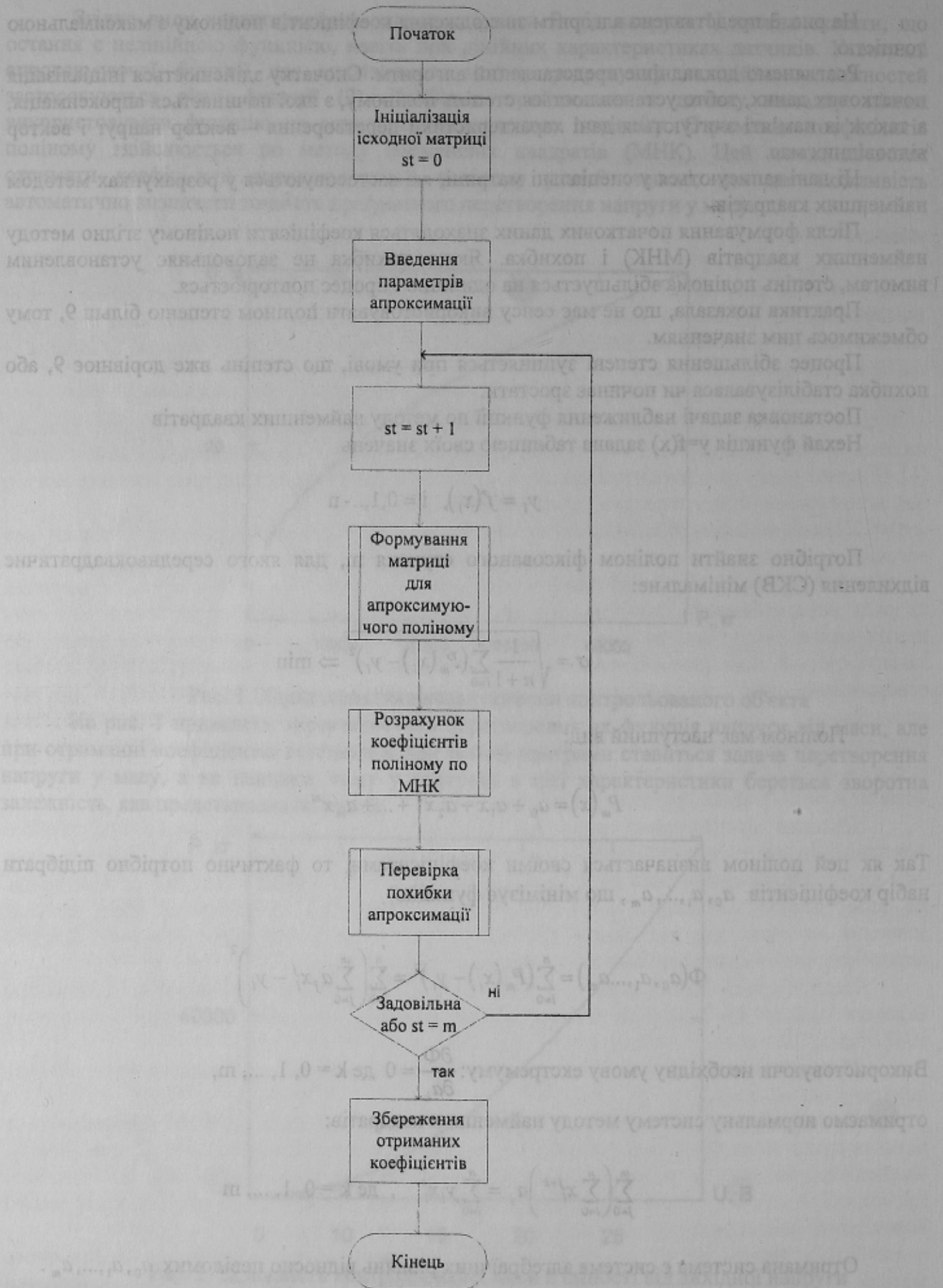


Рис. 3. Блок-схема алгоритму знаходження апроксимуючого поліному

Можна показати, що детермінант цієї системи відмінний від нуля, тобто рішення існує і єдине.

Система вирішується через зворотну матрицю.

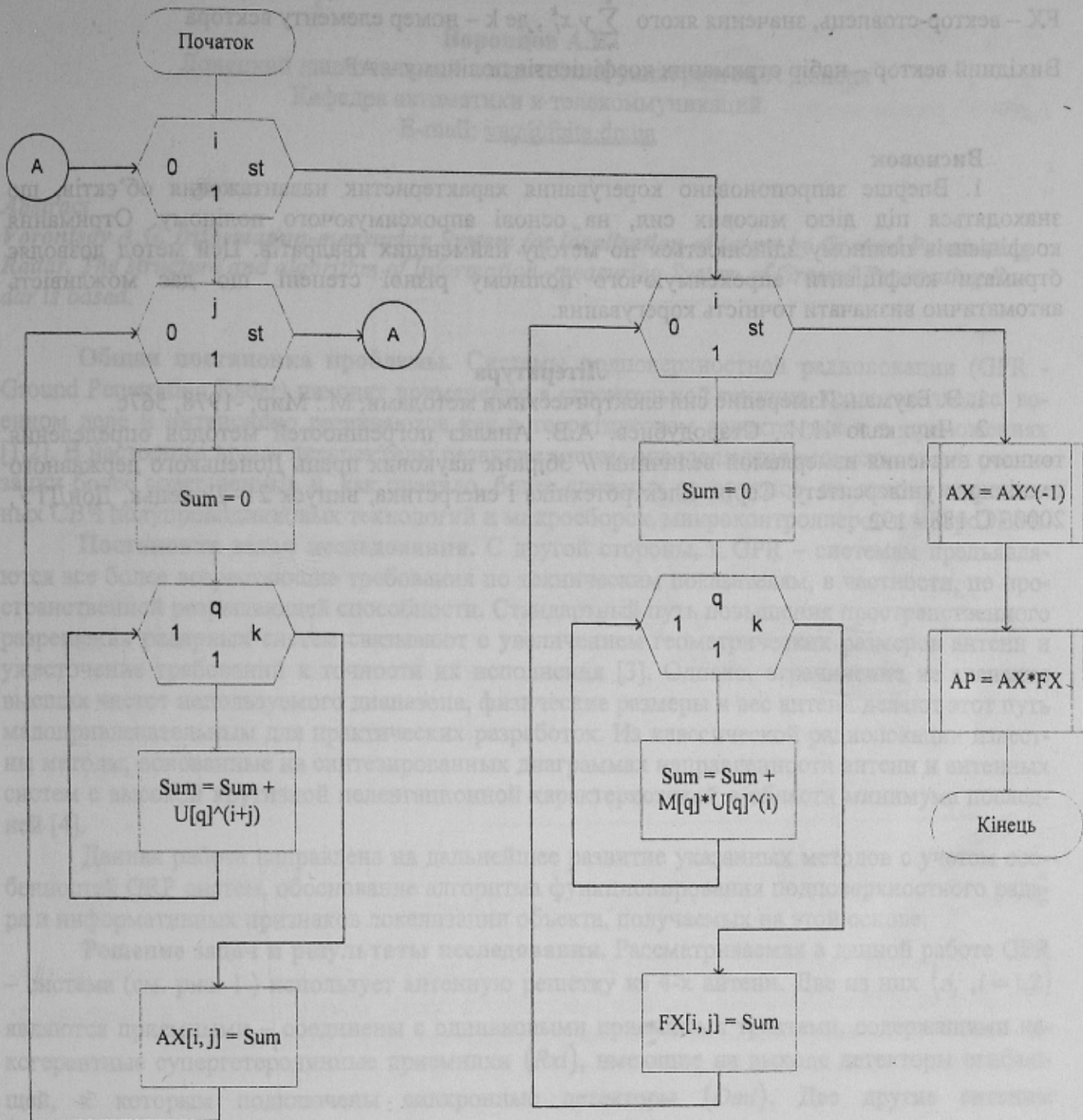


Рис. 4. Блок-схема алгоритму МНК

У наведеному алгоритму МНК використовуються наступні початкові дані:

st – степінь поліному;

U – вектор значень напруги, що відповідають вимірювальним значенням;

M – вектор відповідних значень контрольованої маси.

Проміжні матриці, що використовуються у алгоритмі:

$Ax$  – це матриця, значення елементів якої:  $\left( \sum_{i=0}^n x_i^{j+k} \right)$ , де  $k$  – номер стовпця матриці,  $j$  – номер строки матриці;  
 $Fx$  – вектор-стовпець, значення якого  $\sum_{i=0}^n y_i x_i^k$ , де  $k$  – номер елементу вектора  
 Вихідний вектор – набір отриманих коефіцієнтів поліному –  $AP$ .

**Висновок**

1. Вперше запропоновано корегування характеристик навантаження об'єктів, що знаходяться під дією масових сил, на основі апроксимуючого поліному. Отримання коефіцієнтів поліному здійснюється по методу найменших квадратів. Цей метод дозволяє отримати коефіцієнти апроксимуючого поліному різної степені, що дає можливість автоматично визначати точність корегування.

**Література**

1. Э. Бауман. Измерение сил электрическими методами, М.: Мир, -1978, 567с.
2. Чичикало Н.И., Стародубцев. А.В. Анализ погрешностей методов определения точного значения измеряемой величины // Збірник наукових праць Донецького державного технічного університету. Серія: Електротехніка і енергетика, випуск 21- Донецьк, ДонДТУ, 2000.- С 188 - 192.

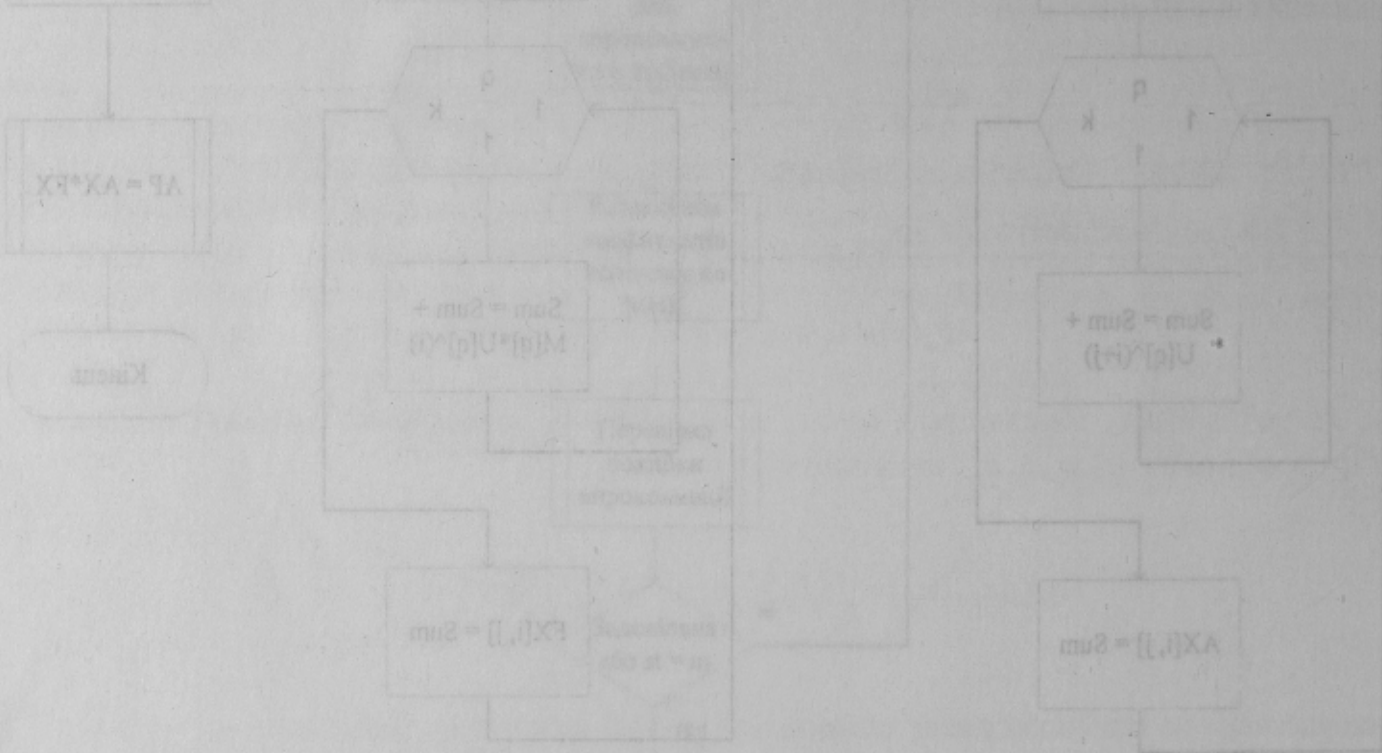


Рис. 4. Блок-схема алгоритму МНК

У введеному алгоритмі МНК використовуються наступні позначки:  $U$  – вектор значень напруг, що відображають вимірювальним зв'язком;  $M$  – вектор відповідних значень контрольованої величини;  $P$  – матриця зв'язку між  $U$  та  $M$ .