

ОБҐРУНТУВАННЯ ОПТИМАЛЬНОГО РЕЖИМУ ЕЛЕКТРОІОНІЗАЦІЇ ПОВІТРЯ, ЗАСТОСОВУВАНОВОГО ДЛЯ ЗБЕРІГАННЯ ПЛОДІВ ЧЕРЕШНІ СВІТЛОГО СОРТУ ДАЧНИЦЯ

Степаненко Д.С., к.т.н.

Мелітопольський державний педагогічний університет

ім. Б.Хмельницького

Проскурня Т.О., ст. викл.

Мілаєва В.І., магістр

Таврійський державний агротехнологічний університет

Тел. (0619)42-04-42

Анотація – робота присвячена можливості використання методу багатокритеріальної оптимізації при обґрунтуванні режиму електроіонізації повітря, застосовуваного для зберігання плодів черешні світлого сорту Дачниця.

Ключові слова – математичні методи, аналіз, оптимізація, задачі прийняття рішень.

Постановка проблеми.

При обробці експериментальних даних у наукових дослідженнях найчастіше використовують статистичні методи, в основі яких лежать уявлення й методи теорії ймовірностей - розділу математики, що вивчає випадкові явища, для яких результат не може бути передвіщений однозначно. У теорії ймовірностей використовуються методи аналізу випадкових подій і величин на основі вихідних ймовірностей, а завдання математичної статистики полягають у тому, щоб на основі отриманих експериментальних даних, які в цілому змінюються непередбаченим образом отримати надійні висновки щодо основних параметрів моделі. Результат вимірювання є випадковою величиною, що задається безліччю можливих значень [4].

Задача прийняття рішень надзвичайно гостро стоїть перед науковими робітниками, які завжди стоять перед вибором найкращого (найбільш без ризикового, дешевого, якісного...) рішення з множини існуючих альтернатив. Пошук оптимальних умов є однією з найбільш розповсюджених науково-технічних задач.

Найбільш часто використовуваним засобом підтримки пошуку ефективних рішень складних проблем є математичні методи оптимізації.

Вони виникають у той момент, коли встановлена можливість проведення процесу і необхідно знайти найкращі (оптимальні) умови його реалізації. При цьому необхідно завжди чітко формулювати, в якому сенсі умови повинні бути оптимальними. Цим визначається вибір мети

досліджень. Задачі, сформульовані таким чином, називаються задачами оптимізації, а процес їх вирішення – оптимізацією.

У найбільш загальному значенні теорія прийняття оптимальних рішень являє собою сукупність математичних і чисельних методів, орієнтованих на знаходження найкращих варіантів з безлічі альтернатив, що дозволяють уникнути їхнього повного перебору.

Завдання проектування складних систем завжди багатокритеріальні, тому що при виборі найкращого варіанта доводиться враховувати багато різних вимог, пропонованих до системи, і серед цих вимог зустрічаються суперечні одна одній [4].

Застосуванням методів багатокритеріальної оптимізації, математичних і інструментальних методів економіки, включаючи статистику, економетрику, прогностику можна підтвердити обґрунтованість і вірогідність наукових положень, висновків і рекомендацій.

Аналіз останніх досліджень. Практична потреба суспільства в наукових основах прийняття рішень виникла з розвитком науки й техніки тільки в XVIII столітті. Початком науки "Теорія прийняття рішень" варто вважати роботу Жозефа Луї Лагранжа, значення якої полягало в наступному: скільки землі повинен брати на лопату грабар, щоб його змінна продуктивність була найбільшою. Виявилось, що ствердження "бери більше, кидай далі" невірне. Бурхливе зростання технічного прогресу, особливо під час і після другої світової війни, ставило всі нові й нові завдання, для розв'язання яких залучалися й розроблялися нові наукові методи. Можна виділити наступні науково-технічні передумови становлення "Теорії прийняття рішень": подорожчання "ціни помилки". Чим складніше, дорожче, масштабніше планований захід, тим менше припустимі в ньому "вольові" рішення й тем важливіше стають наукові методи, що дозволяють заздалегідь оцінити наслідки кожного рішення, заздалегідь виключити неприпустимі варіанти й рекомендувати найбільш вдалі; прискорення науково-технічної революції техніки й технології. Життєвий цикл технічного виробу скоротився настільки, що "досвід" не встигав накопичуватися й було потрібно застосування більш розвиненого математичного апарата в проектуванні; розвиток ЕОМ. Розмірність і складність реальних інженерних завдань не дозволяло використовувати аналітичні методи.

Як часто це буває, ця наука, з одного боку, стала певною галуззю інших більш загальних наук (теорія систем, системний аналіз, кібернетика й т.д.), а з іншого, стала синтезом певних фундаментальних більш приватних наук (дослідження операцій, оптимізація й т.д.), створивши при цьому й власні методології [3].

Широка опора системного аналізу на дослідження операцій приводить до таких його надомних розділів, як постановка завдань ухвалення рішення; опис безлічі альтернатив; дослідження багатокритеріальних завдань; *методи вирішення завдань оптимізації*; обробка експертних оцінок; робота з макромоделями системи.

Прикладами *задач оптимізації* може бути вибір оптимальних режимів обробки, оптимального складу багатокомпонентних сумішей, сплавів, підвищення продуктивності діючих установок, підвищення якості продукції, зниження витрат на її отримання та ін. [1-7].

Останнім часом все більшу увагу приділяють динамічним задачам багатокритеріальної оптимізації, у яких потрібно знайти ефективні рішення задач проектування динамічних систем. Методи аналізу таких задач можуть бути засновані на використанні методів оптимізації динамічних систем, основи яких були закладені Л.С. Понтрягіним і його школою, а також школами А.Б. Куржанського й Ф.Л. Черноусько, які розвиваються у нашій країні поряд зі школою Л.С. Понтрягіна, і методів у задачах багатокритеріальної оптимізації, розроблювальних школою П.С. Краснощогова. [6]. Відомі також методики багатокритеріального аналізу, які використовуються в технічних системах [7].

Формулювання цілей статті. Важливим достоїнством методу багатокритеріальної оптимізації є його універсальність, приналежність у великій більшості галузей дослідництва, що цікавлять сучасних науковців. Виходячи з цього факту, ми поставили перед собою за мету обґрунтувати оптимальний режим обробки негативними іонами плодів черешні світло-забарвленого сорту Дачниця при закладці їх на зберігання, використовуючи даний метод.

Основна частина. Встановлення закономірностей, яким підлягають масові випадкові явища, засновано на вивченні методами теорії ймовірностей статистичних даних – результатів спостережень.

Задачі прийняття рішень можна розглядати наступним чином. Нехай є у наявності:

- декілька однотипних альтернатив (об'єктів, дій і т.п.);
- головний критерій (головна ціль) порівняння альтернатив;
- декілька груп однотипних факторів (окремих критеріїв, об'єктів, дій і т.п.), що впливають визначеним чином на відбір альтернатив.

Необхідно кожній альтернативі поставити у пріоритет (число) – отримати рейтинг альтернатив. При чому, чим більш краща альтернатива по вибраному критерію, тим значніший її пріоритет. Прийняття рішень ґрунтується на величинах пріоритетів.

Після того, як зроблено вибірку і стали відомі її статистичні дані (варіанти, елементи і т.п.), виникає необхідність представити ці дані у вигляді, зручному для рішення даної задачі. На практиці використовують багато різноманітних видів представлення статистичних даних (текстовий табличний, графічний види, варіаційний ряд).

Якщо при статистичній обробці сукупність байдужно в якій послідовності записувати дані, то буває зручним розмістити ці дані (варіанти) у відповідності з їх значенням або по зростанню (сукупність, що не убиває), або по убиванню (сукупність, що не зростає). Цей процес називається ранжируванням. А місце кожної варіанти у ранжируваному ряді називається рангом.

Послідовність варіант, записана у порядку зростання (убування) називається ранжируваним рядом.

В основі математичного методу багатокритеріальної оптимізації покладено використання механізму прийняття рішень за багатьма критеріями, які дозволяють виключити вплив одиниць виміру показників властивостей досліджуваних продуктів сільськогосподарського виробництва, а також вплив величин інтервалів допустимих значень кожного показника на оптимальний варіант (цільову функцію) [1,2].

Визначення узагальненого параметра оптимізації пов'язано із створенням єдиного признака, що кількісно визначає функціонування досліджуваного об'єкта з багатьма вихідними параметрами. Кожний вихідний параметр – відгук – має свій фізичний смисл, свою розмірність. Щоб поєднати різні відгуки, необхідно ввести для всіх них штучну метрику і вибрати правило комбінування вихідних відгуків у узагальнений показник. Єдиного правила не існує, тут можна йти різними шляхами і вибір їх неформалізований [2,7].

Обґрунтуємо вибір оптимального варіанту електроіонізації повітря, застосовуваного для зберігання плодів черешні світло забарвленого сорту Дачниця.

Досліджуваними показниками плодів черешні, які характеризують якість продукту наприкінці періоду зберігання, є: органічні кислоти, цукри, інтенсивність дихання, які ми будемо вважати критеріями (A_j).

Позначимо:

- вміст у плодах черешні органічних кислот - A_1 ; цукрів - A_2 ; інтенсивність дихання - A_3 .

- $f_j^+ \rightarrow \backslash f_j$ - перевід значення зазначених показників в безрозмірні величини (де f_j - несумірні за значенням критерії A_j ; $\backslash f_j$ - безрозмірні величини).

Для виключення впливу одиниць вимірювання показників плодів, що перебувають на зберіганні, проводимо операцію нормування, яка дозволить перевести значення показників у безрозмірні величини, тобто

$$f_j \rightarrow \backslash f_j$$

де f_j - несумірні за значенням критерії A_j ;

$\backslash f_j$ - безрозмірні величини.

Для цього необхідно встановити максимальне f_j^+ та мінімальне f_j^- значення j -го критерію досліджуваного сорту плодів x_i .

1. Встановлення максимального та мінімального критеріїв досліджуваного сорту плодів (у визначених одиницях вимірювання) з урахуванням індивідуальних допусків (чисельні значення дослідних результатів табл. 1):

$$f_j^- = f(x_i)_{\min} - 5\%;$$

$$f_j^+ = f(x_i)_{\max} + 5\%,$$

де $f(x_i)_{min}$ – мінімальне значення критерію A_j ;
 $f(x_i)_{max}$ - максимальне значення критерію A_j ;
 5% - допустима похибка досліду (у практичних дослідженнях застосовується найбільш часто [3]).

Приклад розрахунку для вмісту органічних кислот у плодах черешні:

$$f_1^- = 0,09 - 0,05 = 0,04;$$

$$f_4^+ = 0,29 + 0,05 = 0,34;$$

Приклад розрахунку для вмісту загального цукру у плодах черешні:

$$f_1^- = 4,16 - 0,05 = 4,11;$$

$$f_2^+ = 7,96 + 0,05 = 8,01;$$

Приклад розрахунку для інтенсивності дихання плодів черешні:

$$f_3^- = 36,2 - 0,05 = 36,15 ;$$

$$f_2^+ = 49,8 + 0,05 = 49,85;$$

2. Оптимальне значення j -го критерію встановлюється, виходячи з наступного правила:

- якщо оціночний критерій f_j наближається до мінімального значення, тобто $f_j^{opt} \rightarrow min$, то $f_j^{opt} = f_j^-$;
- якщо оціночний критерій f_j наближається до максимального значення, тобто $f_j^{opt} \rightarrow max$, то $f_j^{opt} = f_j^+$;

У нашому випадку $f_1^{opt} \rightarrow max$;
 $f_2^{opt} \rightarrow max$;
 $f_3^{opt} \rightarrow min$;

Наближення оптимального значення j -го критерію ($f_j^{opt} \rightarrow min$; $f_j^{opt} \rightarrow max$) враховується при виборі формул для проведення операції нормування.

Якщо $f_j^{opt} \rightarrow min$, то операція нормування відбувається по формулі:

$$\backslash f_j(x_i) = \frac{(f_j^+ - f_j(x_i))}{(f_j^+ - f_j^-)} \quad (1),$$

якщо $f_j^{opt} \rightarrow max$, то операція нормування відбувається по формулі:

$$\backslash f_j(x_i) = \frac{(f_j(x_i) - f_j^-)}{(f_j^+ - f_j^-)}, \quad (2)$$

де $\backslash f_j(x_i)$ – значення j -го критерію в нормованому вигляді для визначеного режиму іонізації повітря;
 $f_j(x_i)$ - значення j -го критерію для визначеного режиму іонізації повітря в одиницях виміру;

$[f_j^+; f_j^-]$ – область допустимих значень j -го критерію іонізації повітря.

Для критеріїв $A_1, A_2, f_1^{opt} \rightarrow \max$, тому для розрахунків використовуємо формулу (2):

$$f_1(x_1) = \frac{(0.29 - 0.04)}{(0.34 - 0.04)} = 0.83;$$

Аналогічно проводяться розрахунки для всіх наведених варіантів і результати зводяться у таблицю 2.

Для критерію $A_3, f_3^{opt} \rightarrow \min$, тому для розрахунків використовуємо формулу (2):

$$f_3(x_1) = \frac{(49.85 - 36.2)}{(49.85 - 36.15)} = 0.996;$$

Аналогічно проводяться розрахунки для всіх наведених варіантів і результати заносяться у таблицю 2.

При рішенні поставленої задачі використовуємо математичну модель об'єкта дослідження, під якою будемо розуміти рівняння, що пов'язує параметр оптимізації з факторами. Це рівняння у загальному вигляді можна представити як $y = \varphi(x_i)$.

Переходимо до визначення значень цільової функції $\varphi(x_i)$ (оптимальний режим електроіонізації повітря):

$$\varphi(x_i) = \sum_{j=1}^n |f_j(x_i) - f_j(x'')| \rightarrow \min, \quad \text{де } 0 \leq f_j(x_i) \leq 1 \quad (3)$$

$$f(x'') = 1 \text{ (приймаємо, доведено математично)}$$

де $\varphi(x_i)$ – цільова функція i -го режиму;

n – кількість критеріїв;

$f_j(x_i)$ – значення j -го критерію в нормованому вигляді для i -го режиму;

$f_j(x'')$ – значення j -го критерію в нормованому вигляді для кращого режиму;

x'' – кращий режим (з оптимальними значеннями критерію).

Вибір кращого режиму іонізації повітря визначається з умов найбільшого наближення її цільової функції $[\varphi(x_i)]$ до цільової функції кращої концентрації $[\varphi(x'')]$, яка дорівнює нулю (приймаємо, доведено математично).

Визначення значень цільової функції $\varphi(x_i)$ для 1 режиму електроіонізації (5000 В; 5 хв.), за формулою (3):

$$\varphi(x_i) = \sum_1^7 |0.83 - 1| + |0.996 - 1| + |0.987 - 1| + |0.187$$

Чим менша величина цільової функції концентрації $\varphi(x_i)$, в діапазоні значень критеріїв досліджуваних режимів, тим краще.

На цьому принципі заснована побудова ранжируваного ряду (ранг – це кількісна оцінка параметру оптимізації, яка носить умовний (суб'єктивний) характер). Ми ставимо у відповідність якісному признаку деяке число – ранг.

Для всіх наведених варіантів проводяться аналогічні розрахунки, і результати заносяться в табл. 2.

Таким чином, отримані данні для вибору оптимальних режимів електроіонізації повітря представляються у вигляді таблиці, де визначені критерії f_j , які характеризують властивості A_j представлені у безрозмірному вигляді та у шкалах.

Результатом наведеного розрахунку є побудова ранжируваного ряду у порядку убутання отриманих значень цільових функцій і вибір оптимального режиму оброблення повітря, який проводиться за умов найбільшого наближення цільової функції до нуля, тобто за умов найбільшого наближення цільової функції до математичного виразу: $\varphi(x_i) \rightarrow \varphi(x'')=0$.

Таблиця 1 - Показники плодів черешні сорту Дачниця, оброблених ЕПІ (25 доба зберігання) $M \pm m, n=5$

Режими обробки		Біохімічні показники плодів		
		Титруєма кислотність, %	Загальний цукор, %	Інтенсивність дихання, мг CO ₂ /кг/ г
Контроль (15 доба зберігання)		0,22±0,20	48,2±0,25	4,62±0,61
X ₁	5000 В;5 хв.	0,29±0,021	7,96±0,234	36,2±0,231
X ₂	5000 В;10 хв.	0,18±0,034	6,34±0,351	47,6±0,621
X ₃	5000 В;20 хв.	0,13±0,121	4,81±0,472	44,0±0,511
X ₁	10000 В;5 хв.	0,14±0,068	5,16±0,621*	49,8±0,324
X ₂	10000 В;10 хв.	0,11±0,098	4,98±0,322*	47,1±0,144
X ₃	10000 В;20 хв.	0,09±0,063	4,16±1,411*	49,1±0,471

* - розходження достовірні при порівнянні з контролем $p < 0,05$

Таблиця 2 – Узагальнююча таблиця математичних розрахунків для вибору оптимального режиму електроіонізації повітря для обробки плодів черешні сорту Дачниця перед закладенням на тривале зберігання

Режим обробки	Показники плодів (критерії A_j)						Значення цільових функцій $\varphi(x_i)$	Ранг
	Титр. кислоти		Цукри		Інтенсивність дихання			
	f_1 (%)	$\sqrt{f_1}$	f_2 (%)	$\sqrt{f_2}$	f_3 мг CO ₂ /кг/ г	$\sqrt{f_3}$		
Контроль	0,22	0,382	48,2	0,101	4,62	0,012	2,505	7
5000 В; 5 хв	0,29	0,830	36,2	0,996	7,96	0,987	0,187	1
5000 В; 10 хв	0,18	0,467	47,6	0,164	6,34	0,572	1,797	2
5000 В; 15 хв	0,13	0,300	44,0	0,427	4,81	0,179	2,094	3
10000 В; 5 хв	0,14	0,333	49,8	0,004	5,16	0,269	2,394	5
10000 В; 10 хв	0,11	0,233	47,1	0,201	4,98	0,223	2,333	4
10000 В; 15 хв	0,09	0,166	49,1	0,055	4,16	0,013	2,766	6

Висновки. Результати наведених розрахунків дають можливість математично обґрунтувати вибір оптимального режиму іонізації повітря електричним струмом коронного розряду для обробки ним плодів черешні світлого сорту Дачниця при закладенні їх на зберігання.

Отриманий у результаті розрахунків ранжируваний ряд має наступний вигляд (у порядку погіршення отриманих результатів): 10000 В, 15 хв; 10000 В, 5 хв.; 10000 В, 10 хв.; 5000 В, 15 хв.; 5000 В, 10 хв.; 5000 В, 5 хв.

Кращий результат зберігання плодів черешні, отриманий нами, показав, що оптимальним режимом електроіонізації повітря є напруга 5000 В при експозиції 5 хвилин.

Література.

1. Адлер Ю.П. Введение в планирование эксперимента.-М.: Металургия, 1969.- 243 с.
2. Адлер Ю.П., Маркова Е.В., Грановский Ю.В. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий.- М.: Наука, 1976.- 279 с.
3. Ахназарова С.Л., Кафаров В.В. Оптимизация эксперимента в химии и химической технологии.-М.: Высшая школа, 1978.- 241 с.
4. Венцель Е.С. Теория вероятностей.- М.: Наука, 1971.- 314 с.
5. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта.- М.: Агропромиздат, 1985.-352 с.
6. Применение математических методов для исследования многокомпонентных

- систем. Сб. под ред. *И.Г.Зедгенидзе* и др. –М.: Металургія, 1974.- 352 с.
7. *Соболь И.М., Статников Р.Б.* «Выбор оптимальных параметров в задачах со многими критериями»; М., 1985, 112с.

**SUBSTANTIATION OF THE OPTIMUM MODE OF
ELECTROIONIZATION OF AIR APPLIED TO STORAGE OF FRUITS OF
THE SWEET CHERRY OF THE LIGHT GRADE THE SUMMER
RESIDENT**

Stepanenko D.S., Proscornya T.O., Milayeva V. I.

The summary – work is devoted possibility of use of a method of multi-criterion optimization at a substantiation of a mode of electroionization of air applied to storage of fruits of a sweet cherry of a light grade the Summer resident.

