

МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ФОРМУВАННЯ ПЛАНУ ЗАВДАННЯ НА ВИПУСК ПРОДУКЦІЇ, ЯКА РЕАЛІЗОВАНА НА ОСНОВІ ЕКСПЕРТНИХ ОЦІНОК

Тарасюк В.П.

Донецький національний технічний університет, м. Донецьк
кафедра електронної техніки
E-mail: vita@kita.dgtu.donetsk.ua

Abstract

Tarasyuk V.P. Mathematical model of forming of plan of task on the issue of products, realized on the basis of expert estimations. The improved mathematical model of forming of plan of task on the issue of products is offered, on the basis of vehicle of the dynamic programming. This model is realized on the basis of expert estimations and is described the separate sides of functioning of technological process, namely volumes of the produced products depending on the resources used on production of unit of separate product

Загальна постановка проблеми. В теперішній час кондитерське виробництво є однією з перспективних галузей, що визначають економічний розвиток Донецького регіону. Це пояснюється тим, що кондитерські вироби є висококалорійним, енергетично цінним харчовим продуктом, який володіє високим попитом у населення. Конкуренція на ринку кондитерської продукції пред'являє високі вимоги до об'єктивного аналізу і експертної оцінки вибору асортименту і якості продукції, що випускається.

Підвищення ефективності виробництва можливе за рахунок підвищення продуктивності технологічних процесів, поліпшення якості продукції, що випускається, зниження об'єму незавершеного виробництва і страхових запасів за рахунок локалізації і синхронізації регламентованого випуску товару.

Аналіз випуску продукції кондитерським підприємством показав, що укрупнено повна задача управління визначається за допомогою трьох страт і із загальносистемної точки зору включає три основні функції: формування плану завдань на випуск продукції; координацію однотипних технологічних операцій; управління технологічними процесами (ТП) [1].

У зв'язку з цим було визначено, що удосконалення структури автоматизованої системи управління технологічним процесом приготування пралинових мас можливе за рахунок включення в контур управління експертних оцінок, а саме за рахунок об'єднання всіх функцій обробки інформації і управління в єдиній системі, що охоплює всі етапи від аналізу попиту на продукцію до управління окремими операціями технологічного процесу, з урахуванням автоматизації експертних оцінок, що використовуються на кожному рівні управління.

Аналіз публікацій і розробок по темі. Питанням розробки автоматизованих систем управління кондитерськими технологічними процесами присвячений ряд наукових робіт і публікацій. Суттєвий внесок в теоретичне і практичне дослідження в цій області внесли учені і фахівці: Чичикало Н.І., Кожанов Ю.Г., Карпін Е.Б., Благовещенська М.М., Воронін В.О., Драгілев А.І., Лурье І.С., Трішин Ф.А, Штангеева Н.І. та інші [2,3]. Разом з тим, в проведених роботах недостатньо розглянуті можливості інтелектуалізації управління і дослідження ТП, а також можливості гнучкого взаємозв'язку паралельних технологічних процесів в комплексі загального управління випуском продукції з урахуванням формалізованих знань експертів-кондитерів.

Постановка задачі досліджень. Автоматизація технологічного процесу приготування пралинових мас ґрунтується на принципі об'єднання всіх функцій обробки інформації і управління в єдиній системі, що охоплює всі етапи від аналізу попиту на продукцію до управління окремими операціями технологічного процесу. Для досягнення поставленої мети

повинні бути вирішені наступні основні задачі: розробити структуру автоматизованої системи управління технологічним процесом приготування пралінових мас на основі експертних оцінок; використовувати спеціальні знання інженера-технолога кондитерського виробництва для побудови математичної моделі формування плану завдання на випуск продукції, бази знань і методик автоматизованого управління продуктивністю кондитерських ліній і проектуванням робочих рецептур; створити комплекс інформаційного, програмного, технічного забезпечення для реалізації розроблених алгоритмів і методик.

Основою матеріал і результати роботи. Структура управління технологічними процесами кондитерського виробництва є складною багаторівневою ієрархічною системою. Для вдосконалення системи управління необхідно розробити інтегровану автоматизовану систему, яка використовує ЕОМ у всіх аспектах виробництва, включаючи управління технологічними процесами на базі експертних оцінок для отримання продукції заданої якості і поліпшення планування виробництва в цілому.

Як було розглянуто в [4], експертна оцінка необхідна для:

- формування плану завдання на випуск продукції і централізованого управління продуктивністю ТП з урахуванням їх пристосованості до ринку збуту;
- зниження витрат виробництва за рахунок обліку взаємодій між однотипними операціями паралельних ТП;
- забезпечення отримання готової продукції заданої якості.

Для вирішення цих задач структура системи управління сукупністю ТП кондитерського виробництва представляється як багатоешелонна [1]. Це поняття ієрархії має на увазі, що: система складається з сімейства чітко виділених взаємодіючих підсистем; деякі з підсистем є ухвалюючими рішення елементами; приймаючі рішення елементи розташовуються в ієрархічному порядку: деякі з них управляються іншими вирішальними елементами. Структурна схема багаторівневої організаційної ієрархії системи управління приведена на рис. 1.

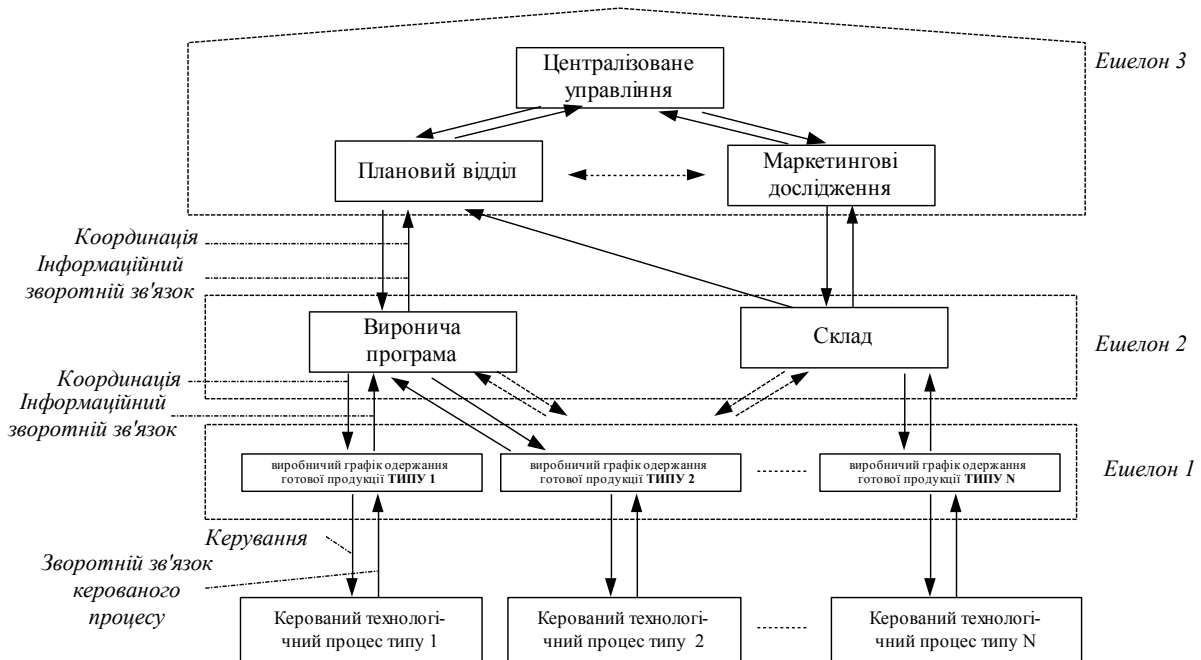


Рисунок 1 — Структурна схема багаторівневої організаційної ієрархії системи управління технологічними процесами кондитерського виробництва

Тут елементи нижчого рівня можуть впливати на дії вищого елемента — як безпосередньо, забезпечуючи його всією запрошуваною їм інформацією, так і побічно, за допомогою ухвалюваних ними рішень, оскільки кінцеве рішення вищого елемента залежить від того, як працюють системи нижчого рівня. В ході обміну інформацією вищий елемент має перевагу і може зажадати

інформацію потрібного йому вигляду. Звичайно ця інформація пов'язана з оцінкою процесу ухвалення рішення нижчими елементами.

Відповідно до поставлених вище задач автоматизована система управління будується за модульно-ієрархічним принципом і відповідає наступним вимогам:

- математична модель кожного модуля адекватно відображає функції відповідного ешелону ієрархічної системи управління;
- процес функціонування кожного ешелону побудований з урахуванням принципів взаємодії нижчих рівней з вищими;
- кожен модуль має достатній ступінь деталізації і чутливість до зміни технологічних, організаційних параметрів функціонування кондитерських технологічних процесів.

При цьому продуктивність технологічних ліній, при максимальному завантаженні обладнання, може бути вищим, ніж попит на продукцію. Тому в такій системі неминуче виникають розбіжності між наперед складеним планом і його фактичним виконанням. Відсутність координації може приводити або до часткових зривів випуску заданих партій готової продукції (через відхилення параметрів від заданих значень), або до надмірного збільшення складських запасів. Це можна усунути за рахунок упровадження АСУТП, тому що дозволяє перевести виробничий процес на якісно новий ступінь розвитку, що характеризується вищою в порівнянні з попереднім ступенем організацією (впорядкованістю) [5].

В результаті аналізу показників ефективності функціонування кондитерського підприємства було визначено, що прибуток кондитерського підприємства по всіх видах продукції, що випускається, визначається, як

$$D = \sum_{k=1}^n C_k C_k Q_k - \sum_{i=1}^m Z_i \quad (1)$$

де C_k — ціна k -го виду продукції; C_k — індекс якості k -го виду продукції; Q_k — об'єм випуску k -го виду продукції. Максимальний ефект досягається при максимізації функції корисності D , за рахунок координації випуску продукції k -го виду за період T , регламентації асортименту товарів, що випускаються, а також підвищення якості продукції, що випускається.

При випуску продукції декількох типів S , для кожного j -го визначається комплексний показник якості продукції — K_{0j} , що обчислюється методом середнього зваженого зокрема по формулі

$$K_{0j} = \sum_{i=1}^m K_i \alpha_i, \quad (2)$$

де: K_i — показник i -тої властивості оцінюваної продукції j -го типу;

α_i — коефіцієнт вагомості показника K_i .

З формули (2) видно, що K_{0j} характеризує m різних властивостей продукції. Він, як і всі комплексні показники, які обчислюються методами середнього зваженого, є умовною величиною, яка виражається в умовних одиницях обчислення. Крім того, для кожного з S різних видів продукції в даному періоді визначають також відповідні базові значення показників K_{i0} , і обчислюють коефіцієнт вагомості продукції по формулі $\beta_i = S_i / \sum_{i=1}^S S_i$, де S_i — вартість продукції i -го виду в даний період. Індекс якості продукції за цей період обчислюють по формулі $C = \sum_{i=1}^S \beta_i \frac{K_i}{K_{i0}}$. Ці

коефіцієнти і показники є комплексними і визначаючими при винесенні експертної оцінки рентабельності виробництва і при плануванні об'єму Q_i^0 i -го виду продукції. Тому пропонується структурна схема багаторівневої організаційної системи управління (рис.2), яка забезпечує досягнення максимального індексу якості, шляхом включення автоматизованої експертної оцінки на кожному рівні.

Основними модулями тут є: автоматизований модуль (АМ) формування плану завдання випуску продукції, автоматизований диспетчер, що формує розклад завантаження обладнання на

підставі даних з аналізатора про хід ТП і відповідно до завдання на випуск готової продукції кожного типу; АМ управління технологічними процесами, що відпрацьовують завдання на випуск готової продукції за розкладом, який побудований за допомогою експертних оцінок.

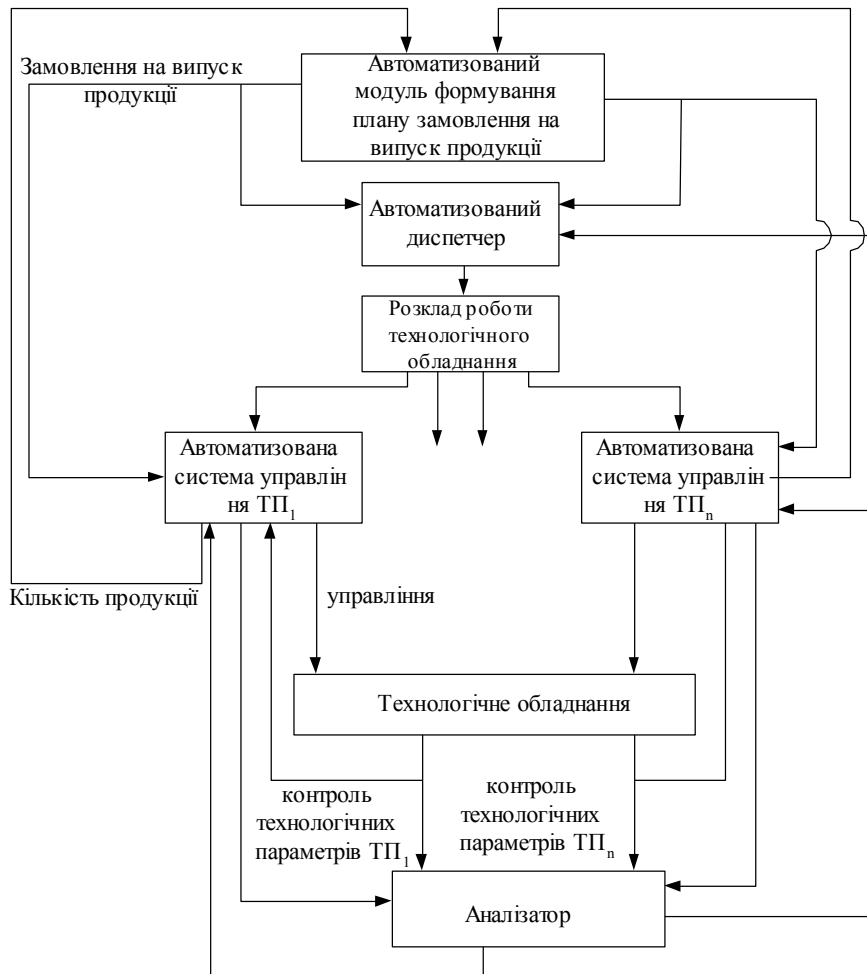


Рисунок 2 — Структурна схема автоматизованої системи управління

У загальному випадку задача формування плану завдання на випуск продукції для кожного ТП з урахуванням пристосування до ринку збуту є задачею лінійного програмування. Проте, існуюча модель містить спрощуючі передумови. Тому була запропонована математична модель, що враховує вплив попиту споживача на об'єми виробленої продукції і описує окремі сторони функціонування кондитерських технологічних процесів, а саме об'єми продукції, що випускається, залежно від ресурсів, використовуваних на виробництво одиниці продукту і попиту на неї споживача. Модель побудована з урахуванням експертної оцінки і представлена у вигляді алгоритму з використанням апарату динамічного програмування.

Є система кондитерського виробництва, яка планує свою роботу на n періодів. Її діяльність зводиться до забезпечення попиту споживачів на деяку продукцію L , для чого вона здійснює виробництво даного продукту. Попит споживачів в даній моделі розглядається як деяка інтегрована величина, що приймає задані значення для кожного з періодів, і він повинен задовольнятися. При цьому стоїть задача управління об'єктом, який може перебувати в різних станах [6]. Поточний стан об'єкту ототожнюється з деяким набором параметрів, що позначається надалі вектором стану ξ . Передбачаємо, що задана безліч Ξ всіх можливих станів. Для об'єкту визначено також безліч управляючих дій X , які можуть здійснюватися в дискретні моменти часу, причому рішення управління полягає у виборі одного з управлінь $x_k \in X$.

Введені позначення: y_k — залишок запасу продукції L після $(k-1)$ -го періоду; d_k — наперед відомий сумарний попит в k -му періоді; Q_k — об'єм виробництва продукції L в k -му періоді; $z_k(Q_k)$ — витрати на виконання продукції L об'єму Q_k в k -му періоді; $s_k(\xi_k)$ — витрати на зберігання запасу об'єму ξ_k в k -му періоді (збитки від нерентабельності виробництва).

Після виробництва і задоволення попиту об'єм товару, що підлягає зберіганню в період k , складе $\xi_k = y_k + Q_k - d_k$. Враховуючи значення параметра y_k , можна записати співвідношення: $\xi_k = \xi_{k-1} + Q_k - d_k, k \in 2:n$. Витрати на виробництво і зберігання товару в період k описуються функцією $f_k(Q_k, \xi_k) = z_k(Q_k) + s_k(\xi_k), k \in 1:n$. В результаті формується вектор $Q = (Q_1, Q_2, \dots, Q_n)$, компонентами якого є послідовні завдання на випуск продукції [7,8]. Співвідношення між запасами в поєднанні з початковою умовою пов'язує стани системи з вибраним планом і дозволяє виразити сумарні витрати за всі n періодів функціонування системи керування кондитерським виробництвом у формі адитивної цільової функції:

$$F(Q) = \sum_{k=1}^n f_k(Q_k, \xi_k) \tag{3}$$

В рамках сформульованої моделі ставилася задача знаходження послідовності оптимальних управлінь (об'ємів) Q_k^* і зв'язаних з ними оптимальних станів (запасів) ξ_k^* , які перетворюють в мінімум (3). Як початкова умова використовувалася вимога про збереження після завершення управління заданої кількості виду виробу y_{n+1} , а саме $\xi_n^* = y_{n+1}$.

При рішенні поставленої задачі методом динамічного програмування як функція стану системи керування $\Lambda_k(\xi)$ був узятий мінімальний об'єм витрат, що виникає за перші k періодів за умови, що в k -му періоді є запас Λ . Було одержане основне рекурентне співвідношення

$$\Lambda_k(\xi) = \min_{0 \leq x_k \leq \xi + d_k} [f_k(Q_k, \xi) + \Lambda_{k-1}(\xi - Q_k + d_k)], k \in 2:n \tag{4}$$

оскільки

$$y_k = \xi - Q_k + d_k > 0, \text{ то } \Lambda_1(\xi) = \min_{0 \leq z_1 \leq \xi + d_1} (z_1(Q_1) + s_1(\xi)) \tag{5}$$

Система рекурентних співвідношень (4)–(5) дозволила знайти послідовність функцій стану $\Lambda_k^*, \Lambda_2(\xi), \dots, \Lambda_n(\xi)$ і умовних оптимальних управлінь $\hat{Q}_1(\xi), \hat{Q}_2(\xi), \dots, \hat{Q}_n(\xi)$. На кроці n за допомогою початкової умови можна визначити $Q_n^* = \hat{Q}_n(y_{n+1})$. Решта значень оптимальних управлінь Q_k^* визначається по формулі $Q_k^* = \hat{Q}_k(y_{n+1} + \sum_{j=k+1}^n (d_j - Q_j^*))$.

На підставі цієї моделі був розроблений автоматизований модуль формування плану завдання на випуск кондитерської продукції, який функціонує на принципах експертної оцінки господарської діяльності і формує вектор управляючих дій на продуктивність технологічних процесів, а також формує “портфель замовлень” початкової сировини на основі інформації про ціни на сировину, що поставляється. Структурна схема цього модуля представлена на рис. 3. Продукція, що випускається на кожній кондитерській лінії характеризується своєю рецептурою, що включає сировину, яка поставляється спеціальними організаціями. Ціни на сировину варіюються, залежно від сезонності і попиту.

Експертна оцінка цінової політики постачальників в сукупності з оцінкою попиту на продукцію утворює блок експертної оцінки господарської діяльності, який включає також модуль формування робочих рецептур. Критерієм функціонування останнього є досягнення мінімальних витрат на виробництво кондитерських виробів [9]. Методика формування робочої рецептури базується на стаціонарній базі знань можливих заміни і матриці процентної відповідності компонентів, яка побудована на основі класифікатора композиційних класів. Крім того, сюди входить оцінка постачальників початкової сировини, а саме рентабельність поставок. Методика полягає в наступному:

1. Для заданої маси готової продукції M визначається, який з компонентів відсутній на складі. Для цього визначається число $Km = M/100$.

- По базі знань можливих замін визначається класифікаційний розділ K_{pj} , до якого відноситься даний компонент. Потім вибираються переходи можливих замін. Всі можливі $m-1$ переходи кодується по номеру поля, де знаходиться компонент, на який можлива заміна. Перелік можливих замін будується в пріоритетний ланцюжок. Пріоритет віддається тим переходам, коефіцієнт відповідності яких максимально наближений до 100%.

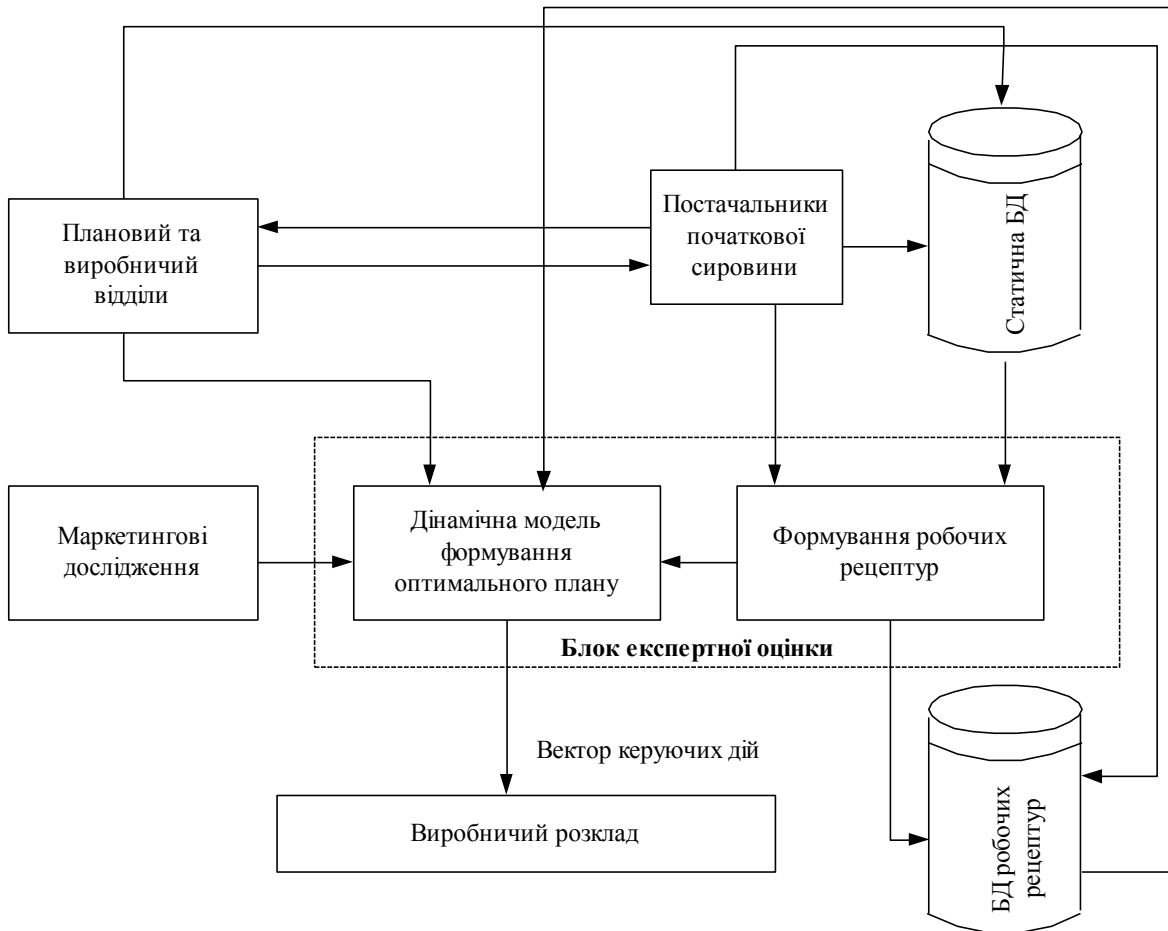


Рисунок 3 — Структурна схема АМ формування плану завдання на випуск продукції

- Пошук коефіцієнта відповідності здійснюється таким чином: визначають значення $N1$ — номера поля замінюваного компоненту, $N2$ — номери поля компоненту, на який планується заміна. За кодом підгрупи K_{pj} по класифікатору композиційних класів визначається порядковий номер N_j класу. Потім проводять вибір необхідної матриці процентної відповідності. По матриці процентної відповідності визначають коефіцієнт перерахунку $K_{пер}$.
- Послідовно перевіряється наявність на складі початкової сировини пріоритетних компонентів і аналіз можливих поставок. Перевага віддається тій заміні, початкова сировина, якої повністю є в наявності, або має мінімальну ціну поставки.

Додатково в модуль була закладена оцінка якості продукту, що враховує процентний вміст жиру в готовій суміші. моделювання формування плану замовлення на випуск продукції на основі алгоритму, який представлений вище показало значне зниження залишків готової продукції і, відповідно, підвищення рентабельності виробництва.

Продукція, що випускається на кожній кондитерській лінії, характеризується своєю рецептурою, що включає сировину, що поставляється спеціальними організаціями. Ціни на сировині варіюються залежно від сезонності і попиту. ЕО цінової політики постачальників в сукупності з оцінкою попиту на готову продукцію утворюють блок ЕО господарської діяльності, який включає також модуль формування робочих рецептур. Критерієм функціонування

останнього є досягнення мінімальних витрат на виробництво. У основу автоматизованого модуля оптимального планування випуском продукції були встановлені математичні моделі і статична база даних (БД), що включає інформацію про види продукції, що виготовляється, початкову сировину, класифікатор постачальників початкової сировини, статичні рецептури і т.д. Структурна схема взаємозв'язку елементів статичної БД показана на рис. 4.

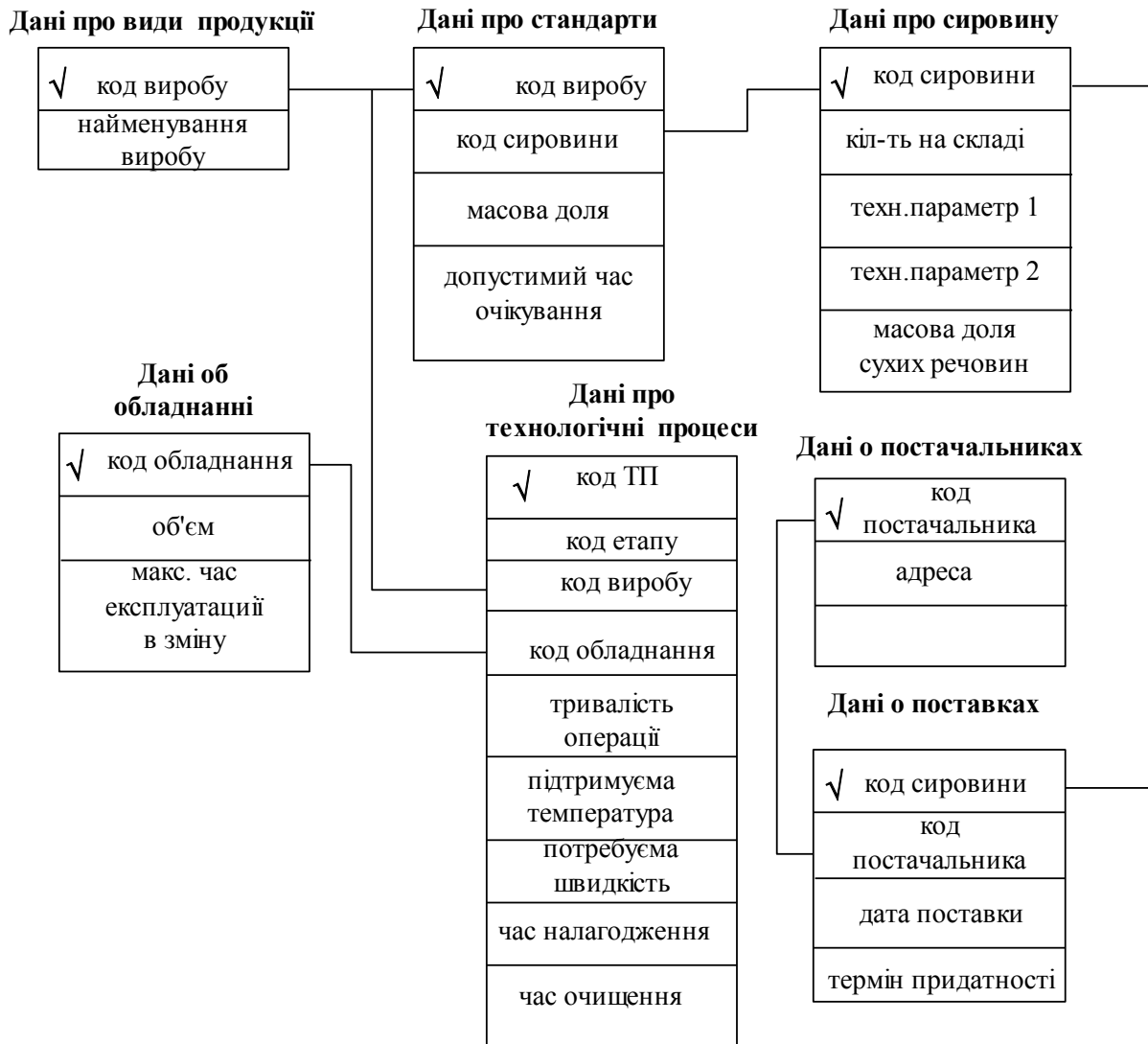


Рисунок 4 — Структурна схема взаємозв'язку елементів статичної БД

Експертна оцінка цінової політики постачальників в сукупності з оцінкою попиту на продукцію утворює блок експертної оцінки господарської діяльності, який включає також модуль формування робочих рецептур. Критерієм функціонування останнього є досягнення мінімальних витрат на виробництво кондитерських виробів. Методика формування робочої рецептури базується на стаціонарній базі знань можливих заміни і матриці процентної відповідності компонентів, яка побудована на основі класифікатора композиційних класів. Крім того, сюди входить оцінка постачальників початкової сировини, а саме рентабельність поставок. Методика полягає в наступному:

1. Для заданої маси готової продукції M визначається, який з компонентів відсутній на складі. Для цього визначається число $K_m = M/100$.
2. По базі знань можливих заміни визначається класифікаційний розділ K_{rj} , до якого відноситься даний компонент. Потім вибираються переходи можливих заміни. Всі можливі $m-1$ переходи кодується по номеру поля, де знаходиться компонент, на який можлива

заміна. Перелік можливих замін шикуються в пріоритетний ланцюжок. Пріоритет віддається тим переходам, коефіцієнт відповідності яких максимально наближений до 100%.

3. Пошук коефіцієнта відповідності здійснюється таким чином: визначають значення $N1$ — номери поля замінюваного компоненту, $N2$ — номери поля компоненту, на який планується заміна. За кодом підгрупи Kpj по класифікатору композиційних класів визначається порядковий номер Nj класу. По матриці процентної відповідності визначають коефіцієнт перерахунку $Kпер$.
4. Послідовно перевіряється наявність на складі початкової сировини пріоритетних компонентів і аналіз можливих поставок. Перевага віддається тій заміні, початкова сировина, якій повністю є в наявності, або має мінімальну ціну поставки.

Додатково в модуль була закладена оцінка якості продукту, що враховує процентний вміст жиру в готовій суміші. моделювання формування плану замовлення на випуск продукції на основі алгоритму, який представлений вище, показало значне зниження залишків готової продукції і, відповідно, підвищення рентабельності виробництва.

Висновки.

1. Запропоновано вдосконалену математична модель формування плану завдання на випуск продукції, на підставі апарату динамічного програмування. Ця модель реалізована на основі експертних оцінок і описує окремі сторони функціонування технологічного процесу, а саме об'єми продукції, що випускається, залежно від ресурсів, використовуваних на виробництво одиниці окремого продукту.
2. Результати моделювання показали, що очікувана ефективність використання моделі — це поліпшення плану завдання на випуск продукції в 5 разів (по відношенню до залишків нереалізованої продукції), що підтверджено актами впровадження на ВАТ “Концерн АВК”.
3. Вирішена задача автоматизованого проектування робочих рецептур, яка передбачає можливість виробляти в ході розрахунку дозволена ГОСТ заміну подібних видів сировини. Це дає можливість вибрати самий економічний варіант заміни сировини залежно від сезонності і кон'юнктури. Дослідженнями в тестових перевірках підтверджена ефективність і правильність її побудови. З участю експертів-кондитерів вироблене тестування з питання складання робочих рецептур, при якому встановлено 89% збігів і правильних рішень, що підтверджено актами впровадження.

Література

1. Месарович М., Мако Д., Тахакара И. Теория иерархических многоуровневых систем. — М.: Мир, 1973. — 344 с.
2. Новая технология производства пралиновых конфет / Р.Г. Зобова, М.А. Талейник, Л.П. Игнатьева, В.И. Демидов. — М.: Легкая и пищевая промышленность, 1983. — 72 с.
3. Драгилев А.И., Лурье И.С. Технология кондитерских изделий. — М.: ДеЛиПринт, 2001г. — 284 с.
4. Тарасюк В.П. Автоматизированная система управления технологическим процессом приготовления пралиновых масс на основе экспертных оценок / Наукові праці Донецького національного технічного університету. Серія: “Обчислювальна техніка та автоматизація”. Випуск 88. — Донецьк: ДонНТУ, 2005. — С. 56–62.
5. Вальков В.М., Вершинин В.Е. Автоматизированные системы управления технологическими процессами. — Л.: Политехника, 1991. — 269 с.
6. Поттосина С.А. Экономико-математические методы и модели. — Мн.: БГУИР, 2003. — 94 с.
7. Gunn T.G. Computer Applications in Manufacturing. Industrial Press. — New York, 1981. — 312 p.
8. Заболотский В.П., Оводенко А.А., Степенов А.Г. Математические модели в управлении. Учеб. Пособие. — СПб.: СПбГУАП, 2001. — 196 с.
9. Селезнева Г. Д. Экспертиза качества кондитерских изделий. Методическое руководство МВШЭ. МР-020-2003. — М.: МВШЭ, 2003. — 106 с.