

УДК 621.317.73

ОГЛЯД МЕТОДІВ ВИЗНАЧЕННЯ ВАГОВИХ КОЕФІЦІЄНТІВ ПОКАЗНИКІВ ВЛАСТИВОСТЕЙ ПРОДУКЦІЇ

Т.Г. Бойко

*Національний університет "Львівська політехніка", вул. С. Бандери, 12, м. Львів, 79013,
тел. (032)-258-23-94, e-mail: tgbo@ukr.net*

Здійснено огляд методів визначення вагових коефіцієнтів для оцінювання внеску окремого показника властивостей продукції в інтегральне значення комплексного (узагальненого) показника якості. Вказано на переваги і недоліки описаних методів.

Ключові слова: ваговий коефіцієнт, якість продукції, експертний метод, статистичний метод, метод регресивних залежностей.

Выполнен обзор методов определения весовых коэффициентов для оценивания влияния отдельного показателя свойств продукции на интегральное значение комплексного (обобщенного) показателя качества. Указано на преимущества и недостатки описанных методов.

Ключевые слова: взвешивающий коэффициент, качество продукции, экспертный метод, статистический метод, метод регрессивных зависимостей.

A review of weight-coefficient determination methods is aimed at assessing the contribution of production-property certain index to the integral value of a complex (unified) quality index. Both advantages and disadvantages of the mentioned methods are indicated.

Keywords: weight-coefficient, quality of products, expert method, statistical method, method of regressive dependences.

Відома значна кількість методів оцінювання вагових коефіцієнтів показників властивості продукції. В різних літературних джерелах вони можуть мати назву коефіцієнтів ваги, вагомості, впливу, значимості тощо. В найпростішому випадку ваговий коефіцієнт визначається як математичне сподівання частки вихідного ефекту, що вноситься окремим показником. Однак, коректніше було б шукати для вагових коефіцієнтів миттєві інтегральні значення, оскільки тоді максимально збільшувалася б вірогідність кінцевої оцінки, отриманої з їх використанням [1].

В практиці кваліметричного оцінювання вагові коефіцієнти переважно знаходяться із залученням експертів [2]. Однак, часто виявляється, що їх застосування є обмеженим, а часто неможливим.

Експертний метод (ЕМ) знаходження значень вагових коефіцієнтів показників властивостей (ПВ) продукції базуються на евристичному принципі, коли вагомість i -ої характеристики властивостей приймається як середнє значення, встановлене деякою кількістю експертів. Традиційно вважається, що ЕМ має застосування в тих випадках, коли важко або неможливо використати об'єктивні методи, або коли останні дають менш точні і вірогідні

результати, чи їх реалізація пов'язана із значними затратами [2].

Для більшості практичних задач кваліметричного оцінювання продукції визначення вагових коефіцієнтів пропонується здійснювати експертами [3, 4]. Експертна оцінка певною мірою відображає погляд споживача, що неможливо здійснити іншими методами. На думку спеціалістів - суб'єктивізм, з одного боку, є перевагою ЕМ, з іншого - саме тому метод піддається найбільшій критиці [5].

Така дуалістичність в оцінці ЕМ зумовлює пошук шляхів підвищення ефективності та вірогідності методу. За аналогією з вимірюваннями, коли якість отриманих результатів підвищують за рахунок збільшення кількості спостережень та умов виконання вимірювального експерименту, підхід до підвищення якості ЕМ пропонується здійснювати за рахунок залучення нової додаткової інформації і збільшення об'єму експериментальних даних [6, 7]. Наслідком є ускладнення і збільшення вартості методу, що свідчить про недостатню ефективність пропонуваніх заходів

До інших недоліків і неточностей ЕМ можна віднести [8]: надмірне захоплення здоровим глуздом за принципом «я сам все знаю»; низька

компетентність експертів, пов'язана із значними затратами на їх підготовку; нечітке формулювання задачі та відсутність коректної апріорної інформації; неправильна організація інформаційної взаємодії; застосування мінімальної кількості експертних процедур з метою економії коштів; можливість порушення принципу транзитивності, оскільки для ранжування застосовується шкала порядків; конформізм та кон'юнктурність експертів тощо.

Попри це, згідно літературних джерел, експертні методи, в яких задіяні кваліфіковані спеціалісти, дають достатньо точні і відтворювані оцінки. Виконані експерименти свідчать, що за умови правильної методики оцінки похибка результатів становить 5-10 %. Отримані в різних групах експериментальним шляхом результати можуть показувати високу, стабільну в часі, а також відтворюваність оцінок від експерта до експерта [2, 9].

Позитивний досвід застосування оцінок вагових коефіцієнтів встановлених експертами послужив стимулом для пошуку шляхів поєднання переваг експертних та аналітичних методів. Прикладом може виступати так званий *метод статистичного опрацювання проектів* [4]. Суть методу полягає в модифікуванні шляхів отримання експертних висновків про вагові коефіцієнти без організації діяльності груп експертів. Передбачається, що в процесі проектування певного виробу спеціаліст в самому проекті опосередковано відображає власну думку про відносну важливість окремих властивостей, які характеризують якість проекту. Провівши статистичне опрацювання достатньої кількості таких проектів, можна виявити узагальнене уявлення спеціалістів про вагові коефіцієнти.

Умовою можливості реалізації методу є перелік та конкретні значення показників властивостей вибірки однорідних зразків, а також еталонів об'єкта, що саме по собі викликає певне застереження, оскільки мова вже йде не про проект об'єкту дослідження, а його конкретні зразки. Наближене значення вагового коефіцієнта w_i i -го показника властивості шукатиметься за виразом

$$w_i = \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m \frac{K_{ij}}{\sum_{i=1}^n K_{ij}}, \quad (1)$$

де m і n – відповідно, об'єм вибірки однорідних зразків та кількість показників

властивостей; $K_{ij} = \frac{Q_{ij} - q_i^{\text{оп}}}{q_i^{\text{ем}} - q_i^{\text{оп}}}$ - відносне

значення проектного i -го показника властивості, що визначається за Q_{ij} , $q_i^{\text{оп}}$, $q_i^{\text{ем}}$ абсолютними – поточним, бракувальним та еталонним значеннями показників властивостей для сукупності j -их вибіркових зразків, відповідно.

Аналізуючи вираз (1), є очевидним, що більші значення вагових коефіцієнтів будуть отримані для тих показників, усереднені за вибіркою m поточні значення Q_{ij} яких будуть

ближчими до $q_i^{\text{ем}}$. Тобто ступінь вагомості показника буде виражатися автором проекту опосередковано через закладення для вагоміших показників об'єкту якнайкращих значень. Такий висновок безумовно є логічним, але не обов'язково однозначним, оскільки ніколи не буде достеменно відомо чи розробник проекту в своїй діяльності керувався саме такою логікою. Окрім того, в поєднанні зі складністю виконання умов для реалізації і самої реалізації метод навряд чи буде мати практичне застосування для оцінювання якості реальної продукції.

Модифікацією попереднього методу можна назвати *метод часткових коефіцієнтів кореляції* [4], який до того ж базується на подібних логічних міркуваннях. Оскільки ресурси, що можуть бути виділені на розроблення та виробництво певного об'єкту, є завжди обмеженими, то слід шукати компроміс між різними характеристиками властивостей, що можуть бути закладені в цей об'єкт. Причому частина властивостей обов'язково буде конкурувати одна з одною, що означатиме збільшення позитивних властивостей одних за рахунок погіршення інших. Керуючись тезою, висунутою в попередньому абзаці, приходимо до висновку, що розробник старатиметься якомога наблизити до еталонного значення ті

$K_{ij} = \frac{Q_{ij} - q_i^{\text{оп}}}{q_i^{\text{ем}} - q_i^{\text{оп}}}$ показники властивостей, які на

його думку є важливішими – тобто такими, що мають більші значення вагових коефіцієнтів. А це, в свою чергу, означатиме, що існує позитивний кореляційний зв'язок між значеннями таких показників властивостей і комплексною оцінкою у вигляді узагальненого комплексного показника K_j .

Як і в попередньому методі умовою реалізації є перелік та конкретні значення показників властивостей вибірки однорідних зразків, еталонів об'єкта, а також апріорна інформація про значення K_j для вибірки m однорідних зразків, яку, наприклад, повинен би

був внести експерт. Повинно бути відомо, що кількість показників є не надто великою ($i = 1, i; n \leq 25$). Також слід мати інформацію, чи дійсно для кожного об'єкта залежність $K_j = f(Q_{ij})$ має не функціональний, а стохастичний характер, та, аналогічно, чи окремі Q_{ij} не пов'язані між собою функціональними зв'язками.

З урахуванням вищевказаного вагові коефіцієнти шукатимуться через часткові коефіцієнти парної кореляції за формулою

$$w_i = \frac{r_{K_{ij}, K_j}}{\sum_{j=1}^m r_{K_{ij}, K_j}}, \quad (2)$$

де r_{K_{ij}, K_j} – коефіцієнт парної кореляції між значеннями окремого i -го показника для сукупності j -их вибіркового зразків та значеннями узагальненого комплексного показника K_j .

Шукані вагові коефіцієнти w_i можуть бути використані в подальшому при аналітичному розрахунку узагальненого комплексного показника якості наступних об'єктів, однотипних з вибіркою m апріорно оцінених об'єктів.

Відразу ж після опису виникає запитання про коректність запропонованого методу. Оскільки інформація про значення K_j для вибірки однорідних зразків є суб'єктивною, то суб'єктивними будуть і вагові коефіцієнти. А, оскільки, так, то простіше їх значення встановити описаним експертним шляхом.

Ще більш «аналітичним» можна вважати метод коефіцієнтів системи лінійних рівнянь [4, 11] або інша назва – метод регресивних залежностей [8], хоча при цьому теж не обійтись без кваліфікованого експертного висновку. Ідея полягає в аналітичному виявленні вагових коефіцієнтів тих рівнянь, якими би міг несвідомо оперувати експерт, вносячи для певного об'єкту висновок про комплексну оцінку у вигляді узагальненого комплексного показника K_j . Як і в попередньому методі, слід володіти інформацією про функціональну залежність $K_j = f(Q_{ij})$, яка повинна мати функціональний, а не стохастичний характер. Також повинна бути апріорна інформація про значення K_j для сукупності однорідних виробів, причому $n \leq m$ (1).

Для більшості практичних випадків $K_j = f(K_{ij})$ знаходять як середнє зважене арифметичне чи геометричне із системи лінійних алгебраїчних рівнянь, які, відповідно, будуть мати вигляд:

$$\left\{ \begin{array}{l} \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^n K_{ij} w_i = K_j \\ \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^n w_i \log K_{ij} = n \log K_j \end{array} \right\}. \quad (3)$$

Тоді w_i можуть бути знайдені як корені вказаних систем рівнянь.

Фактично метод наділений тими самими недоліками, що й попередній. Окрім того, для його реалізації потрібно багато апріорної інформації, яка вимагатиме попередніх складних досліджень.

Метод граничних та номінальних значень [12] мав широке практичне застосування, оскільки був внесений в керівні та нормативні документи СРСР, що стосувалися оцінювання якості продукції. Такий практичний успіх, очевидно, пов'язаний з простотою методу, який на відміну від попередніх не вимагав ні громіздких розрахунків, ні тривалих і об'ємних досліджень документації та зразків продукції. Ідея ґрунтується на застосуванні двох значень показників властивостей продукції, одне з яких відноситься до нормативного – тобто встановленого нормативною документацією (НД) гранично допустимого, для якого об'єкт ще вважається придатним або належним до певного рівня якості, та так званого номінального, яке визначається експериментально як середнє статистичне для продукції, що задовольняє вимоги НД. Тому цей метод можна кваліфікувати як повністю аналітичний, що теж можна віднести до його суттєвої переваги.

За умови, що гранично допустимі значення показників встановлені вірно і виправдані тривалим терміном їх застосування та номінальні значення розраховані для достатньої кількості однотипної продукції, для середніх зважених арифметичного та геометричного показників параметри вагомості визначаються, відповідно, за формулами:

$$w_i = \frac{1}{\overline{K}_{ij} - K_i^{zp}}, \quad w_i = \frac{1}{\log(\overline{K}_{ij} - K_i^{zp})}, \quad (4)$$

$$\sum_{i=1}^n \frac{1}{\overline{K}_{ij} - K_i^{zp}}, \quad \sum_{i=1}^n \frac{1}{\log(\overline{K}_{ij} - K_i^{zp})}$$

де \bar{K}_{ij} , K_i^{zp} – відповідно, номінальне та граничне значення для i -го показника властивостей.

Варто також зазначити, що величина допустимого інтервалу варіювання, яким є різниця між номінальним та граничним значенням $\Delta_v = |\bar{K}_{ij} - K_i^{zp}|$ для i -го показника властивостей, виступає не цілком об'єктивним критерієм для оцінки його вагового коефіцієнта, оскільки під час встановлення K_i^{zp} можуть застосовуватися найрізноманітніші критерії, зокрема, стан ЗВТ на підприємстві, рівень науково-технічного розвитку країни, де виготовляється продукція з такими показниками властивостей.

В окрему групу можна виділити *методи*, що базуються на використанні спеціалізованого математичного апарату опрацювання інформації, отриманої за результатами експертного оцінювання. Відомо, що така інформація про інтенсивність прояву досліджуваної ознаки, якою може бути впливний фактор, показник властивостей або ваговий коефіцієнт, часто є неточною, слабо структурованою і поданою у вербально-символьному вигляді. При цьому основною складністю є отримання кількісних значень названих ознак. Фактично мова йде не про окремі напрям знаходження вагових коефіцієнтів або значень впливних величин (ПВ), а про застосування для їх відображення методів математичного моделювання з використанням теорії нечітких множин, теорії прийняття рішень, імітаційного моделювання, методу Монте-Карло тощо.

Наприклад, спільною ознакою застосування апарату нечіткої логіки [13], функції бажаності Харрінгтона [14], функції міри виразності [15] та Байєсівської моделі [16, 17] є подання інформації, що отримана від експертів, як певного розподілу у вигляді таких типових функцій, як функція належності, функція бажаності Харрінгтона, функція корисності чи певний стандартний розподіл імовірності. Суть методу передбачає також, що дослідник володіє певними апріорними даними, наприклад, про вагомість окремих показників властивостей. Але вагові коефіцієнти, що ймовірно можуть бути приписані показникам, характеризуються лише нечисловою, неточною і можливо неповною інформацією (*нпн*-інформацією) на зразок того, що показник властивостей Q_i є важливішим для узагальненого показника якості, ніж показник Q_j , або вказані межі варіювання значень вагових коефіцієнтів $0 \leq a_i \leq w_i \leq b_i \leq 1$.

Застосовуючи для прикладу метод, який можна було б назвати рендомізацією невизначеності і який базується на застосуванні концепції Т. Баєса, сукупність $i = \overline{1, m}$ вагових коефіцієнтів інтерпретується як вектор в m -вимірному евклідовому просторі. Суть методу полягає в моделюванні невизначеності вибору конкретного вектора вагових коефіцієнтів $w = (w_1, w_2, \dots, w_m)$ з множини $W(I)$ всіх допустимих вагових коефіцієнтів за допомогою рендомізованого вектора вагових коефіцієнтів, заданого за допомогою деякого розподілу на множині $W(I)$. Підставлення рендомізованого вектора вагових коефіцієнтів замість детермінованого дає рендомізований узагальнений комплексний показник, який можна інтерпретувати як "числове зображення *нпн*-інформації" і який поєднує інформацію про окремі значення показників властивостей разом з нечисловою, неточною і нечіткою інформацією про значимість цих окремих показників властивостей. Тим самим задача порівняння багатокритеріальних оцінок якості двох складних об'єктів зведена до виявлення якого-небудь стохастичного домінування між двома випадковими величинами.

Метод потребує хоча і нечіткої, та все ж апріорної інформації, яку можна отримати знову ж таки експертним методом. В поєднанні з методом *регресивних залежностей* обидва підходи можна трактувати як шлях об'єктивізації процесу ранжування вагових коефіцієнтів. Але самостійно без апріорної інформації їх застосування позбавлене сенсу.

Метод еквівалентних співвідношень [8, 10], має достатньо обмежене застосування, оскільки умовою його реалізації є можливість здійснення специфічних виробничих досліджень, а також потреба їх виконання. Метод використовується лише в тих випадках, коли покращення якісних властивостей продукції дає можливість коригувати кількість цієї продукції. Для цього необхідно обґрунтовано пов'язати скорочення обсягу застосування продукції зі зміною значень окремих показників властивостей, що веде до покращення комплексного показника на задану величину. Наприклад, якій відносній зміні кількості продукції $(n + \Delta_n)/n$ є еквівалентною відносна зміна певного i -го показника властивостей $(K_i + \Delta_{K_i})/K_i$ з погляду кінцевого ефекту від використання продукції за призначенням. Або, якщо покращити значення окремого ПВ на один відсоток, то наскільки можна зменшити кількість одиниць продукції, щоби задовольнити ті самі потреби.

Тоді коефіцієнт вагомості i -го показника властивостей розраховуватиметься так:

$$w_i = \frac{(n + \Delta_n)/n}{(K_i + \Delta_{K_i})/K_i} \quad (5)$$

Попри свою зовнішню привабливість простоти і аналітичності метод практично реалізується складно. Зокрема для окремих ПВ не можна пов'язати підвищення ефективності використання продукції з їх наближенням до еталонних значень. Відповідно їх значення слід шукати іншими методами, а тоді не коректно виконуватиметься умова нормування вагових коефіцієнтів.

В роботі [18] описано так званий *змішаний метод* визначення коефіцієнтів вагомості. Посилання на комбінований принцип визначення ваги показників зустрічається також в [2]. Такі методи ґрунтуються на поєднанні вище названих методів між собою, а також з іншою інформацією, наприклад, такою як висновок споживача чи замовника щодо вагомості окремих ПВ продукції їх номенклатури або загальної евристичної оцінки якості виробу. Для реалізації методу потрібно розробляти стандартизовані алгоритми оцінювання, переліки значень коефіцієнтів вагомості та номенклатури ПВ об'єкта, що можуть бути вказані у відповідному НД, враховуючи їх поділ на групи, підгрупи аж до формування відповідно одиничних показників. Останні можна було б задавати у нормативних документах, наприклад, стандартах загальних технічних вимог [18].

Є очевидним, що всі модифікації вказаного методу у всій їх різноманітності спрямовані на врахування «споживчої» якості виробів і не мають достатнього аналітичного підґрунтя.

Серед методів визначення вагових коефіцієнтів можна виділити також групу, що базується на вартісному принципі (*метод вартісних регресивних залежностей*) [2, 10]. Коротко метод можна охарактеризувати так: вагомість i -ої характеристики властивостей приймається пропорційною до величини затрат, необхідних для забезпечення існування цієї властивості. Для цього будуються наближені залежності між витратами на створення і експлуатацію продукції і вихідними ПВ продукції.

Необхідними умовами реалізації методу є можливість визначення вартісних залежностей, виходячи з собівартості і оптової ціни продукції, яка виготовляється протягом тривалого часу та користується стійким попитом, а також

невелика кількість ПВ, які входять у вартісну залежність.

Якщо узагальнений показник якості визначатиметься за середнім зваженим арифметичним чи геометричним показником, то, побудувавши n залежностей відповідно виду

$$\frac{S}{S_0} = \sum_{i=1}^n w_i \frac{q_i}{q_{i0}}, \quad \lg\left(\frac{S}{S_0}\right) = \sum_{i=1}^n w_i \left(\frac{q_i}{q_{i0}}\right) \quad (6)$$

і розв'язавши їх, наприклад, методом найменших квадратів, отримаємо параметри регресивних залежностей, які і будуть w_i -ми ваговими коефіцієнтами. Тут q_i, q_{i0} - відповідно значення ПЯ оцінюваної продукції та базового зразка, а S, S_0 - вартісні характеристики оцінюваної продукції та базового зразка.

ВИСНОВКИ

Майже всі методи визначення вагових коефіцієнтів потребують початкової апріорної інформації, що може бути отримана тільки в результаті спеціально організованих для цього досліджень.

Більшість відомих методів передбачають наявність тої чи іншої вхідної інформації, отриманої за участю експертів.

Всі методи, навіть ті, що претендують на роль об'єктивних чи аналітичних, містять суб'єктивну складову, що прямо чи опосередковано впливає на значення вагових коефіцієнтів. Вони практично не враховують фактичні складові якості та вірогідності оцінювання значень показників властивостей і базуються, в основному, на встановлених еталонних або нормованих значеннях ПВ.

Достатньо аналітичними можна вважати методи, що базуються на економічних категоріях, але слід мати на увазі, що апріорна інформація вартісного характеру визначається ринковими відносинами, залежить від економічного розвитку суспільства і тому не може вважатися сталою.

Всі методи, за винятком методу граничних та номінальних значень, є коштовними, працесмісними і потребують або залучення вузькоспеціалізованих фахівців, або тривалих і вартісних досліджень.

1. Варжапетян А.Г. *Имитационное моделирование на GPSS/H: монография* / А.Г. Варжапетян. – М.: Вузовская книга, 2004. – 340 с.
2. Денисова А. Л., *Теория и практика экспертной оценки товаров и услуг: учеб.*

- пособие / А.Л.Денисова, Е.В.Зайцев. - Тамбов: Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2002. - 72 с. 3. Райхман Э. П. Экспертные методы в оценке качества товаров / Э. П. Райхман, Г.Г. Азгальдов. - М.: Экономика, 1974. - 321 с. 4. Азгальдов Г. Г. Теория и практика оценки качества товаров (основы квалиметрии): монография / Г. Г. Азгальдов.- М.: Экономика, 1982. - 256 с. 5. Азгальдов Г. Г. Квалиметрия. Итоги и перспективы / Г. Г. Азгальдов. // Стандарты и качество. - 1999. - №1. - С. 27-31. 6. Литвак Б.Г. Экспертные оценки и принятие решений: монография./ Б.Г. Литвак. - М.: Патент, 1996. - 190 с. 7. Квалиметрическая экспертиза: Руководство по организации экспертизы и проведению квалиметрических расчетов / под ред. В.М. Маругина, Г.Г. Азгальдова. - СПб. - М.: Русский регистр, 2002. - 517 с. 8. Варжапетян А.Г. Квалиметрия: учеб. пособие / А.Г. Варжапетян. - СПбГУАП. - СПб., 2005. - 176 с. 9. Лисицкий В.В., Методы задания весовых коэффициентов при оценке эффективности функционирования РЛС надгоризонтного обзора / В.В. Лисицкий, И.Н.Корнейко // Информационно-измерительные и управляющие системы. - 2009. - №5. - С. 87-96. 10. Шаповал М.И. Менеджмент якості: підручник./ М.И. Шаповал. - К.: Т-во «Знання», КОО, 2003. - 475 с. 11. Cima F., Campioni G., Gianisi. A Forecasting model for the market of competitive products / F. Cima., G. Campioni, G.Gianisi // Technological forecasting and social change. - 1973. - v.5, 1. - p. 51-65. 12. Аничкина В.Л. Определение коэффициентов весомости при комплексной оценке качества по номинальным и предельным допустимым значениям показателей / В.Л. Аничкина., И.Б. Погожев // Стандарты и качество. - 1971. - №12. - С. 33-36. 13. Бойко О. Оцінювання рівня якості продукції з використанням теорії нечітких множин / Оксана Бойко, Петро Столярчук // Вимірювальна техніка та метрологія. - 2009. - №70. - С. 203 - 206. 14. Алгоритм прийняття рішень при оцінюванні впливів на навколишнє середовище / Г.О. Статюха, Т.В. Бойко, В.І. Бендюг, І.Б. Абрамов // Вісник Вінницького політехнічного інституту «Інформаційні технології та комп'ютерна техніка». - 2006. - № 5. - С. 119 - 123. 15. Крісілов В.А. Інформаційна технологія прийняття рішень в задачах АСУ на базі кількісної інтегральної оцінки складних об'єктів: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня д-ра. техн. наук: спец. 05.13.06 / Крісілов В.А.: Одеський національний політехнічний університет. - Одеса: 2004. - 33 с. 16. Корников В.В. Байесовская модель обработки нечисловой, неточной и неполной информации о весовых коэффициентах / В.В. Корников, И.А. Серегин, Н.В. Хованов // Сборник докладов III международной конференции по мягким вычислениям и измерениям SCM'2000, Санкт-Петербург, 27-30 июня. 2000 г. - СПб.: Гидрометеоздат, 2000. - Т.1. - С.104-107. 17. Bayes Th. An essay towards solving a problem in the doctrine of chances // Biometrika. - 1958. - Vol. 45. - № 3 - 4. 18. Метод визначення параметрів вагомості показників якості продукції / Т.З Бубела, Т.Г.Бойко, Є.В. Походило, П.Г.Столярчук // Методи та прилади контролю якості. - 2007. - №18. - С. 76 - 78.

Поступила в редакцію 19.05.2010 р.

Рекомендував до друку докт. техн. наук, проф. Яцук В.О.