

УДК 658.5

Клименюк М.М., д.е.н., проф.;
Подтьолок К.С., викладач,
Академія муніципального управління,
м. Київ

ДОСЛІДЖЕННЯ ЗАКОНОМІРНОСТЕЙ ВИРОБНИЦТВА МЕТОДОМ ІМІТАЦІЙНОГО МОДЕЛЮВАННЯ

Анотація. У статті представлено вплив процесів виробництва продукції та її споживання на виробничу безпеку підприємства. Розроблено методичні підходи до моделювання виробництва та попиту на продукцію для виявлення факторів, які підвищують виробничу безпеку.

Ключові слова: безпека, виробнича безпека, фактори впливу на виробничу безпеку.

Клименюк М.М., д.э.н., проф.;
Подтелок К.С., преподаватель,
Академия муниципального управления, г. Киев

ИССЛЕДОВАНИЯ ЗАКОНОМЕРНОСТЕЙ ПРОИЗВОДСТВА МЕТОДОМ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ

Аннотация. В статье представлено влияние процессов производства продукции и ее потребления на производственную безопасность предприятия. Разработаны методические подходы к моделированию производства и спроса на продукцию для выявления факторов, которые повышают производственную безопасность.

Ключевые слова: безопасность, производственная безопасность, факторы влияния на производственную безопасность.

Klymeniuk N.N. Doctor of Science (Economics), Professor;
Podtelok K.S. Lecturer,
Academy of Municipal Management

INVESTIGATION OF MANUFACTURING METHODS OF SIMULATION MODELING

Annotation. In the article it is presented influence processes production on production safety of enterprise. The ratio of these processes affects the important performance indicators including reliability and production safety. Presented approach to the simulation of production and demand on production for the exposure of factors which promote production safety. To build models of these processes need to reproduce their work which is formed under the influence of a large number of different factors.

Key words: security, industrial security, factor of influence on promotes industrial security.

Постановка проблеми. На виробничу безпеку підприємства значною мірою впливають процеси виробництва продукції, її споживання та взаємодія цих процесів. Співвідношення цих процесів впливає на важливі показники діяльності підприємства, в тому числі на його надійність та виробничу безпеку. Для побудови моделей цих процесів необхідно відтворення їх закономірностей, які складаються під впливом значної кількості різних факторів. В загальному випадку на підприємство впливають як детерміновані, так і випадкові фактори. Складність описання впливу цих факторів на виробництво та попит продукції, робить доцільним використання імітаційного моделювання цих процесів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Побудова та використання імітаційних моделей широко висвітлюється в роботах Бусленка Н.П. [1] Ситника В.Ф., Орленка Н.С. [2], Снапелева Ю.М. [3] та ін.

Імітаційне моделювання – один з найпоширеніших інструментів вивчення поведінки різних систем та оцінки різних стратегій керування ними [2].

Імітаційне моделювання – досить широке та до цього часу недостатньо чітко визначене поняття. В роботі [4] наведено визначення: «Імітаційне моделювання – процес контролювання моделі реальної системи та постановки експериментів на цій моделі з метою або зрозуміти поведінку системи, або оцінити різні стратегії, що забезпечують функціонування даної системи».

Імітаційне моделювання базується на багатьох математичних науках. Незважаючи на це, воно багато в чому залишається інтуїтивним процесом, реалізація якого може привести як до ефективних, так, і помилкових результатів. Вивчення особливостей моделювання та умов його ефективного використання дозволить знизити імовірність одержання помилкових рішень.

Серед задач аналізу виробництва, для розв'язання яких у ряді випадків може ефективно використовуватися імітаційне моделювання, можна відзначити:

- прогнозування та аналіз попиту та продукцію в цілому та за видами.
- прогнозування та аналіз тенденцій зміни обсягів виробництва продукції галузі, підприємства та підрозділів;
- прогнозування та аналіз зміни факторів виробництва та співвідношення між ними;
- прогнозування та аналіз ритмічності виробництва;
- техніко-економічна оцінка різних стратегій організації та керування об'єктом і вибір оптимальних.

Мета статті: розробка методичних підходів до моделювання виробництва та попиту на продукцію для виявлення впливу основних факторів на підвищення виробничої безпеки.

Виклад основного матеріалу дослідження. Основою імітаційного моделювання є вивчення та встановлення закономірностей функціонування підприємства, зокрема, процесів виробництва та попиту на продукцію, що виробляється.

Оскільки виробнича діяльність підприємства залежить від впливу різних факторів, в тому числі таких, які досить закономірно змінюються під впливом часу, в тому числі, сезонних та випадкових факторів, при побудові імітаційної моделі слід враховувати вплив всіх цих факторів, тобто відтворювати у часі відповідний показник, генерувати рівні часового ряду.

Якщо значення рівнів ряду визначаються математичною функцією – його відносять до детермінованих, якщо рівні описуються тільки за допомогою розподілу ймовірностей, такий ряд є випадковим.

У загальному випадку часовий ряд може мати три компоненти – тренд, періодичну (сезонну) компоненту та випадкову компоненту. Тренд характеризує довготривалу тенденцію, сезонна компонентна – періодичні коливання, пов'язані із змінами сезонів року, випадкова компонента – випадкові коливання.

Тренд та сезонна компонента можуть бути описані математичними функціями, випадкова компонента – розподілом ймовірностей, тобто ряд динаміки може бути зображений:

$$X_i = f(t) + \varepsilon_i, \forall i, \quad (1)$$

де $f(t)$ - детермінована компонента;

ε_i - випадкова компонента.

Детермінована компонента являє собою функцію часу i , відносно якої варіюють фактичні показники ε_i . Значення математичних функцій в окремі проміжки часу є математичним сподіванням рядів динаміки.

Отже, для імітації значень показника у часі необхідно побудувати математичні функції $f(t)$, встановити функцію розподілу відхилень фактичних значень від $f(t)$ та на її основі прогнозувати випадкові відхилення ε_i .

Для перевірки адекватності функції вихідного часового ряду застосовано F – критерій Фішера. Відповідно до цього критерію перевіряється значущість різниці рівнів емпіричного X_t^e та теоретичного X_t часових рядів.

Для визначення параметрів апроксимуючої функції застосовано метод найменших квадратів. Побудована функція $X = f(t)$ дозволяє для будь-якого t заданого інтервалу $(1, T)$ прогнозувати відповідні значення.

Для прогнозування випадкових відхилень необхідно встановити функцію розподілу цих відхилень від вирівнюючої функції, тобто

залишків. Залишки являють собою центрований часовий ряд, математичне сподівання якого дорівнює 0. Залишки ε_i як правило, розподілені за нормальним законом. Конкретні дослідження показали, що випадкові відхилення фактичних обсягів попиту та випуску продукції від значень тренда, як правило, узгоджуються за нормальним законом розподілу, в якому математичне очікування та дисперсія визначаються за значеннями випадкових відхилень.

Для моделювання випадкових відхилень ε_i може бути застосований метод Монте-Карло на основі таблиць нормально розподілених випадкових чисел з математичним сподіванням $m = 0$ та $\sigma = 1$.

Псевдовипадкові відхилення від детермінованої компоненти, тобто рівні центрованого ряду моделюються таким чином:

$$\varepsilon_i = \xi_i \sigma_\varepsilon, \forall i \quad (2)$$

де ξ_i - випадкове нормальне розподілене ($N(0;1)$) число (моделюють на ЕОМ; σ_ε - середнє квадратичне відхилення центрованого ряду (залишків).

Рівні цього ряду:

$$\varepsilon_t^i = X_t - X_t^m = X_t - f(t), \forall i \quad (3)$$

Нехай тенденція відображається функцією $X_t^m = f(t)$, а випадкова компонента - $\varepsilon_i = \xi_i \sigma_\varepsilon$.

Тоді модельоване значення досліджуваного показника для інтервалу t матиме вигляд

$$X_t = X_t^m + \varepsilon_i = f(t) + \xi_i \sigma_\varepsilon, \forall t \quad (4)$$

За вищеописаним принципом визначаються загальні закономірності виробництва і попиту. Це дає змогу уявити процес виробництва в такому вигляді:

$$P_t = f(t) + \xi_t, \quad t = \overline{1, T} \quad (5)$$

де T – період моделювання;

$f(t)$ – функція;

ξ_t – випадкова величина із параметрами (m, σ) відповідно із

заданими законами розподілу;

m – математичне очікування;

σ – середнє квадратичне відхилення.

Процес попиту можна представити вираженням:

$$S_t = \varphi(t) + \eta_t, t = \overline{1, T} \quad (6)$$

де T – період моделювання;

$\varphi(t)$ – функція;

η_t – випадкова величина із параметрами (m, σ) відповідно із

заданими законами розподілу.

Отримавши емпіричні дані про попит та випуск продукції на підприємстві, потрібно побудувати графіки для аналізу лінії трендів. Дана лінія застосовується для графічного відображення змін у попиті і для аналізу прогнозування попиту на майбутнє. Після побудови лінії тренду найбільш адекватну за значеннями R^2 .

Графіки побудовано на основі добових даних випуску та попиту на продукцію.

На Рис. 1. показано поліноміальну лінію тренду порядку 2 (одна вершина). Значення R^2 становить 0,7157, що вказує на найбільш високу відповідність лінії даним з усіх типів тренду.

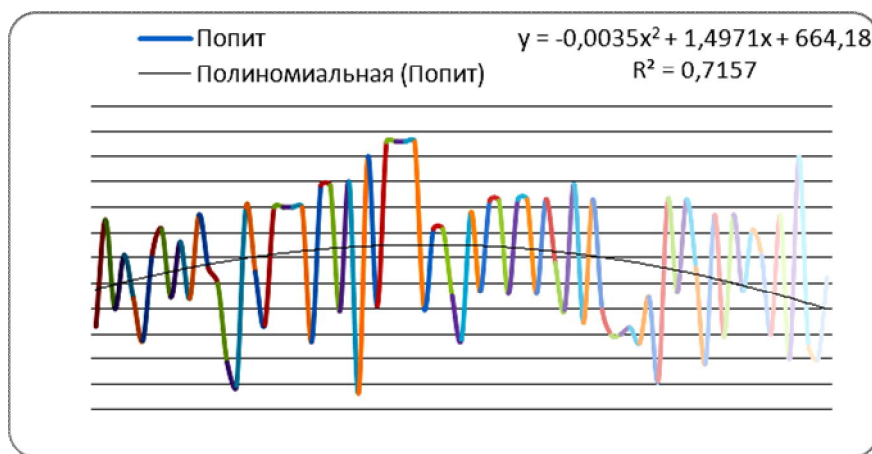


Рис. 1. Поліноміальний тренд попиту на продукцію (Фрагмент)

На досліджуваному інтервалі з розглянутих функцій за найбільш адекватну можна визнати поліноміальну, оскільки R^2 має найбільше значення серед досліджених функцій розраховуємо випуск продукції за цією функцією:

$$y = -0,0035x^2 + 1,4971x + 664,18$$

Використовуючи побудовану функцію маємо можливість промодельовати попит на продукцію на кожен день досліджуваного періоду, наприклад:

$$1\text{-й день} - X_1 = -0,0035 \times 1^2 - 1,4971 \times 1 + 664,18 = 667,2$$

$$2\text{-й день} - X_2 = -0,0035 \times 2^2 - 1,4971 \times 2 + 664,18 = 668,7$$

Вище відображені промодельовані обсяги продукції без врахування впливу випадкових факторів. Оскільки в реальному виробництві випадкові фактори мають суттєвий вплив на процеси виробництва та споживання продукції, необхідно у відповідності до виявленого закону розподілу випадкових величин, тобто нормального закону, вносити необхідні поправки.

Для знаходження випадкової компоненти спочатку розраховуємо середнє квадратичне відхилення $-\sigma$. Отримавши емпіричні та теоретичні

дані про попит на продукцію у певний період часу X_i на підприємстві можемо знайти σ :

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (X_i^{cm} - X_i^{teop})^2}{n}} = \sqrt{\frac{2370684,011}{365}} = \sqrt{21661,97668} = 147,180$$

За допомогою програми генератора випадкових чисел нормального розподілу знаходимо випадкові числа (ξ_i).

Отримавши значення середнього квадратичного відхилення та дані випадкових чисел, знаходимо ε_i за формулою:

$$\varepsilon_i = \xi_i \times \sigma \quad (7)$$

$$1\text{-й день: } \varepsilon_1 = -0,30023215 \times 147,180 = -44,188$$

$$2\text{-й день: } \varepsilon_2 = -1,27768316 \times 147,180 = -188,042$$

Для отримання попиту на продукцію необхідно до розрахункового попиту на продукцію за кожну добу додати випадкову компоненту:

$$S_i = \gamma_i + \varepsilon_i \quad (8)$$

$$1\text{-й день} - X_1 = 667,2 + (-44,188) = 623$$

$$2\text{-й день} - X_2 = 668,7 + (-188,042) = 481$$

На подальшому етапі необхідно зробити прогноз випуск продукції. Для цього потрібна вхідна інформація про фактичний випуск продукції та недовипуск продукції по причині недостатнього попиту (табл. 1).

Таблиця 1

Дані про недовипуск продукції через недостатній попит

Дні	Обсяг випуску	Недовипуск по причині недостатнього попиту	Всього
1	700	34	734
2	725	0	725

Отримавши загальні дані про випуск продукції з урахуванням відсутності попиту на підприємстві будемо графіки для аналізу лінії тренду.

Серед множини всіх функцій обираємо ту, яка має найбільше значення $R^2 = 0,8355$, в даному випадку це поліноміальна лінія тренду 2-го порядку, тому при розрахунку випуску продукції будемо використовувати функцію:

$$y = -0,001x^2 + 0,6715x + 683,69$$



Рис. 2. Поліноміальний тренд випуску продукції (фрагмент)

Побудована функція дозволяє промоделювати обсяги добових випусків продукції на кожен день досліджуваного періоду, наприклад:

$$1\text{-й день} - X_1 = -0,001 \times 1^2 + 0,6715 \times 1 + 683,69 = 684,3$$

$$2\text{-й день} - X_2 = -0,001 \times 2^2 + 0,6715 \times 2 + 683,69 = 685$$

Квадратичне відхилення:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum (X_i^{\text{ем}} - X_i^{\text{теор}})^2}{n}} = \sqrt{\frac{343216,8019}{365}} = \sqrt{940,3200051} = 30,6$$

Випадкова компонента:

$$1\text{-й день: } \varepsilon_1 = 0,90116 \times 30,6 = 27,63$$

$$2\text{-й день: } \varepsilon_2 = 0,77857 \times 30,6 = 23,87$$

Тоді прогнозований випуск продукції дорівнюватиме:

$$\dot{I}_i = \gamma_i + \varepsilon_i(9)$$

$$1\text{-й день} - X_1 = 684,3 + 27,63 = 712$$

$$2\text{-й день} - X_2 = 685 + 23,87 = 709$$

Отримавши дані про попит на продукцію та обсяг випуску продукції можна знайти прості споживачів та виробництва.

Для розрахунку прості споживачів скористаємось наступною формулою:

$$\Delta S_i = \begin{cases} S_i - \Pi_i, \text{ якщо } S_i > \Pi_i \\ 0 - \text{в протилежному випадку} \end{cases} \quad (10)$$

Таблиця 1

Прості споживачів

Дні	Попит S	Випуск П	Простий попиту P_i
1	623	712	0
2	481	709	0
3	706	711	0
4	859	781	78
Всього прості за весь період			45586

Простої виробництва:

$$\Delta P_i = \begin{cases} P_i - S_i, \text{ якщо } P_i > S_i \\ 0 - \text{ в протилежному випадку} \end{cases}$$

Таблиця 2

Простої виробництва

Дні	Попит S	Випуск П	Простій виробництва
1	623	712	89
2	481	709	228
3	706	711	5
4	859	781	0
Всього простій за весь період			12556

Простій – це тимчасове припинення роботи підприємства чи його підрозділу з не залежних від працівника причин або з його вини. Простій виробництва негативно впливає на важливі показники діяльності підприємства, в тому числі на його виробничу безпеку. Для того, щоб знизити ймовірність виникнення простою на підприємстві потрібно нарощувати потужність підприємства. Для визначення впливу нарощування потужності на діяльність підприємства необхідно провести імітаційне моделювання системи «виробництво-споживання».

Висновки. Запропоновані методичні підходів до моделювання виробництва та попиту на продукцію дають можливість виявити різні фактори та дослідити їх вплив на підвищення виробничої безпеки.

Використані джерела інформації:

1. Бусленко Н.П. Математичне моделювання виробничих процесів. М.: Наука, 1964.
2. Ситник В.Ф., Орленко Н.С. Імітаційне моделювання: Навч.-метод. посібник для самост. вивч. дисц. — К.: КНЕУ, 1999. — 208 с.
3. Снапелєв Ю.М., Старосельський В.А. Моделювання і управління в складних системах. М.; Радянське радіо, 1974.
4. Клименюк М.М., Вступ до теорії керування резервами виробництва. – Київ: «Манускрипт», 1995. – 30 с.
5. Клименюк М.М., Горіцина І.А., Діденко І.М. – Київ: «Манускрипт», 1995. – 61 с.

References:

1. Buslenko N.P. Matematychnе modeliuвання vyrobnychykh protsesiv. M.: Nauka, 1964.
2. Sytnyk V.F., Orlenko N.S. Imitatsijne modeliuвання: Navch.-metod. posibnyk dlia samost. vuvch. dysts. — K.: KNEU, 1999. — 208 p.
3. Snapeliev Yu.M., Starosel's'kyj V.A. Modeliuвання і upravlinnia v skladnykh systemakh. M.; Radians'ke radio, 1974.
4. Klymeniuk M.M., Vstup do teorii keruvannya rezervamy vyrobnytstva. – Kyiv: «Manuskrypt», 1995. – 30 p.
5. Klymeniuk M.M., Horitsyna I.A., Didenko I.M. – Kyiv: «Manuskrypt», 1995. – 61 p.