

Жовтан В.А.

Пасенченко Ю.А.

канд. фіз.-мат. наук, доцент

Національний технічний університет України «КПІ»

ЕКОНОМІЧНЕ МОДЕЛЮВАННЯ КОНВЕЄРНИХ СИСТЕМ З УРАХУВАННЯМ РИЗИКУ

ЭКОНОМИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ КОНВЕЙЕРНЫХ СИСТЕМ С УЧЕТОМ РИСКА

ECONOMIC MODELING OF CONVEYOR SYSTEMS CONSIDERING RISKS

Дослідження проблем ризиків є завжди актуальним питанням внаслідок того, що ризики в економічній діяльності перебувають в постійній трансформації та вимагають безперервного аналізу і розробки відповідних заходів з мінімізації ймовірності їх настання та зниження потенційних негативних наслідків. У роботі розглядаються проблеми дослідження діяльності підприємств харчової промисловості, а також вплив на їх діяльність різноманітних ризиків. Запропоновано моделювання конвеєрних систем з максимізацією маржинального доходу та одночасною мінімізацією ризику на підприємстві, приведений приклад розв'язання даної моделі, а також її практичне застосування. Авторами була розглянута ситуація, коли усі конвеєрні системи одночасно задіяні на виробництві одного з продуктів підприємства. Включаючи процеси незавершеного виробництва, обмеження щодо випуску попередньої продукції переходять до наступного кроку, що, в свою чергу, робить дану задачу динамічною. Також, розраховано, скільки часу займе кожний крок, що на кінцевому етапі дозволяє простежити, скільки часу займе весь процес виробництва загалом.

Ключові слова: ризик, оптимізація, конвеєрна система, економіко-математична модель.

Исследование проблем рисков является всегда актуальным вопросом в силу того, что риски в экономической деятельности находятся в постоянной трансформации и требуют непрерывного анализа и разработки соответствующих мер по минимизации вероятности их наступления и снижения потенциальных негативных последствий. В работе рассматриваются проблемы исследования деятельности предприятий пищевой промышленности, а также влияние на их деятельность различных рисков. Предложено моделирование конвейерных систем с максимизацией маржинального дохода и одновременной минимизацией риска на предприятии, приведен пример решения данной модели, а также ее практическое применение. Автором была рассмотрена ситуация, когда все конвейерные системы одновременно задействованы на производстве одного из продуктов предприятия. Включая процессы незавершенного производства, ограничения по выпуску предыдущей продукции переходят к следующему шагу, что, в свою очередь, делает данную задачу динамичной. Также, рассчитано, сколько времени займет каждый шаг, на конечном этапе позволяет проследить, сколько времени займет весь процесс производства в целом.

Ключевые слова: риск, оптимизация, конвейерная система, экономико-

математическая модель.

Studies of risks are always the topical issue because risks are in constant transformation in economic activities. They require continuous analysis and development of appropriate measures to minimize the probability of their occurrence and reduce the potential negative effects. The article reveals the problems of researching the activities of the food industry. The modeling of conveyor systems and maximizing marginal income while minimizing risk on the enterprise is proposed in the article. The author considered a situation where all conveyor systems simultaneously involved in the production of one of the products of the company. The model is dynamic because of the restrictions from the previous steps of production. It was also calculated how long it would take every step to the final phase of production, so it allows us to calculate the duration of the whole production process.

Keywords: risk, optimization, conveyor system, economic and mathematical models.

Вступ. Діяльність будь-якого виробничого підприємства піддається впливу безлічі факторів, що ускладнюють процес прийняття управлінських рішень. Усі ці чинники можна узагальнити разом, назвавши їх ризиками [1].

Харчова промисловість є однією з провідних галузей економіки України, яка не тільки забезпечує чималі робочі місця для населення, а й взаємодіє з іншими галузями, такими як сільське господарство, що означає надання значної державної підтримки її розвитку. Саме тому, забезпечення нормальної роботи промисловості, підтримка її державою, залучення нових інвестицій до неї є дуже важливим. Отже, і боротьба з ризиками, що можуть виникати в процесі діяльності підприємств харчової галузі, відіграє ключову роль в її підтримці.

На жаль, на сьогодні мало уваги приділяється даному питанню, дослідження ризиків харчової промисловості якщо і проводиться, то тільки на окремих підприємствах і не є широко розповсюдженим. Існування певного шаблону боротьби з економічними ризиками могло б значно спростити роботу підприємств, підвищити їх конкурентну спроможність в боротьбі з іноземними конкурентами на національному ринку, допомогти в подоланні багатьох економічних проблем.

Постановка завдання. Мета цього дослідження – проаналізувати можливий вплив економічних ризиків на діяльність підприємств даної галузі та боротьбу з ними, створити та оптимізувати економіко-математичну модель, яка б дозволила на практиці мінімізувати їх вплив на роботу підприємства за допомогою проведеного аналізу.

Методологія. Для досягнення поставленої мети використані спеціальні економіко-математичні методи дослідження: метод квадратичного програмування, метод згортки критеріїв та симплекс метод.

Результати дослідження. В управлінні підприємницькою діяльністю широко використовуються економіко-математичні моделі підтримки прийняття рішень. Математичні методи є найважливішим інструментом

аналізу економічних явищ і процесів, побудови теоретичних моделей, що дозволяють відобразити існуючі зв'язки в економічному житті, прогнозувати поведінку економічних суб'єктів і економічну динаміку. Звичайно, виходячи з особливостей технологічних процесів фірми та наявних виробничих ресурсів, знаходять таку програму, яка забезпечувала б отримання максимального прибутку від реалізації виготовленої продукції. В даній статті, ще й враховується такий показник, як ризик [2].

В роботі розглянуті конвеєрні системи обробки заявок у виробничих системах, що характеризуються паралельною одночасною обробкою декількох видів заявок на різних технологічних операціях при заданій інтенсивності їх вступу і існуючому виробничому апараті підприємства. Паралельність обробки однієї партії заявок на декількох послідовних операціях досягається за рахунок того, що можлива передача будь-якої частини оброблених заявок на подальшу операцію. У традиційних же системах календарного планування завантаження устаткування передача на подальшу операцію можлива лише за ситуації, коли на попередній операції повністю завершена обробка всієї партії. Під заявками розуміються матеріали, сировина, напівфабрикати, незавершене виробництво, документи обчислювальних і інформаційних центрів, вантажі, що транспортуються, і так далі. Для обробки заявок необхідні виробничі ресурси, до яких відносяться: устаткування, транспортні засоби, комп'ютери, верстати, прилади.

При моделюванні конвеєрних систем, користувача можуть цікавити наступні показники її роботи: загальний об'єм оброблених заявок на всіх технологічних операціях, прибуток (дохід) підприємства від обробки заявок декількох видів, обсяг незавершеного виробництва по кожному виду оброблюваних заявок, середній час очікування обробки та інші [3].

Розглянемо завдання оптимізації управління потоками матеріальних і виробничих ресурсів даної моделі по критерію максимізації сумарного маржинального доходу від виробленої продукції в періоді $(0, T)$, який буде отриманий після її реалізації. З врахуванням вказаних вище припущень необхідно в цьому випадку вирішити наступне завдання оптимального управління:

$$\sum_{i=1}^M \beta_i \int_0^T q_{iN_i}(t) dt \rightarrow \max$$

Тут β_i - маржинальний дохід від випуску однієї одиниці продукції вигляду i ; $q_{iN_i}(t)$ - шукана інтенсивність обробки заявок вигляду i на останній N_i операції ($i = 1, 2, \dots, M$). Пройшовши обробку на операції 0_{iN_i} , на виході буде отримана кінцева продукція вигляду i ($i = 1, 2, \dots, M$). Враховуючи, що ні на одній операції виробничого циклу не може бути оброблене більша кількість заявок, чим поступило, необхідно враховувати наступне обмеження:

$$\int_0^t q_{ij}(t') dt' \leq V_{ij}(0) + \int_0^t q_{ij-1}(t') dt',$$

де $i=1,2,\dots,M, j=1,2,\dots, N_i, t \in (0, T)$.

Тут $V_{ij}(0)$ - обсяг незавершеного виробництва на операції 0_{ij} у момент $t=0$. Далі передбачатимемо, що обробка заявок на кожній операції відбувається з використанням виробничих ресурсів, до яких відносяться: верстати, устаткування, технологічне оснащення, обслуговуючий персонал та інше. Об'єм цього вигляду ресурсів заданий з використанням вектора $C = (C^1, \dots, C^m)$. Для того, щоб на операції 0_{ij} забезпечити одиничну продуктивність, необхідні виробничі ресурси в кількості заданій векторами $\alpha_{ij} = (\alpha_{ij}^1, \alpha_{ij}^2, \dots, \alpha_{ij}^m)$, $i=1,2,\dots,M; j=1,2,\dots, N_i$.

Якщо ж необхідно забезпечити продуктивність q_{ij} на операції 0_{ij} , то, відповідно, необхідний об'єм виробничих ресурсів задається як $q_{ij} \cdot \alpha_{ij} = (q_{ij} \cdot \alpha_{ij}^1, q_{ij} \cdot \alpha_{ij}^2, \dots, q_{ij} \cdot \alpha_{ij}^m)$. При заданні продуктивностей $q_{ij}(t)$ на кожній операції q_{ij} ($i=1,2,\dots,M; j=1,2,\dots, N_i$) об'єм використовуваних ресурсів не повинен перевищувати відповідних компонент вектора $C = (C^1, \dots, C^m)$. Іншими словами повинне виконуються наступна нерівність:

$$\sum_{i=1}^M \sum_{j=1}^{N_i} q_{ij}(t) \alpha_{ij}^l \leq C^l, \quad l=1,2,\dots,M; \quad \forall t \in (0, T)$$

Розглянемо алгоритм рішення даної задачі (без обмеження на попит) за умови, що $V_{ij}(0) > 0, i=1,2,\dots,M; j=1,2,\dots, N_i$.

В момент $t=0$ в цьому випадку необхідно визначити продуктивності q_{iN_i} ($i=1,2,\dots,M$), що забезпечують максимальний маржинальний дохід за одиницю часу, тобто

$$\sum_{i=1}^M \beta_i q_{iN_i} \rightarrow \max,$$

при обмеженнях:

$$\sum_1^M q_{iN_i} \alpha_{iN_i}^l \leq C^l, \quad l=1,2,\dots,M$$

$$q_{iN_i} \geq 0, \quad i=1,2,\dots,M$$

Отримавши рішення цієї задачі, яке позначимо $Q_{N_i}^1 = (q_{1N_1}^1, q_{1N_2}^1, \dots, q_{1N_M}^1)$. Можна обчислити мінімальний момент часу τ_1 , у який закінчатся заявки на одній з операцій $O_{1N_1}, \dots, O_{MN_M}$.

Очевидно, що

$$\tau_i = \min \frac{V_{iN_i}(0)}{q_{iN_i}^1}, \quad i = 1, 2, \dots, M$$

Якщо $\tau_i \geq T$, то задача вирішена. При цьому воно буде оптимальним не лише для цільової функції, але і для цільової функції вигляду: $\sum_{i=1}^M \beta_i \int_0^t q_{iN_i}(t') dt'$, $\forall t \in (0, T)$

Хай виконується $\tau_i < T$ і мінімум у вираженні досягається на якому-небудь $1 \leq K_1 \leq M$. В цьому випадку для організації випуску продукції вигляду K_1 необхідно виділяти виробничі ресурси не лише на операцію $O_{K_1 N_{K_1}}$, але і на попередню операцію $O_{K_1 N_{K_1-1}}$. Отже, продуктивності на кінцевих операціях, як і раніше, призначаються виходячи з того, що використовуються наступні обмеження:

$$\sum_{i=1}^M q_{iN_i} \alpha_{iN_i}^l + q_{K_1 N_{K_1-1}} \alpha_{iN_{K_1-1}}^l \leq C^l, \quad l = 1, 2, \dots, M$$

$$q_{K_1 N_{K_1}} \leq q_{K_1 N_{K_1-1}},$$

$$q_{iN_i} \geq 0, \quad q_{K_1 N_{K_1-1}} \geq 0, \quad i = 1 = 1, 2, \dots, M$$

Дані обмеження свідчать про те, що виробничі ресурси для випуску продукції вигляду K_1 повинні виділятися не лише на останню операцію, N_{K_1} , але і на продукцію N_{K_1-1} .

Далі знаходиться мінімум наступних співвідношень:

$$\min_{i=1, M} \left\{ \frac{V_{iN_i}(\tau_{\min K_1})}{q_{iN_i}^2}, \frac{V_{K_1 N_{K_1-1}}}{q_{iN_{K_1-1}}^2} \right\}$$

Тут $q_{iN_i}^2$ и $q_{iN_{K_1-1}}^2$ - рішення задачі:

$$\sum_{i=1}^M \beta_i q_{iN_i} \rightarrow \max$$

$$\sum_{i=1}^M q_{iN_i} \alpha_{iN_i}^l + q_{K_1 N_{K_1-1}} \alpha_{iN_{K_1-1}}^l \leq C^l, \quad l = 1, 2, \dots, M$$

$$q_{K_1 N_{K_1}} \leq q_{K_1 N_{K_1-1}},$$

$$q_{iN_i} \geq 0, \quad q_{K_1 N_{K_1-1}} \geq 0, \quad i = 1 = 1, 2, \dots, M$$

Таким чином, якщо $V_{ij} > 0$, то рішення задачі (без обмеження на попит) зводиться до вирішення серії завдань лінійного програмування.

Якщо є обмеження на попит, то необхідно при рішенні задачі відстежувати момент часу τ_i , для якого $\int_0^{\tau_i} q_{iN_i}(t) dt = b_i$, $i = 1, 2, \dots, M$.

Далі з моменту часу τ_i випуск продукції вигляду i зупиняється.

Розглянемо ситуацію, коли є ще обмеження на замовлення, тобто:

$$\int_0^T q_{iN_i}(t) dt \geq Z_i, \quad i=1,2,\dots,M.$$

Тут Z_i - об'єм продукції вигляду i , який необхідно поставити замовникові на інтервалі часу $(0,T)$.

В цьому випадку необхідно оцінити обсяг незавершеного виробництва по всіх видах продукції, тобто виконання нерівності:

$$\sum_{j=1}^{N_i} V_{ij} \geq Z_i, \quad i=1,2,\dots,M.$$

Формулюючи завдання оптимізації управління виробничими ресурсами необхідно враховувати, що по вигляду продукції P необхідно здійснити обробку незавершеного виробництва не лише на операціях O_{pNp} , але і на попередніх операціях O_{pNp-1}, \dots, O_{pl} , що вимагає додаткового залучення виробничих ресурсів, а також узгодження продуктивностей по операціях продукції вигляду P .

Формуючи виробничий план випуску кінцевої продукції і завантаження виробничого устаткування особа, що приймає рішення (ЛПР), не завжди може оцінити майбутній маржинальний дохід β_i ($i=1,2,\dots,M$) по кожному виду продукції, що випускається.

Зокрема β_i може бути задана як випадкова величина з відомими дискретними розподілами вірогідності, тобто величина β_i набуває певних значень з деякою вірогідністю p_q .

В цьому випадку при рішенні задачі природно використовувати в цільовій функції замість β_i , математичне очікування маржинального доходу $\bar{\beta}_i$:

$$\bar{\beta}_i = \sum_{j=1}^q \beta_i^j p_j$$

Позначимо обсяг випуску по кожному виду продукції, що випускається, в рішенні задачі через Q_i .

Очевидно, що:

$$Q_i = \int_0^T q_{iN_i}(t) dt, \quad i=1,2,\dots,M$$

Відповідно об'єм змінних витрат, пов'язаний з випуском однієї одиниці продукції вигляду i через b_i , ($i=1,2,\dots,n$). Тоді об'єм змінних витрат по продукції вигляду i при виробничій програмі $Q=(Q_1,\dots,Q_m)$, визначається як:

$$S_i = b_i Q_i, i = 1, 2, \dots, M$$

Позначимо долю витрат на випуск продукції вигляду i при виробничій програмі $Q = (Q_1, \dots, Q_m)$ через Δ_i . Очевидно, що:

$$\Delta_i = \frac{b_i Q_i}{\sum_{j=1}^M b_j Q_j} = \frac{\int_0^T b_i q_{iN_i}(t) dt}{\sum_{i=1}^M \int_0^T b_i q_{iN_i}(t) dt}$$

Таким чином, модель оптимізації виробничої програми по фінансовому критерію з врахуванням ризику прибутковості виробничої програми може бути сформульована таким чином:

$$\begin{aligned} \sum_{i=1}^M \beta_i \int_0^T q_{iN_i}(t) dt &\rightarrow \max \\ \int_0^t q_{ij}(t') dt' &\leq V_{ij}(0) + \int_0^t q_{ij-1}(t') dt' \\ \forall t \in (0, T) \quad i &= 1, 2, \dots, M; j = 1, 2, \dots, N_i \\ \sum_{i=1}^M \sigma_i^2 \Delta_i^2 &\leq R_q \end{aligned}$$

Тут R_q - допустимий рівень ризику прибутковості виробничої програми $Q = (Q_1, \dots, Q_m)$

$$\begin{aligned} \sum_{i=1}^M \sum_{k=1}^{Np} q_{ij}(t) \alpha_{ij}^l &\leq C^l \\ \forall t \in (0, T), l &= 1, \dots, M \\ \int_0^T q_{iN_i}(t) dt &\in [A_1, A_2], i = 1, 2, \dots, M \\ \int_0^T q_{iN_i}(t) dt_i &\geq Z_i, i = 1, 2, \dots, M, \end{aligned}$$

При обчисленні маржинального доходу нам також потрібно враховувати ризик, що складає собою:

$$\sum_{i=1}^M \gamma_i \cdot \sigma_i^2 \cdot x_i^2 \rightarrow \min$$

Де γ_i – вагові коефіцієнти, що показують значимість окремих показників; σ_i^2 – дисперсія маржинального доходу продукції i .

За допомогою згортки критеріїв 2 цільові функції перетворюються в одну.

$$\sum_{i=1}^M \beta_i \cdot q_{iN_i} - k \cdot \sum_{i=1}^M \gamma_i \cdot \sigma_i^2 \cdot x_i^2 \rightarrow \max$$

У моделі оптимізується маржинальний дохід від реалізації продукції, випущеної на директивному періоді $(0, T)$.

Розглянемо приклад використання моделі управління виробничими ресурсами ДП ПАТ «Оболонь» «Красилівське», в даній моделі стоїть задача оптимізації виробництва.

Приведемо основні параметри виробництва та реалізації продукції, необхідні для використання моделі.

Маржинальний дохід від реалізації кожного виду продукції складає:

Мінеральна вода «Оболонська лимон» – 5 тис. грн./тис.л., мінеральна вода «Оболонська-2» – тис. грн./тис.л., мінеральна вода «Прозора» - 4 тис. грн./тис.л., «Живчик» - 7 тис. грн./тис.л.

Технологічний процес виготовлення мінеральної води включає ряд таких операцій [4]:

1. Підйом мінеральної води на поверхню землі і подачі її від скважини в окремі відділення по обробці мінеральних вод, фільтрація.
2. Насичення мінеральних вод двоокисом вуглецю.
3. Розлив мінеральних вод на лінії розливу.
4. Зберігання і транспортування готової продукції.

Детермінована модель має на увазі проведення ряду ітеративних процедур по знаходженню оптимальних продуктивностей, починаючи з останньої операції. Тому для першої ітерації зосередимо увагу на операції намотування дроту.

В розпорядженні заводу знаходиться 5 розливних ліній, продуктивність яких складає:

Мінеральна вода «Оболонська лимон» – 8 тис. л./день, мінеральна вода «Оболонська-2» – 9 тис. л./день, мінеральна вода «Прозора» - 12 тис. л./день, «Живчик» - 8 тис. л./день.

Тоді оптимізаційна задача загрузки розливних ліній підприємства буде сформульована наступним чином:

$$\beta = 8 \cdot 5 \cdot x_1 + 4,7 \cdot 9 \cdot x_2 + 4 \cdot 12 \cdot x_3 + 7 \cdot 8 \cdot x_4 - 0,1 \cdot (0,25 \cdot \sigma_1^2 \cdot x_1^2 + 0,15 \cdot \sigma_2^2 \cdot x_2^2 + 0,1 \cdot \sigma_3^2 \cdot x_3^2 + 0,5 \cdot \sigma_4^2 \cdot x_4^2) \rightarrow \max$$

$$x_1 + x_2 + x_3 + x_4 \leq 5$$

$$x_i \in Z^+, i=1, \dots, 4$$

$$x_1 = 0, x_2 = 0, x_3 = 5, x_4 = 0$$

Тоді:

$$\beta = 4 \cdot 12 \cdot 5 - 0,1 \cdot 0,1 \cdot \sigma_3^2 \cdot 25 = 240 - 0,25 \cdot \sigma_3^2$$

Припускаємо, що дисперсія маржинального доходу для третього товару складає $\sigma_3^2 = 1$.

$$\beta = 240 - 0,25 \cdot 1 = 239,75 \text{ тис. грн.}$$

Незавершене виробництво на кінцевій стадії виробництва (Зберігання і транспортування готової продукції) задане наступними значеннями:

Мінеральна вода «Оболонська лимон» – 72 тис. літрів, мінеральна вода «Оболонська-2» – 88 тис. літрів, мінеральна вода «Прозора» - 108 тис. літрів, «Живчик» - 64 тис. літрів.

Тоді отримуємо, що через час $\tau_1 = 108/60 = 1,8$ дня повністю закінчиться незавершене виробництво на стадії розливу.

Виконуємо аналогічні дії для наступних трьох ітерацій.

$$1) \quad \beta = 8 \cdot 5 \cdot x_1 + 4,7 \cdot 9 \cdot x_2 + 4 \cdot 12 \cdot 1,5 \cdot x_3 + 7 \cdot 8 \cdot x_4 - 0,1 \cdot (0,25 \cdot \sigma_1^2 \cdot x_1^2 + 0,15 \cdot \sigma_2^2 \cdot x_2^2 + 0,1 \cdot \sigma_3^2 \cdot x_3^2 + 0,5 \cdot \sigma_4^2 \cdot x_4^2) \rightarrow \max$$

$$x_1 + x_2 + x_3 + x_4 \leq 5$$

$$1,5 \cdot 12 \cdot x_3 \leq 55$$

$$x_i \in Z^+, i=1, \dots, 4$$

$$x_1 = 0, x_2 = 0, x_3 = 0, x_4 = 5$$

Тоді:

$$\beta = 7 \cdot 7 \cdot 5 - 0,1 \cdot 0,5 \cdot \sigma_4^2 \cdot 25 = 245 - 1,25 \cdot \sigma_4^2$$

Припускаємо, що дисперсія маржинального доходу для третього товару складає $\sigma_4^2 = 2$.

$$\beta = 245 - 1,25 \cdot 2 = 242,5 \text{ тис. грн.}$$

$$2) \quad \beta = 8 \cdot 5 \cdot x_1 + 4,7 \cdot 9 \cdot x_2 + 4 \cdot 12 \cdot x_3 + 7 \cdot 8 \cdot 1,5 \cdot x_4 - 0,1 \cdot (0,25 \cdot \sigma_1^2 \cdot x_1^2 + 0,15 \cdot \sigma_2^2 \cdot x_2^2 + 0,1 \cdot \sigma_3^2 \cdot x_3^2 + 0,5 \cdot \sigma_4^2 \cdot x_4^2) \rightarrow \max$$

$$x_1 + x_2 + x_3 + x_4 \leq 5$$

$$1,5 \cdot 7 \cdot x_3 \leq 30$$

$$x_i \in Z^+, i=1, \dots, 4$$

$$x_1 = 0, x_2 = 5, x_3 = 0, x_4 = 0$$

Тоді:

$$\beta = 4,7 \cdot 9 \cdot 5 - 0,1 \cdot 0,15 \cdot \sigma_2^2 \cdot 25 = 211,5 - 0,375 \cdot \sigma_2^2$$

Припускаємо, що дисперсія маржинального доходу для третього товару складає $\sigma_2^2 = 1,5$.

$$\beta = 211,5 - 0,375 \cdot 1,5 = 210,9 \text{ тис. грн.}$$

$$3) \quad \beta = 8 \cdot 5 \cdot x_1 + 4,7 \cdot 9 \cdot 1,5 \cdot x_2 + 4 \cdot 12 \cdot x_3 + 7 \cdot 8 \cdot x_4 - 0,1 \cdot (0,25 \cdot \sigma_1^2 \cdot x_1^2 + 0,15 \cdot \sigma_2^2 \cdot x_2^2 + 0,1 \cdot \sigma_3^2 \cdot x_3^2 + 0,5 \cdot \sigma_4^2 \cdot x_4^2) \rightarrow \max$$

$$x_1 + x_2 + x_3 + x_4 \leq 5$$

$$1,5 \cdot 9 \cdot x_2 \leq 40$$

$$x_i \in Z^+, i=1, \dots, 4$$

$$x_1 = 5, x_2 = 0, x_3 = 0, x_4 = 0$$

Тоді:

$$\beta = 8 \cdot 5 \cdot 5 - 0,1 \cdot 0,25 \cdot \sigma_2^2 \cdot 25 = 200 - 0,625 \cdot \sigma_1^2$$

Припускаємо, що дисперсія маржинального доходу для третього товару складає $\sigma_1^2 = 1,75$.

$$\beta = 200 - 0,625 \cdot 1,75 = 198,9 \text{ тис. грн.}$$

Якщо враховувати ризик при обчисленні маржинального доходу, то видно, що дохід буде зменшуватись. Крім того, видно, що чим більший критерій згортки, тим більші втрати ми несемо при обчисленні маржинального доходу.

Висновки. На сьогоднішній день харчова промисловість піддається впливу багатьох негативних факторів із зовнішнього середовища, що погіршують чи дестабілізують її діяльність, а отже погіршують і загальнонаціональний стан економіки. Саме це є однією з основних причин, чому потрібно дбати про підприємства даної галузі, досліджувати усі можливі ризики, що можуть виникати у процесі їх діяльності [5].

Було розроблено модель, яка базується на знаходженні маржинального доходу фірми з мінімальним ризиком, перевірено, чи стане такий випуск прибутковим. Дана модель може бути використана як на підприємствах харчової промисловості, так і на інших підприємствах, що дозволить в певній мірі спрогнозувати прибутковість випуску, а також затрати часу, необхідні для цього.

Надалі планується розширити дану задачу, вирішити проблему того, як саме зміняться розв'язки задачі, якщо кожна з розливних ліній буде задіяна над виробництвом різних видів продукції. Також, планується врахувати простой на виробництві, що допоможе більш краще зрозуміти роботу конвеєрних систем. Усе це значно дозволить удосконалити дану економіко-математичну модель.

Література:

1. Чернова Г. В. Практика управління ризиками на рівні підприємств. / Г. В. Чернова. – С-Пб. Питер, 2009. – 178 с.
2. Кігель В. Р. Математичні методи ринкової економіки: навчальний посібник / Кігель В.Р. - К. : Кондор, 2003. - 158 с.
3. Конвейери: Справочник / Р. А. Волков, А. Н. Гнутов, В. К. Дьячков и др, Под общ. ред. Ю. А. Пертена. Л.; Машиностроение, Ленингр, отд-ние, 1984. – 367 с.
4. УКР-ПАК: Лінії розлива вод, напютков и жидкостей [Електронний ресурс]. – режим доступу: http://www.ukr-pak.ua/filling_lines.html. – Назва з екрану.
5. Харчова промисловість: сучасний стан та інформаційне забезпечення розвитку підприємств / О. І. Волот // Вісник Чернігівського Національного Технологічного Університету. – 2013. – 364 с.