

УДК 533.6.08:53.082.6

DOI: 10.20535/1810-0546.2016.6.79968

І.І. Побережець, Л.Є. Ковальов

Уманський національний університет садівництва, Умань, Україна

## ЗАСТОСУВАННЯ ЙМОВІРНІСНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ДЛЯ ЕКСПРЕС-КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ ЯБЛУЧНИХ СОКІВ

**Background.** Quality control of plant juice in the process of its mass production.

**Objective.** Development of support system for decision making in the process of express monitoring of the plant juice quality on the basis of electroacoustic measurements.

**Methods.** Theoretical and experimental substantiation of expedience of the use of a new criterion for juice quality evaluation which is based on the regularities of distribution of electromagnetic waves due to the concentration of the dry substances in juice.

**Results.** The support system for decision making on the basis of Bayes networks in express monitoring and modeling of plant juice production is developed on the basis of their physical characteristics.

**Conclusions.** The use of the suggested support system for decision making allows increasing substantially operational efficiency of the production line due to the potential possibility for prognosticating end product quality and making fast corrections of its production regime.

**Keywords:** Bayesian network; automatized measurement complex; electroacoustic device; juice quality control.

### Вступ

Забезпечення якості продуктів харчування є невід'ємною складовою продовольчої безпеки країни, запорукою конкурентоспроможності харчової галузі на світовому ринку продовольства. Одним із провідних експортних напрямів харчової промисловості є виробництво рослинних соків. Тому одним із актуальних питань є задача створення ефективної та швидкодіючої системи контролю якості на технологічних процесах виробництва соків. Якість харчової промисловості визначається сукупністю її споживчих властивостей. Особлива роль відводиться методам експрес-контролю, які забезпечують необхідну швидкість вимірювань, що дає можливість автоматизувати поточні лінії виробництва соків, отримувати інформацію про їх якість. Огляд робіт українських і закордонних науковців [1–4] засвідчив, що найперспективнішими серед методів експрес-контролю якості продуктів харчування є електрофізичні методи, які вирізняються високою швидкодією, забезпечують високу чутливість і точність вимірювань.

Аналіз сучасних методів контролю якості соків показує, що не існує єдиного універсального експрес-методу. Кожний метод має свої недоліки і переваги.

З урахуванням позитивних сторін електроакустичних і оптичних методів було розроблено метод експрес-контролю якості рослинних соків, у основі якого лежить явище дифракції світла на просторовій фазовій дифракційній ре-

шітці, яка створюється ультразвуковою хвилею в соку [5]. Цей метод забезпечує необхідну для виробництва точність визначення сухих розчинних речовин, потребує мало часу для вимірювань, дає можливість проводити вимірювання як в окремих зразках, так і в потоці соку. Будучи простим у технічному виконанні, він дає змогу розробити автоматизовану систему контролю якості рослинних соків.

### Постановка задачі

Мета роботи: розробити математичну модель процесу виробництва рослинних соків; спроектувати і розробити систему підтримки прийняття рішень для оцінювання якості рослинних соків при експрес-контролі продукції на основі даних електроакустичних вимірювань.

### Вимірювання показників якості соку за допомогою електроакустичного вимірювального комплексу

Експрес-контроль якості рослинних соків виконувався на лінії виробництва концентрованих яблучних соків. Вимірювальний комплекс розміщувався між вакуум-випарною установкою і ємністю для охолодження концентрованого соку. Вакуум-випарна установка призначена для концентрування пектинових речовин, фруктових соків та інших розчинів органічних сполук. Вона застосовується в консервній, хімічній, фармацевтичній промисловості.

До складу електроакустичного вимірювального комплексу увійшли електромеханічний густиномір і електроакустичний пристрій, в основі принципу дії якого лежить явище дифракції світла на ультразвуковій дифракційній решітці. Концентрація сухих розчинених речовин визначається за залежністю від неї довжини ультразвукової хвилі, що поширюється в розчині. У місцях пучностей ультразвукової хвилі тиск найбільший і найбільші густина рідини та значення її показника заломлення порівняно з показником заломлення за відсутності ультразвуку. В різних місцях рідини показники заломлення різні, отже, і різні оптичні довжини шляху світлових хвиль. Утворюється фаза дифракційна решітка. Під час проходження світла через таку дифракційну решітку виникає просторова періодична зміна фази коливальних світлової хвилі.

Оскільки тривалість проходження світла через решітку дуже мала порівняно з періодом ультразвукової хвилі, розміщення дифракційних максимумів світла визначається миттєвим розподілом показника заломлення розчину. Ультразвукова решітка рухається, але її просторовий період залишається сталим і дорівнює довжині ультразвукової хвилі  $\lambda_{us}$ .

Умова утворення дифракційних світлових максимумів за нормального падіння світла:

$$\lambda_{us} \sin \varphi_m = m\lambda,$$

де  $\lambda_{us}$  – довжина ультразвукової хвилі,  $\varphi_m$  – дифракційний максимум порядку  $m$ ,  $\lambda$  – довжина світлової хвилі.

Довжина ультразвукової хвилі становить

$$\lambda_{us} = \frac{m\lambda}{\sin \varphi_m}.$$

З урахуванням того, що кут дифракції є дуже малим, маємо

$$z_m \sin \varphi_m = \operatorname{tg} \varphi_m = \frac{z_m}{F},$$

де  $z_m$  – відстань від головної оптичної осі до максимуму  $m$ -го порядку.

Тоді

$$\lambda_{us} = \frac{m\lambda F}{z_m}. \quad (4)$$

З цієї формули видно, що для визначення  $\lambda_{us}$  необхідно вимірювати лише значення  $z_m$ . За залежністю довжини ультразвукової хвилі від концентрації сухих розчинених речовин у розчині знаходиться шукана концентрація.

Електроакустичний пристрій використовується для визначення концентрації сухих розчинних речовин у прозорих соках. Пристрій складається з оптичної та електронно-акустичної частин. Електромеханічний густиномір дає можливість вимірювати густину непрозорого соку в неперервному режимі.

Керування комплексом забезпечується щитом керування, на якому встановлені прилади автоматичного регулювання: вмісту сухих речовин, температури, тиску пари, а також манометри, мановакуумметри та електрообладнання для захисту і пуску насосів. У разі аварійної зупинки двигуна щитом керування передбачається світлова і звукова сигналізація.

#### Автоматизація електроакустичного вимірювального комплексу

Система автоматизації електротехнічного комплексу побудована з урахуванням досвіду авторів [6–10] і являє собою ієрархічну трирівневу автоматизовану систему керування, де на першому рівні містяться вимірювальний комплекс та виконавчі механізми, на другому – промисловий контролер, а на третьому – автоматизоване робоче місце оператора-технолога (АРМ оператора) (рис. 1).

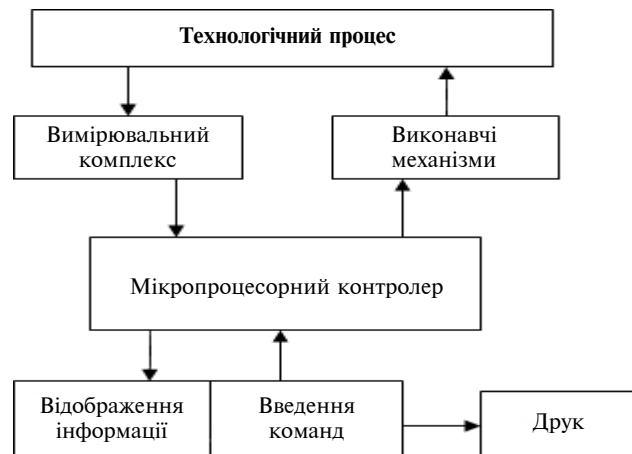


Рис. 1. Структура системи керування електротехнічним комплексом

Ця система забезпечує виконання таких функцій:

- опитування і подальша обробка сигналів від вимірювального комплексу;
- виконання робочих алгоритмів керування, виробничої і аварійної сигналізації, вироблення керуючих дій на виконавчі механізми;

– передача сигналів від вимірювального комплексу, положень виконавчих механізмів, сигналів діагностики на операторську станцію;

– забезпечення можливості оператору змінювати задані значення для регуляторів і ручне керування виконавчими механізмами;

– архівування значень технологічних параметрів і параметрів роботи устаткування, ведення протоколу аварійних ситуацій і дій оператора.

Вимірювальний комплекс і виконавчі механізми встановлюються безпосередньо на технологічному обладнанні. Їх кількість і типи визначені залежно від алгоритмів контролю і керування, які будуть реалізовані в промисловому мікропроцесорному контролері (рис. 2).

Система керування електротехнічним комплексом виробництва соків працює таким чином. Значення температури знімається у вигляді опору з чутливих елементів 1а, 2а, перетворюється в уніфікований сигнал 4–20 мА у перетворювачі 1б, 2б і передається на вхід контролера, де відбувається перетворення в цифрову

форму на модулі аналого-цифрового перетворювача. Далі відбувається регулювання, згідно з вибраним законом, в розглядуваному випадку це ПІ-закон регулювання. Величина вихідного сигналу  $Y_i$  залежить як від величини відхилення  $E_i$ , так і від суми попередніх неузгодженостей (5):

$$Y_i = \frac{1}{X_p} \left[ E_i + \frac{1}{\tau} \sum_{i=1}^n E_i \cdot \Delta t \right] \cdot 100 \%, \quad (5)$$

де  $X_p$  – смуга пропорційності;  $E_i$  – неузгодженість;  $\tau$  – стала часу інтегрування;  $\sum_{i=1}^n E_i$  – накопичена в  $i$ -й момент часу сума неузгодженостей;  $\Delta t$  – час між двома сусідніми вимірюваннями. При появі неузгодженості  $E_i$  з'являються імпульси, тривалість яких залежить від неузгодженості  $E_i$  і сталої інтегрування  $\tau$ .

Значення вихідного сигналу подається на цифро-аналоговий перетворювач, де перетво-

рюється в аналоговий сигнал, який подається на виконавчі механізми.

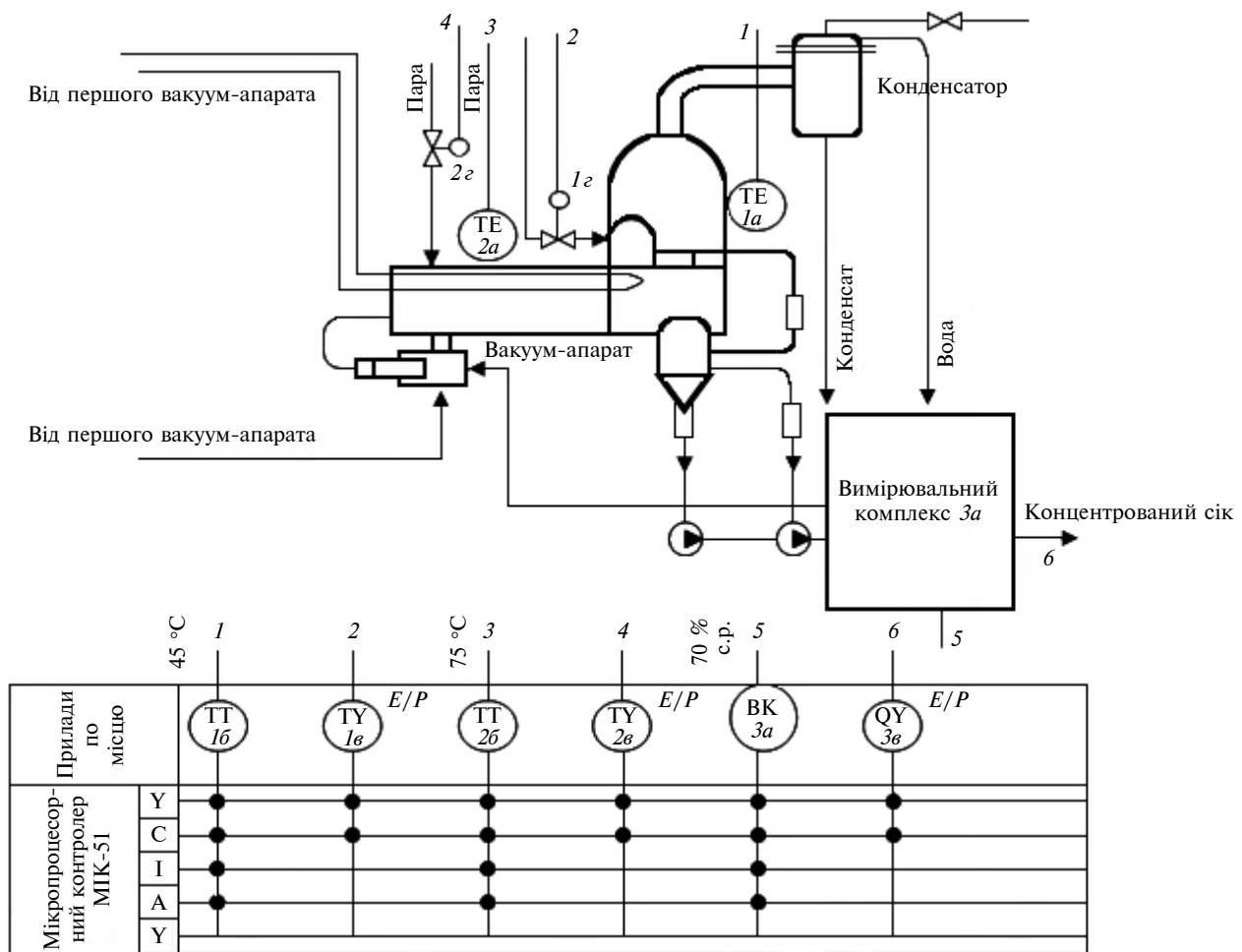


Рис. 2. Схема автоматизації вимірювального комплексу

рюється в уніфікований сигнал 4–20 мА, який потім надходить до електропнеумоперетворювача 1в, 2в. Пневматичний сигнал 20–100 кПа подається на пневматичний виконавчий механізм 1г, 2г, який змінює положення регулюючого органу згідно з керуючим сигналом мікропроцесорного контролера.

Значення величини вмісту сухих речовин знімається у вигляді електричного нормованого сигналу в чутливому елементі 3а, перетворюється в уніфікований сигнал 4–20 мА в перетворювачі 3б і передається на вхід контролера, де відбувається перетворення в цифрову форму на модулі аналого-цифрового перетворювача. Далі відбувається регулювання згідно з вибраним законом, у розглядуваному випадку це ПІ-закон регулювання. Значення вихідного сигналу подається на цифро-аналоговий перетворювач, де перетворюється в уніфікований сигнал 4–20 мА, який потім надходить до електропнеумоперетворювача 3в. Пневматичний сигнал 20–100 кПа подається на пневматичний виконавчий механізм 3г, який змінює положення триходового регулюючого органу згідно з керуючим сигналом мікропроцесорного контролера. В результаті, якщо концентрація соку не досягла заданого значення, а саме 70–75 % с.р., то потік перемикається на повторний цикл уварювання, тобто подається на вхід вакуум-випарного апарата. Якщо концентрація соку досягла заданого значення, то потік перемикається на подачу соку далі на фасування чи в ємності для подальшого зберігання.

Використання електроакустичного пристрою дає змогу одержати дані, що основані на фізичних параметрах яблучних соків, необхідних для оцінювання їх якості.

Одним зі способів оцінювання ймовірності відхилень показників якості соку є ймовірнісне моделювання. Перевагами ймовірнісного моделювання є можливість передбачити якість кінцевого продукту та швидко скорегувати режим роботи автоматизованої технологічної лінії з виробництва соків.

#### **Застосування ймовірнісного моделювання для прогнозування впливу окремих фізичних параметрів на якість рослинних соків**

Одним із варіантів гібридних систем підтримки прийняття рішень є комп'ютерні системи, що спрямовані на розв'язання таких задач інтелектуального аналізу даних, як аналіз зв'язків, класифікація, кластеризація, прогно-

зування та візуалізація, що здійснюються без залучення експертів – за навчальними даними через формування відповідного ймовірнісного висновку. Досить ефективними у цій галузі є системи підтримки прийняття рішень для інтелектуального аналізу даних на основі байєсівських мереж.

За алгоритмом евристичного методу [9, 11] була побудована мережа Байєса для оцінки якості рослинних соків.

Вхідними даними є множина навчальних даних  $S = \{s_1, s_2, \dots, s_n\}$ ,  $s_i = \{x_i^{(1)}, x_i^{(2)}, \dots, x_i^{(N)}\}$  (нижній індекс – номер спостереження, а верхній – номер змінної);  $n$  – кількість спостережень;  $N$  – кількість вершин (змінних). Кількість змінних у моделі  $N = 5$ , за які вибрано фізичні параметри соків: густину, питому електропровідність, показник заломлення, коефіцієнт в'язкості, коефіцієнт поглинання світла.

*Перший етап.* Для всіх пар вершин обчислюються значення взаємної інформації  $Set\_MI = \{MI(x^i, x^j); \forall i, j\}$ .

Після цього елементи множини  $Set\_MI$  впорядковують за зменшенням:

$$Set\_MI = \{MI(x^{k_1}, x^{k_2}), MI(x^{k_3}, x^{k_4}), (x^{k_5}, x^{k_6}), \dots\}.$$

*Другий етап.*

Крок 1. Із множини значень взаємної інформації  $Set\_MI$  вибирають перших два максимальних значення  $MI(x^{k_1}, x^{k_2})$  та  $MI(x^{k_3}, x^{k_4})$ . За цими значеннями будується множина моделей  $G$ :

$$\{(k_1 \rightarrow k_2; k_3 \rightarrow k_4), (k_1 \rightarrow k_2; k_3 \leftarrow k_4),$$

$$(k_1 \leftarrow k_2; k_3 \leftarrow k_4), (k_1 \leftarrow k_2; k_3 \rightarrow k_4),$$

$$(k_1 \leftarrow k_2; k_3 \text{ не залежить від } k_4),$$

$$(k_1 \rightarrow k_2; k_3 \text{ не залежить від } k_4),$$

$$(k_1 \text{ не залежить від } k_2; k_3 \rightarrow k_4),$$

$$(k_1 \text{ не залежить від } k_2; k_3 \leftarrow k_4),$$

$$(k_1 \text{ не залежить від } k_2; k_3 \text{ не залежить від } k_4)\}.$$

Запис вигляду  $k_i \rightarrow k_j$  означає, що вершина  $k_i$  є предком вершини  $k_j$ .

Крок 2. Здійснюється пошук серед усіх моделей множини  $G$ . Параметр  $g^*$  зберігає оптимальну структуру мережі Байєса.

Оптимальною структурою буде та, у якій найменше значення функції  $L(g, x^n)$ , де

$L(g, x^n)$  – опис мінімальної довжини структури моделі при заданій послідовності з  $n$  спостережень  $x^n = s_1, s_2, \dots, s_n$ .

Алгоритм виконання кроку 2:

1)  $g^* \leftarrow g_0 (\in G)$ ;

2)  $\forall g \in G - \{g_0\}$  якщо  $L(g, x^n) < L(g^*, x^n)$ ,

то  $g^* \leftarrow g$ ;

3) на вихід як рішення подається  $g^*$ .

Крок 3. Після того як знайдена оптимальна структура  $g^*$  із  $G$ , із множини значень взаємної інформації  $Set_{MI}$  вибирають наступне максимальне значення  $MI(x^{i\_next}, x^{j\_next})$ .

За отриманим значенням  $MI(x^{i\_next}, x^{j\_next})$  і структурою  $g^*$  будується множина моделей  $G$  у такому вигляді:

$$\{(g^*; i\_next \rightarrow j\_next), (g^*; i\_next \leftarrow j\_next), \\ (g^*; i\_next \text{ не залежить від } j\_next)\}.$$

Після цього виконується крок 2.

Умова завершення алгоритму. Евристичний метод виконуватиметься до тих пір, доки не буде проаналізовано певну кількість елементів множини або всі  $\frac{N(N-1)}{2} = \frac{5 \cdot 4}{2} = 10$  елементів множини  $Set_{MI}$ .

Результат виконання алгоритму – побудована оптимальна структура  $g^*$  мережі Байєса.

У запропонованій системі оцінки якості яблучних соків експерти не беруть участі в побудові моделі, оскільки розроблені методи побудови моделей та формування ймовірнісного висновку призначені саме для автоматичного аналізу процесів за даними, що їх описують. Ця система підтримки прийняття рішень задовольняє основні характеристики подібних систем: використовує дані та моделі у вигляді мереж Байєса. Мета застосування розробленої системи – підвищення ефективності прийняття рішень при експрес-контролі якості рослинних соків.

Архітектура системи підтримки прийняття рішень є основою для розробки комп'ютерного програмного забезпечення, яке за навчальними даними будує модель процесу у вигляді причинно-наслідкової мережі Байєса. Програма використана для дослідження роботи електровимірювального комплексу в складі автоматизованої лінії з виробництва рослинних соків.

Архітектура системи є типовою для такого класу систем, вона складається з трьох основних підсистем і передбачає модульно-блочну побудову.

У рамках розробленої системи підтримки прийняття рішень для інтелектуального аналізу даних на основі мереж Байєса реалізовано спрощений варіант бази даних, коли навчальні дані подані в текстовому вигляді. Кожен такий файл включає всі навчальні дані для всіх змінних, тобто перший стовпчик – дані для першої змінної, другий стовпчик – для другої змінної і т.д. Файл даних містить п'ять стовпців даних. Дані в одному рядку (між стовпцями) слід відділяти один від одного пропуском, знаком табуляції або крапкою з комою. У дійсних числах для відокремлення дробової частини числа від цілої використовується кома, наприклад 18,6.

Для прогнозування якості яблучного соку, який буде отримано в технологічному процесі, використана навчальна вибірка з 80 значень. На рис. 3 зображена побудована мережа Байєса.

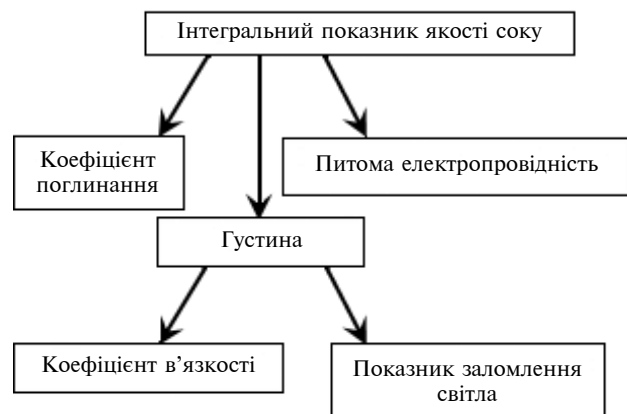


Рис. 3. Мережа Байєса для прогнозування якості яблучного соку на основі фізичних характеристик при експрес-контролі

Як змінні для аналізу якості рослинного соку розглядалися такі фізичні параметри: густина, питома електропровідність, показник заломлення, коефіцієнт в'язкості, коефіцієнт поглинання світла. Інтегральний показник якості соку відображає зміни фізичних параметрів залежно від вмісту в розчині сухих речовин.

## Висновки

Побудовано систему підтримки прийняття рішень на основі мережі Байєса для оцінювання та моделювання показників якості яб-

лучного соку при експрес-контролі на основі його фізичних характеристик. Джерелом даних є автоматизований електроакустичний вимірювальний комплекс, основними складовими якого є електроакустичний пристрій, електромеханічний густиномір та мікропроцесорний обчислювач. Розроблено структурну, принципову та функціональну схеми блоків системи підтримки прийняття рішень.

Застосування запропонованої системи підтримки прийняття рішень надає можливість підвищити ефективність роботи технологічної лінії за рахунок можливості передбачення якості кінцевого продукту та швидкого корегування режиму роботи установки для виробництва яблучного соку.

Встановлено, що застосування електровимірювального комплексу в складі автоматизо-

ваної лінії з виробництва яблучних соків забезпечило підвищення точності оцінювання якості соків та зменшення витрат праці при експрес-контролі.

У подальших дослідженнях буде розширено функціональні можливості системи підтримки прийняття рішень за рахунок додавання нових методів діагностики установки для виробництва яблучних соків і аналізу якості кінцевого продукту. Зокрема, буде розроблено і впроваджено у практику інтегровану математичну модель на основі комбінації регресійної моделі та мережі Байєса. Це дасть можливість підвищити точність оцінок прогнозів якості продукту та відповідних управлінських рішень.

#### Список літератури

1. *Іноземцев Г.Б., Яковлев В.Ф., Козирський В.В.* Акустичні технології в аграрному виробництві. – К.: Енергетика та електрифікація, 2006. – 176 с.
2. *Электрофизические, оптические и акустические характеристики пищевых продуктов / И.А. Рогов, В.Я. Адаменко, С.В. Некрутман и др.; под ред. И.А. Рогова.* – М.: Лег. и пищ. пром-сть, 1981. – 286 с.
3. *Рефрактометрическое определение сухих веществ: ГОСТ 28562–90.* – М.: Изд-во стандартов, 1990. – 12 с.
4. *Mixture analysis by NMR as applied to fruit juice quality control / M. Spraul, B. Schütz, E. Humpfer et al. // Magn. Reson. Chem.* – 2009. – 47. – S. 130–137. doi: 10.1002/mrc.2528
5. *Побережець І.І., Романовська Т.І., Романовський І.Я.* Електротехнічний комплекс експрес-контролю якості рослинних соків // Наукові праці Одеської нац. академії харчових технологій. – 2011. – № 40 (2). – С. 44–47.
6. *Пономарев Я.Ю., Ладанюк А.П., Іващук В.В.* Досвід використання нечітких регуляторів в системі автоматизації випарної установки // Автоматика. Автоматизация. Электротехнические комплексы и системы. – 2006. – № 2 (18). – Режим доступу: <http://aaecs.org/ponomarov-yayu-ladanyuk-ap-vashuk-vv-dosvd-vikoristannya-nechtkih-regulyatorv-v-sistem-atomatizac-viparno-ustanovki.html>
7. *Wójcicki T.* Use of bayesian networks and augmented reality to reliability testing of complex technical objects // J. KONBiN. – 2015. – 35, iss. 1. – P. 179–190. doi: 10.1515/jok-2015-0051
8. *Діагностування технічних об'єктів на основі штучних імунних систем і байєсівських мереж / П.І. Бідюк, Л.О. Коршевнік, В.І. Литвиненко, А.О. Фефелов // Наукові вісті НТУУ “КПІ”.* – 2011. – № 2. – С. 36–45. – Режим доступу: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/NVKPI\\_2011\\_2\\_7](http://nbuv.gov.ua/UJRN/NVKPI_2011_2_7)
9. *Довгий С.О., Бідюк П.І., Трофимчук О.М.* Системи підтримки прийняття рішень на основі статистично-ймовірнісних моделей. – К.: Логос, 2014. – 419 с.
10. *Sharapov V., Sotula Zh., Kunitskaya L.* Piezoelectric Electroacoustic Transducers. – Dordrecht, London, New York: Springer Verlag, Heidelberg, 2013. – 240 p.
11. *Байєсівські мережі в системах підтримки прийняття рішень / М.З. Згуровський, П.І. Бідюк, О.М. Терентьев, Т.І. Просянкін-Жарова.* – К.: ТОВ “Видавниче підприємство Едельвейс”, 2015. – 300 с.

#### References

1. *G.B. Inozemtsev et al., Acoustic Technology in Agricultural Production.* Kyiv, Ukraine: Energetyka ta Elektrofikatsiya, 2006 (in Ukrainian).
2. *Electro-Optical and Acoustic Characteristics of Food,* A. Rogov, Ed. Moscow: Lyogkaya i Pishhevaya Promyshlennost, 1981 (in Russian).
3. *Refractometric Determination of Dry Matter,* GOST 28562–90, 1990 (in Russian).
4. *M. Spraul et al., “Mixture analysis by NMR as applied to fruit juice quality control”, Magn. Reson. Chem.,* vol. 47, ss. 130–137, 2009. doi: 10.1002/mrc.2528

5. I.I. Poberezhets *et al.*, "Electrical complex rapid quality control of herbal juices", *Naukovi Pratsi Odes'koyi Natsional'noyi Akademiyi Kharchovoykh Tekhnolohiy*, no. 40 (2), pp. 44–47, 2011 (in Ukrainian).
6. Y.Y. Ponomaryov *et al.*, "Experience in the use of fuzzy controllers in system automation evaporation unit", *Avtomatika. Avtomatizatsiya. Elektrotehnicheskie Kompleksy i Sistemy*, no. 2 (18), 2006. Available: [aaecs.org/ponomarov-yayu-ladanyuk-ap-vashuk-vv-dosvd-vikoristannya-nechtkih-regulyatorv-v-sistem-atomatizac-viparno-ustanovki.html](http://aaecs.org/ponomarov-yayu-ladanyuk-ap-vashuk-vv-dosvd-vikoristannya-nechtkih-regulyatorv-v-sistem-atomatizac-viparno-ustanovki.html) (in Ukrainian).
7. T. Wójcicki, "Use of bayesian networks and augmented reality to reliability testing of complex technical objects", *J. KONBiN*, vol. 35, iss. 1, pp. 179–190, 2015. doi: 10.1515/jok-2015-0051
8. P.I. Bidyuk *et al.*, "Diagnosing technical objects based on artificial immune systems and Bayesian networks", *Naukovi Visti NTUU KPI*, no. 2, pp. 36–45, 2011 (in Ukrainian).
9. P.I. Bidyuk *et al.*, *Decision Support Systems on the Basis of Statistical and Probabilistic Methods*. Kyiv, Ukraine: Logos, 2014 (in Ukrainian).
10. V. Sharapov *et al.*, *Piezoelectric Electroacoustic Transducers*. Dordrecht, London, New York: Springer Verlag, Heidelberg, 2013.
11. M.Z. Zgurovsky *et al.*, *Bayesian Networks for Decision Support Systems*. Kyiv, Ukraine: Edelweiss, 2015 (in Ukrainian).

I.I. Побережець, Л.Є. Ковальов

#### ЗАСТОСУВАННЯ ЙМОВІРНІСНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ДЛЯ ЕКСПРЕС-КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ ЯБЛУЧНИХ СОКІВ

**Проблематика.** Контроль якості рослинних соків у процесі масового виробництва.

**Мета дослідження.** Розроблення системи підтримки прийняття рішень для оцінювання якості рослинних соків при експрес-контролі на основі даних електроакустичних вимірювань.

**Методика реалізації.** Теоретичне й експериментальне обґрунтування доцільності використання для оцінювання якості соків нового критерію, який ґрунтується на закономірностях поширення електромагнітних коливань залежно від концентрації сухих речовин у соках.

**Результати дослідження.** Побудовано систему підтримки прийняття рішень на основі мережі Байєса для оцінювання та моделювання показників якості рослинного соку при експрес-контролі на основі його фізичних характеристик.

**Висновки.** Побудова і застосування запропонованої системи підтримки прийняття рішень дає змогу підвищити ефективність роботи технологічної лінії за рахунок можливості передбачення якості кінцевого продукту та швидкого корегування режиму її роботи.

**Ключові слова:** мережа Байєса; автоматизований вимірювальний комплекс; електроакустичний пристрій; якість соків.

И.И. Побережец, Л.Е. Ковалёв

#### ПРИМЕНЕНИЕ ВЕРОЯТНОСТНОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ДЛЯ ЭКСПРЕСС-КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ЯБЛОЧНЫХ СОКОВ

**Проблематика.** Контроль качества растительных соков при массовом производстве.

**Цель исследования.** Разработка системы поддержки принятия решений для оценки качества растительных соков при экспресс-контроле на основе данных электроакустических измерений.

**Методика реализации.** Теоретическое и экспериментальное обоснование целесообразности использования для оценивания качества соков нового критерия, который основывается на закономерностях распространения электромагнитных колебаний в зависимости от концентрации сухих веществ в соках.

**Результаты исследования.** Построена система поддержки принятия решений на основе сети Байеса для оценки и моделирования показателей качества растительного сока при экспресс-контроле на основе его физических характеристик.

**Выводы.** Использование предложенной системы поддержки принятия решений позволяет повысить эффективность работы технологической линии за счет возможности предвидения качества конечного продукта и быстрой корректировки ее режима работы.

**Ключевые слова:** сеть Байеса; автоматизированный измерительный комплекс; электроакустическое устройство; качество соков.

Рекомендована Радою  
факультету прикладної математики  
НТУУ "КПІ ім. І. Сікорського"

Надійшла до редакції  
14 жовтня 2016 року