

Моделювання і оптимізація виробничої системи на основі управління товарним асортиментом

Проаналізовано методичні підходи до моделювання і оптимізації виробничої системи та узагальнено модель оптимізації товарних потоків на виробництві з урахуванням чинників зовнішнього середовища.

The methodical approaches to the design and optimization of the production system are analyzed and the model of optimization of commodity streams is generalized on production taking into account the factors of external environment.

Ключові слова: *виробнича система, управління товарним асортиментом, моделювання, оптимізація.*

Вступ. Сучасні концепції управління виробництвом засновані на маркетинговій стратегії, що реалізовує гармонійний зв'язок між можливостями виробничої системи і потребами суспільства. Цілі маркетингу при цьому є інструментом для досягнення цілей фірми.

Як чинники середовища розглядатимемо змінні, кількісна величина яких здійснює безпосередній вплив на характеристики ухвалюваних рішень щодо управління матеріально-виробничими потоками виробничої системи (ВС). Такими чинниками, що впливають на процеси формування і зміни товарної політики підприємства, є ринковий попит і податкове навантаження. З одного боку, зміна величини податків впливає на одержуваний прибуток і повинна відображатися на цільових функціях. З другого боку, ці зміни не є регулярними. Тому даний чинник може враховуватися в неявній формі.

Основними функціональними елементами товарної політики, пов'язаної з присутністю фірми на ринку товарів, є [3, с. 163]: 1) диверсифікація продукту; 2) варіація продукту; 3) збереження продукту; 4) усунення продукту. Формування виробничої програми проводиться з урахуванням цих функціональних елементів. Методи оптимізації товарного асортименту, що практично використовуються, засновані на методах диференціації і позиціонування товарів на споживацькому сегменті. Врахування життєвого циклу продукції і часових характеристик інвестиційних можливостей підприємства створюють основу для можливого неперервного розвитку ВС.

Постановка завдання. Метою даної статті є аналіз і узагальнення методичних підходів до моделювання і оптимізації виробничої системи з урахуванням кількісних чинників зовнішнього середовища на основі управління товарним асортиментом і товарообігом.

Результати. Зміни ринкового попиту відображаються на товарній політиці підприємства і товарообігу. Оптимізація управління ними полягає в декомпозиції і формуванні максимально спрощених локальних задач. Як управляючий параметр приймають ціну [2, с. 240]. Значення ціни, у свою чергу, залежить від рівня і тенденції зміни попиту.

Аналіз продуктового ряду здійснюється на основі вивчення рівня збуту кожного товару, відносних показників частки ринку, величини витрат і рівня рентабельності, що відноситься до даного товару. Структура продуктового ряду повинна бути збалансована як з погляду рівня диверсифікації і прибутковості, так і в значенні поєднання нових і старих товарів.

Визначення цільової функції виробничої системи є нетривіальною задачею. Діяльність економічної організації об'єктивно дуже різноманітна, тому організація не може бути зосереджена на єдиній цілі, а повинна визначити декілька пріоритетних орієнтирів дій.

Виділяють вісім ключових просторів, в рамках яких організація визначає свої цілі [1, с. 85]:

- 1) стан на ринку;
- 2) інновації;
- 3) продуктивність;
- 4) ресурси;
- 5) доходність (прибутковість);
- 6) управлінські аспекти;
- 7) персонал (виконання трудових функцій і відношення до роботи);
- 8) соціальна відповідальність.

Слід відзначити, що на першому місці по частоті використання знаходяться прибутковість і розвиток організації. Вибір конкретного цільового показника заснований на використанні досвіду і знань професійних менеджерів. При необхідності вираження загальної цілі, що складається з декількох цільових показників, також здійснюється орієнтація на знання осіб, що ухвалюють рішення. При цьому на основі експертних оцінок можуть бути

визначені ваги окремих критеріїв, або здійснюється вибір рішення з ефективної (парето-оптимальної) множини. Для лінійної задачі будь-яке ефективне (парето-оптимальне) рішення може бути представлено за допомогою глобального лінійного критерію, складеного за допомогою коефіцієнтів важливості критеріїв, помножених на локальні критерії. З урахуванням того, що багато практичних задач зводяться до лінійних, може бути достатньо просто знайдений механізм, що дозволяє усунути суперечність між локальними і глобальними критеріями з використанням методів експертного опитування. Такий механізм може бути заснований на процедурі навчання на основі наявних даних про показники ВС.

Операція формування цілі функціонування ВС складається з двох етапів. Спочатку визначається початкова множина цільових показників $\{I_j\}$. Для цього рекомендується використовувати якісні методи системного аналізу такі, як мозкова атака, колективної генерації ідей, Дельфі, морфологічні тощо. На наступному етапі формується ціль ВС на планований період, в загальному випадку векторна $\{I_j\} \subset \{I_i\}$, на основі початкової множини. Розв'язок даної задачі можливий на основі прямих і непрямих методів.

Прямі методи дозволяють сформуванню цільову множину (цільову функцію) безпосередньо в процесі аналізу. В їх числі можуть бути названі слабо формалізовані методи аналізу, такі як експертне оцінювання, морфологічний аналіз, SWOT-аналіз, а також методи класифікації [4, с. 461].

Непрямі методи дають можливість на основі оцінок показників, від яких залежить цільова множина, одержати оцінки останніх. В їх числі можуть бути використані методи кореляційно-регресійного аналізу, кластерного аналізу, штучного інтелекту тощо. Вибір методу визначається характером і структурованістю змінних задачі, вибраною шкалою вимірювань тощо.

Для отримання прибутку товаровиробник повинен використовувати оперативну інформацію про кон'юнктуру ринку. Вона включає пропозицію, попит, ціни на продукти. Ці відомості про ринок збуту одержують на основі маркетингових досліджень.

В дослідженні маркетингу виділяють три можливі підходи: інституційний - розподільний, функціональний і концептуально-управлінський [2, с. 194]. Перший підхід припускає вивчення попиту, пропозиції, просторово-часових параметрів конкуренції, показників ефективності всієї системи руху товару і

товарного обігу. Другий підхід має практичну спрямованість і робить акцент на функції, пов'язані із здійсненням маркетингових дій ринкового суб'єкта. Третій підхід відображає логіку взаємозв'язку виробництва, науково-дослідних і дослідно-конструкторських робіт (НДДКР), а також збуту.

Класифікація маркетингових підходів традиційно проводиться залежно від переважаючої в системі управління точки зору і від набору об'єктів дослідження. Кожний такий підхід припускає:

- товарний підхід - вивчення предмету обміну (споживацьких товарів, засобів виробництва, продуктів харчування, послуг тощо);
- інституційний підхід - реалізацію процесу обміну (оптову, кооперативну і роздрібну форми торгівлі, виробництво);
- функціональний підхід - обмінну діяльність як таку (дослідження ринку, організацію реклами, ціноутворення, матеріально-технічне забезпечення);
- концептуальний підхід - ринкову діяльність (оптимізацію транспортних і тимчасових планів, дотримання співвідношення між рівнем попиту і пропозиції);
- управлінський підхід - процес ухвалення рішень (методи керівництва підприємницькою діяльністю, переваги споживачів);
- системний комплексний підхід розглядає маркетинг як підсистему економічної і підприємницької систем.

Функції маркетингу виділяються залежно від видів маркетингової діяльності:

- дослідження ринку (збутова функція);
- розробка асортименту товарів або послуг (виробнича функція);
- контроль ринку і виробництва на основі аналізу зібраних даних про споживачів, конкурентів, товари, технології (контрольно-аналітична функція);
- регулювання попиту, виробництва і споживання (управлінська функція).

В основі маркетингових досліджень лежать методи загальної теорії статистики. Основні фази процесу дослідження включають збір, обробку, облік і аналіз всієї інформації, необхідної для ухвалення управлінських рішень про планування господарської діяльності підприємства. Дослідження проводиться в три етапи: збір, обробка, систематизація і зберігання інформації; аналіз одержаних даних; виявлення закономірностей, що визначають ситуацію на ринку збуту. Це служить основою для висновків і вироблення рекомендацій.

Ключовою ланкою і основним носієм маркетингової інформації є споживач продукції. Інші суб'єкти ринку - роздрібні торговці, посередники, працівники відділу збуту підприємств - виконують обслуговуючу функцію. Вони створюють умови для взаємодії виробника і споживача і в цьому плані також є об'єктом дослідження. Для проведення дослідження, наприклад про товари народного споживання, в першу чергу доцільно із загальної маси населення виділити ту її частину, яка є споживачем продукції, що цікавить нас. Це досягається визначенням сегменту ринку, на якому вестиметься збутова діяльність і стан якого необхідно знати виробнику - продавцю. Сегмент ринку виділяють на основі наступних критеріїв:

- 1) наявні відмінності між споживачами;
- 2) однорідність сегменту, що виділяється;
- 3) можливість вимірювання характеристик і ознак групи споживачів, що утворюють сегмент;
- 4) величина об'єму сегменту, що забезпечує необхідний дохід підприємства;
- 4) доступність сегменту маркетинговій дії.

Застосування принципів сегментації сприяє тому, щоб підприємство одержувало всю необхідну інформацію про ринок: на якій території (в яких місцях продажу) які види продукції (по показниках якості - ціна) і в якій кількості користуватимуться попитом.

З визначенням сегменту ринку, на якому буде зосереджено дослідження, можна вибрати методи вивчення його характеристик, властивостей.

Для збору даних, що характеризують сегмент, застосовуються методи статистичного спостереження: безпосереднє спостереження, анкетування, інтерв'ювання тощо.

Склад і рівень попиту на той або інший товар залежить від багатьох чинників - як економічних, так і природних. До економічних чинників відносяться рівень виробництва (пропозиції) товарів і послуг (позначимо, наприклад, x_1), рівень доходів окремих груп населення (x_2), рівень і співвідношення цін (x_3) тощо. До природних чинників відносяться демографічний склад населення, в першу чергу розмір і склад сім'ї (x_4), а також звичаї і традиції, рівень культури, природнокліматичні умови тощо.

В загальному вигляді попит (y) визначається у вигляді деякої функції

$y = (x_1, x_2, \dots, x_p)$ від p незалежних чинників (x_1, x_2, \dots, x_p) . Найвідомішими є криві Енгеля і функції Торнквіста, що описують залежність попиту від доходу. Такі моделі можуть бути використані при макроекономічних дослідженнях.

При відносній стабільності всіх інших чинників на інтервалі планування і управління може бути одержана залежність попиту від ціни товару. Для цілей планування продукції, що випускається, крива попиту є найважливішою інформацією. Можливі форми кривої попиту можуть бути одержані у вигляді різних кривих, таких як лінійна (еластичність попиту від ціни постійна), експоненціальна, поліноміальна, логарифмічна, логістична. Важливим є також взаємна залежність величини попиту на різні товари і, перш за все, конкуруючі.

Можна виділити декілька підходів до моделювання і прогнозування попиту: 1) структурне моделювання; 2) конструктивне моделювання; 3) аналітичне моделювання. Перший підхід використовується при прогнозуванні на невеликий період часу і попит формується на основі вивчення економічної структури споживання з використанням статистичних методів вибіркового спостереження і статистичного групування. Другий підхід заснований на дослідженні бюджетів споживачів і пов'язуванням їх можливостей з потребами в тих або інших товарах і послугах. Третій підхід заснований на отриманні аналітичної залежності попиту від економічних чинників.

При описі складних соціально-економічних явищ в ході досліджень особлива роль відводиться багатofакторним аналітичним моделям, які дозволяють детально досліджувати взаємозалежність ознак, тісноту зв'язку між змінними, їх підпорядкованість.

Для ухвалення правильного рішення про асортимент продукції, що випускається, необхідно знати, який прибуток приносить виробництво одиниці продукції певного виду. Для цього треба скласти уявлення не тільки про витрати на отримання даної продукції, але і величину виручки, яка буде одержана при реалізації кожної її одиниці.

Методика побудови регресійної моделі, що описує характеристики ринку збуту продуктів і дозволяє прогнозувати його стан може включати наступні етапи:

1. Визначення каналу збуту продукції і відповідного йому сегменту споживацького ринку. Проводиться локалізація ринку збуту.
2. Дослідження характеристик вибраного сегменту. За допомогою

анкетування, спостережень, експертних оцінок збираються дані про вимоги споживачів до якості товару, прийнятному для покупців рівні цін на даний товар, величині доходів споживачів і об'ємах здійснюваних ними покупок даного товару.

3. Статистична обробка зібраних даних, визначення за допомогою регресійного аналізу статистичної залежності між кількістю продукту, що продається на даному сегменті ринку, і середньою ціною одиниці реалізованої продукції.

4. Перевірка відповідності одержаної моделі фактичним характеристикам ринку збуту.

5. Визначення кількості продукції. Підстановкою в модель допустимої на продукцію певного виду ціни для даного сегменту ринку визначається кількість продукції, яка буде реалізована у відповідних умовах. Ціна, при якій обсяг збуту продукції буде рівний місткості даного сегменту ринку, може бути використана при визначенні рівня прибутковості відповідного продукту.

6. Визначення величини прибутку. Віднімаючи з одержаної таким чином ціни повні витрати на виробництво і збут відповідної продукції, знаходимо величину прибутку, який може бути одержаний за рахунок даного продукту. Наявність аналітичної функції попиту і функції витрат, побудованої з урахуванням постійної і змінної складових, а також встановленої норми прибутку, дозволяє оцінити оптимальні величини прибутку і обсягу випуску.

Одержана в результаті використання представленої методики регресійна модель дозволяє визначити рівень ринкових цін на виготовлену підприємством продукцію і величину попиту на неї. Ці дані є необхідною умовою ухвалення правильного рішення щодо формування товарного асортименту підприємства. Збутова функція маркетингу дозволяє створити умови для реалізації виробничої функції маркетингу.

Виробнича функція маркетингу виявляється, перш за все, в розв'язанні задач аналізу життєвого циклу товару, формування товарної політики і планування асортименту [2, с. 197]. Теорія життєвих циклів служить основою при розробці стратегії маркетингу, плануванні діяльності. Віднесення даного продукту до тієї або іншої стадії життєвого циклу здійснюється на основі множини чинників і, перш за все, динаміки обсягів продажів. Найважливішими показниками окремих стадій життєвого циклу продукції є: рівень продажів,

об'єм прибутку, об'єм виручки, тип клієнтів, ціни, рівень конкуренції тощо. Оцінка стадії життєвого циклу дозволяє сформулювати дії фірми, адекватні поточній ситуації, і управляти інноваційними процесами.

Стратегія розвитку продуктового ряду передбачає розв'язання двох найважливіших задач: оптимізації структури асортиментного набору з урахуванням поточної стадії життєвого циклу і розробки продуктів-новинок. При розробці продуктів-новинок необхідно враховувати низку вимог, що пред'являються до них, таких як їх перспективність, унікальність, ефективність, рентабельність, сумісність з існуючими товарами (послугами), корисність для ряду клієнтів протягом достатньо тривалого періоду тощо. Розв'язання даної задачі можливе на основі методів експертного оцінювання і неформалізованих методів формування рішень.

Планування випуску відповідно до попиту означає, перш за все, врахування нелінійності цільової функції. Крім того, для логістично орієнтованої виробничої системи важливим є облік витрат всього ланцюжка і загального доходу на виході. Тому основними складовими витрат є матеріальні витрати, пов'язані з придбанням сировини, витрати на виробництво відповідно до планового випуску і витрати на формування виробничих компенсаторів. Дохід же поступає тільки від реалізації продукції, що випускається. У зв'язку з цим представляє інтерес задача нелінійного програмування при оптимізації товарних потоків на виробництві. Пропонуємо визначати критерії прибутковості плану виробництва в такому вигляді:

$$J = \frac{1}{T} \int_0^T \left[\sum_{i=1}^n Q_{\pi i}(p_{\pi i}) p_{\pi i} - \sum_{i=1}^n Q_{\pi i}(p_{\pi i}) c_i - \sum_{j=1}^m Q_{c j}(p_{c j}) p_{c j} - c_{\pi} \right] dt \rightarrow \max_P, \quad (1)$$

$$\int_0^T \left[Q_{c i}(p_{c i}) - \sum_{i=1}^n a_{ij} Q_{\pi i}(p_{\pi i}) \right] dt = D_j, \quad j = 1, \dots, m, \quad (2)$$

де $Q_{\pi i}(p_{\pi i})$ - попит на продукцію i залежно від ціни $p_{\pi i}$;

$Q_{c j}(p_{c j})$ - пропозиція по j -му виду сировини залежно від ціни $p_{c j}$;

c_i - змінна складових витрат по i -му виду продукції без вартості сировини;

c_{π} - постійна складова витрат;

a_{ij} - елементи матриці витрати A ;

D_j - об'єм, що забезпечує відтворення страхових запасів, що визначаються з урахуванням випадкових чинників;

$P = (p_{\pi 1}, \dots, p_{\pi m}, p_{c 1}, \dots, p_{c m})$ - вектор цін.

На оптимальному розв'язку задачі (1)-(2) справедлива умова:

$$\min_{\lambda} \max_P R(\lambda, P), \quad (3)$$

де R - функція Лагранжа;

$\lambda = (\lambda_1, \dots, \lambda_m)$ - змінні Лагранжа;

$$R = \sum_{i=1}^n Q_{\pi i}(p_{\pi i})(p_{\pi i} - \sum_{j=1}^m a_{ij} \lambda_j - c_i) - \sum_{j=1}^m Q_{c j}(p_{c j})(p_{c j} - \lambda_j) - \sum_{j=1}^m \lambda_j D_j / T - c_{\pi}.$$

При опуклості R і неперервно диференційованих функціях $Q_{\pi i}$ і $Q_{c j}$ задача має єдиний розв'язок, що визначається умовами

$$\frac{\partial R}{\partial p_{\pi i}} = \frac{\partial Q_{\pi i}(p_{\pi i})}{\partial p_{\pi i}} (p_{\pi i} - \sum_{j=1}^m a_{ij} \lambda_j - c_i) + Q_{\pi i}(p_{\pi i}) = 0, \quad i = 1, \dots, n,$$

$$\frac{\partial R}{\partial p_{c j}} = - \frac{\partial Q_{c j}(p_{c j})}{\partial p_{c j}} (p_{c j} - \lambda_j) - Q_{c j}(p_{c j}) = 0,$$

$$Q_{c j}(p_{c j}) = \sum_{i=1}^n a_{ij} Q_{\pi i}(p_{\pi i}) + D_j / T, \quad j = 1, \dots, m.$$

Лінеаризація функцій $Q_{\pi i}$ і $Q_{c j}$ дозволяє спростити рішення задачі.

Представимо їх у вигляді:

$$Q_{\pi i}(p_{\pi i}) = \begin{cases} b_i (p_{\pi i}^0 - p_{\pi i}), & p_{\pi i} \leq p_{\pi i}^0, \\ 0, & p_{\pi i} > p_{\pi i}^0, \end{cases} \quad i = 1, \dots, n,$$

$$Q_{c j}(p_{c j}) = \begin{cases} a_j (p_{c j} - p_{c j}^0), & p_{c j} \leq p_{c j}^0, \\ 0, & p_{c j} > p_{c j}^0, \end{cases} \quad j = 1, \dots, m.$$

Тоді розв'язок визначається умовами

$$p_{\pi i} = \frac{1}{2} \left(p_{\pi i}^0 + \sum_{j=1}^m a_{ij} \lambda_j + c_i \right),$$

$$p_{c j} = \frac{1}{2} (p_{c j}^0 + \lambda_j), \quad j = 1, \dots, m.$$

Значення λ_j визначаються як розв'язки системи лінійних рівнянь

$$a_j \lambda_j + \sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^m a_{ij} a_{ik} b_i \lambda_k = a_j p_{cj}^0 + \sum_{i=1}^n a_{ij} b_i (p_{\pi i} - c_i) + \frac{2D_j}{T}, \quad j = 1, \dots, m.$$

Крім цільових показників формується сукупність обмежень, які можуть вплинути на шуканий розв'язок. Їх можна об'єднати в декілька груп.

1. Накладаються на випуск продукції, у зв'язку з обмеженою величиною наявних виробничих потужностей. Ці обмеження можуть бути записані у вигляді

$$\sum_{i=1}^n a_i x_i \leq M,$$

де a_i - коефіцієнт використання виробничої потужності при випуску продукції x_i ; M - наявні потужності по випуску i -го виду продукції.

2. Пов'язані з обмеженням на величину обсягу сировини, що закупляється. Цей обсяг визначається наявністю пропозиції на ринку сировини і рівнем цін. Вони мають наступний вигляд:

$$\sum_{i=1}^n a_{ij} x_i \leq b_j, \quad j = 1, \dots, m$$

де b_j - кількість j -го виду сировини, яка може бути закуплена або є в наявності до початку оперативного періоду;

a_{ij} - коефіцієнт використання сировини j -го виду при виробництві одиниці i -ої продукції (як правило, при використанні рівний 1, інакше - 0);

m - кількість видів сировини.

3. За обсягом попиту. Повинен бути виготовлений такий обсяг продукції x_i , що буде реалізований з урахуванням частки ринку. Тоді можна сформулювати вимоги у вигляді

$$x_i \leq X_i.$$

4. Технологічні обмеження. Відображають технологічні можливості, склад продукції тощо. Зокрема, обмеження щодо сортності записуються у вигляді

$$x_i \leq k_{ij} b_j \quad \text{або} \quad \frac{1}{k_{ij}} x_i \leq b_j,$$

де k_{ij} - коефіцієнт максимального виходу продукції x_i з сировини b_j .

Обмеження щодо складу продукції:

$$\sum_{i \neq j} d_{ij} x_i = x_j \text{ або } \sum_{i=1}^n d_{ij} x_i = 0,$$

де d_{ij} - коефіцієнт використання продукту x_i в продукті x_j .

5. По фінансових ресурсах. Важливим чинником в управлінні підприємством є оцінка фінансових можливостей по забезпеченню випуску певного обсягу продукції.

Припустимо, що до початку чергового планованого періоду підприємство має в розпорядженні власні фінансові кошти D_c , має можливість отримання кредиту в сумі D_{kp} , а надходження виручки в період оперативного планування за виготовлену і відправлену продукцію складе D_v . Наявні дані про постійні витрати підприємства за планований період V_n і змінні витрат V_z на один виріб. Тоді фінансово забезпечений обсяг випуску продукції повинен задовольняти умову

$$\sum_{i=1}^n x_i V_{zi} \leq D_c + D_{kp} - V_n,$$

де V_{zi} - змінні витрати на один виріб x_i .

Висновки. Таким чином, на основі відомостей, одержаних в рамках маркетингових досліджень, проводиться оптимізація цільової функції за допомогою економіко-математичної моделі розрахунку обсягів виробництва окремих видів продукції з асортиментного переліку підприємства. Початковими умовами розрахунку є відомості, одержані в результаті прогнозування стану ринку, і дані про собівартість виробництва окремого виду продукції на підприємстві.

Література

1. Алексеева М.М. Планирование деятельности фирмы / М.М. Алексеева. – М.: Финансы и статистика, 2000. – 248 с.
2. Информационные технологии в маркетинге: Учебник для вузов/ Г.А. Титоренко, Г.Л. Макарова, Д.М. Дайитбегов и др.; Под ред. проф. Г.А. Титоренко. – М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2000. – 335 с.
3. Кретов И.И. Организация маркетинга на предприятии: Практ. пособие / И.И. Кретов. – М.: Юристъ, 2001. – 96 с.

4. Маркетинг: Учебное пособие/ Под ред. А.М. Немчина, Д.В. Минаева. – СПб: Изд. дом «Бизнес-пресса», 2001. –512 с.