

МОДЕЛЬНА ОПТИМІЗАЦІЯ ВИРОБНИЧОЇ ПОТУЖНОСТІ ПІДПРИЄМСТВА

©2018 ШЕРСТЕННИКОВ Ю. В., РУДЯНОВА Т. М., БРИЦЬКА В. Ю.

УДК 330.3:330.4

Шерстенников Ю. В., Рудянова Т. М., Брицька В. Ю. Модельна оптимізація виробничої потужності підприємства

Робота присвячена розробці одного з методів імітаційного моделювання логістичної системи (ЛС) підприємства. Мета статті – використовуючи підхід Дж. Форрестера, розробити імітаційну модель, на підставі якої можна виконувати модельну оптимізацію виробничої потужності монопродуктового підприємства. У роботі сформульовано систему рівнянь, що описують ЛС підприємства. Імітаційне моделювання реалізоване за допомогою системи математичних рівнянь, покладених в основу комп'ютерних програм, що дозволило провести моделювання роботи ЛС у режимі «імітації» структури з урахуванням параметрів ЛС. Виконано розрахунки часової динаміки всіх темпів логістичної системи (темпу виробництва, темпів перевезень), а також динаміки рівнів товару на оптовому складі та в мережі роздрібно торгівлі. Сформульовано оптимізаційну задачу визначення максимуму економічної ефективності як функції планової виробничої потужності. Числовими розрахунками доведено, що існує єдина точка максимуму економічної ефективності як функції планової потужності підприємства.

Ключові слова: логістична система, виробнича потужність, економіко-математична модель.

Рис.: 10. **Формул:** 10. **Бібл.:** 12.

Шерстенников Юрій Всеволодович – доктор економічних наук, доцент, доцент кафедри економічної кібернетики, Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара (просп. Гагаріна, 72, Дніпро, 49010, Україна)

E-mail: hm001@ukr.net

Рудянова Тетяна Миколаївна – кандидат фізико-математичних наук, доцент, доцент кафедри прикладної математики та інформатики, Університет митної справи та фінансів (вул. Володимира Вернадського, 2/4, Дніпро, 49004, Україна)

E-mail: rudyanova@i.ua

Брицька Вікторія Юріївна – магістр, Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара (просп. Гагаріна, 72, Дніпро, 49000, Україна)

E-mail: vikabritska@ukr.net

УДК 330.3:330.4

UDC 330.3:330.4

Шерстенников Ю. В., Рудянова Т. М., Брицька В. Ю. Модельная оптимизация производственной мощности предприятия

Работа посвящена разработке одного из методов имитационного моделирования логистической системы (ЛС) предприятия. Цель статьи – используя подход Дж. Форрестера, разработать имитационную модель, на основании которой можно выполнять модельную оптимизацию производственной мощности монопродуктового предприятия. В работе сформулирована система уравнений, которые описывают ЛС предприятия. Имитационное моделирование реализовано с помощью системы математических уравнений, положенных в основу компьютерных программ, которые позволили провести моделирование работы ЛС в режиме «имитации» структуры с учетом параметров ЛС. Выполнены расчеты временной динамики всех темпов логистической системы (темпа производства, темпов перевозок), а также динамики уровней товара на оптовом складе и в сети розничной торговли. Сформулирована оптимизационная задача определения максимума экономической эффективности как функции плановой производственной мощности. Числовыми расчетами доказано, что существует единственная точка максимума экономической эффективности как функции плановой мощности предприятия.

Ключевые слова: логистическая система, производственная мощность, экономико-математическая модель.

Рис.: 10. **Формул:** 10. **Библ.:** 12.

Шерстенников Юрій Всеволодович – доктор экономических наук, доцент, доцент кафедры экономической кибернетики, Днепропетровский национальный университет имени Олеся Гончара (просп. Гагарина, 72, Днепр, 49010, Украина)

E-mail: hm001@ukr.net

Рудянова Татьяна Николаевна – кандидат физико-математических наук, доцент, доцент кафедры прикладной математики и информатики, Университет таможенного дела и финансов (ул. Владимира Вернадского, 2/4, Днепр, 49004, Украина)

E-mail: rudyanova@i.ua

Брицька Вікторія Юрєвна – магістр, Дніпровський національний університет імені Олеся Гончара (просп. Гагаріна, 72, Днепр, 49000, Украина)

E-mail: vikabritska@ukr.net

Sherstennikov Yu. V., Rudianova T. M., Brytska V. Yu. The Model Optimization of Production Capacity of Enterprise

The publication is concerned with development of one of the methods of simulation of the logistics system (LS) of enterprise. The article is aimed, using the approach of J. Forrester, to develop a simulation model on the basis of which it is possible to perform model optimization of production capacity of a mono-production enterprise. In the publication the system of equations which describe LS of enterprise is formulated. Imitation modeling is implemented by means of the system of mathematical equations, put in the basis of the computer programs which have provided to carry out modeling of performance of LS in the mode of «imitation» of structure taking into consideration parameters of LS. Calculations of the time dynamics of all the rates of logistics system (production rate, rate of transportation), as well as the dynamics of the levels of goods in the wholesale warehouse and in the retail network were performed. The optimization task of determining the maximum economic efficiency as a function of planned production capacity is formulated. By means of numerical calculations is proved that there is a single point of maximum economic efficiency as a function of the planned capacity of enterprise.

Keywords: logistics system, production capacity, economic-mathematical model.

Fig.: 10. **Formulae:** 10. **Bibl.:** 12.

Sherstennikov Yuriy V. – D. Sc. (Economics), Associate Professor, Associate Professor of the Department of Economic Cybernetics, Oles Honchar Dnipro National University (72 Haharina Ave., Dnipro, 49010, Ukraine)

E-mail: hm001@ukr.net

Rudianova Tetiana M. – PhD (Physics and Mathematics), Associate Professor, Associate Professor of the Department of Applied Mathematics and Informatics, University of Customs and Finance (2/4 Volodymyra Vernadskoho Str., Dnipro, 49004, Ukraine)

E-mail: rudyanova@i.ua

Brytska Viktoriia Yu. – Master, Oles Honchar Dnipro National University (72 Haharina Ave., Dnipro, 49000, Ukraine)

E-mail: vikabritska@ukr.net

У імітаційному моделюванні в роботах сучасних авторів є певний пробіл. Вони не дають рекомендацій, як змінювати логістичну систему (ЛС) підприємства при змінах у бізнес-середовищі або при потребі вдосконалювання існуючого підприємства. У цьому плані є корисним конструктивний підхід Дж. Форрестера [12], який у межах однієї моделі дозволяє описувати роботу всіх ланок ЛС (із виробничою ланкою включно), а також досліджувати вплив зміни ринкової кон'юнктури на економічні показники підприємства. Дана робота присвячена розвитку методів імітаційного моделювання ЛС підприємства з використанням ідей Дж. Форрестера.

На думку автора роботи [9], економіко-математичне моделювання надасть можливість вивчити кількісні взаємозв'язки, взаємозалежності системи, що моделюється, та вдосконалити її подальший розвиток і функціонування за допомогою математичної моделі. Однак у самій роботі конкретних моделей не наводиться, а обговорюються лише напрями застосування економіко-математичних методів при стратегічному управлінні потенціалом розвитку підприємства. У роботах [1; 7; 8; 11] розроблено методи формалізації опису та аналізу бізнес-процесів з використанням сучасних ІТ-технологій, але ці технології дозволяють оптимізувати лише інформаційні потоки в існуючих бізнес-структурах. У роботі [10] методами системної динаміки розглянуто питання оптимізації фінансових потоків на існуючих комунальних підприємствах. У роботі [3] розглядається завдання реінжинірингу бізнес-процесів на прикладі підприємства ТОВ «Оренбурггеофізика», запропоновано модель підприємства на основі теорії масового обслуговування, проведено імітаційне моделювання системи в середовищі Stratum 2000. За результатами моделювання отримано економічні показники ефективності реінжинірингу роботи перепроєктованої системи, однак питання створення цілісної моделі ЛС не розглядалися.

У статтях [2; 4–6] наведений огляд імітаційних моделей у плануванні на підприємстві із зазначенням основних достоїнств і недоліків, виявлені основні завдання планування, які вирішуються за допомогою технології імітаційного моделювання, а також опи-

сані методи й програмні засоби, за допомогою яких імітаційні моделі реалізовані, при цьому розгляд обмежується тільки загальними рекомендаціями.

Недоліком розглянутих вище методів є те, що вони зосереджуються або на окремих ланках ЛС, або досліджують лише питання процесуальної організації виробництва і збуту. Питання комплексного моделювання ЛС з метою оптимізації її структури і властивостей потребує більш докладного модельного опису роботи всіх ланок ЛС. Прикладом такого підходу є підхід Дж. Форрестера [12].

Мета статті – використовуючи підхід Дж. Форрестера, розробити імітаційну модель, на підставі якої можна виконувати модельну оптимізацію виробничої потужності монопродуктового підприємства.

Розглянемо роботу підприємства, логістична система (ЛС) якого відповідає рис. 1. Зауважимо, що термін «логістична система» ми використовуємо в розширеному контексті, включаючи в ЛС також і виробничу ланку.

Сформулюємо систему рівнянь, що описують логістичну систему підприємства, зображену на рис. 1. Вважаємо, що підприємство повністю забезпечено оборотними засобами.

1. Зміна попиту на продукцію на ринку є вхідним впливом для підприємства, завдання якого полягає в приведенні у відповідність свого випуску до попиту. Очевидно, що темп потоку продажів r_{i+1} (одиниці в день) в $i + 1$ -му періоді буде залежати від числа полко-місць Q_i , створених до кінця i -го періоду, або, іншими словами, від розгалуженості мережі роздрібного продажу. Якщо вважати, що в магазинах роздрібної мережі (МРМ) у середньому є однакова кількість n_1 одиниць товару, який їм поставляє підприємство, то одержимо співвідношення $r_{i+1} \sim Q_i \sim R_i$, де R_i – загальна кількість товару в МРМ: $R_i = n_1 Q_i$. Тепер можемо записати:

$$r_{i+1} = q_0 \cdot R_i \cdot b_{i+1}, \quad (1)$$

де q_0 – параметр, що визначається по середньому числу продажів за попередній квартал (або рік); R_i – рівень товару в МРМ в i -му періоді; b_i – параметр, що визначає поточний стан попиту.

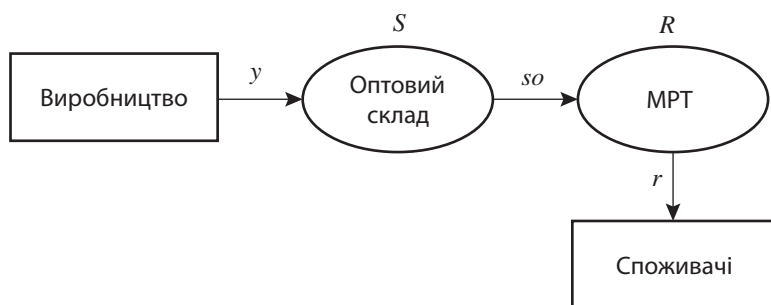


Рис. 1. Схема логістичної системи підприємства

2. Рівень товару в роздрібній мережі R_i визначається за рекурентною формулою:

$$R_{i+1} = R_i + T(so_i - r_i), \quad (2)$$

де so_i – темп поставок (одиниці в тиждень) з оптового складу в МРМ; T – період дискретизації моделі, проміжок часу між обчисленнями.

3. Рівень R_i має перебувати в межах $0 \leq R_i \leq R_m$, де R_m – максимально можливий рівень товару в МРМ. Подібний вимозі відповідає така формула для темпу поставок з оптового складу в МРМ:

$$so_{i+1} = \min \left[r_i \cdot \left(1 + \frac{R_m - R_i}{R_m} \right), \frac{R_m - R_i}{T}, \frac{S_i}{T} \right], \quad (3)$$

де S_i – рівень запасу товару на оптовому складі.

4. Темп виробництва продукції y_i визначається за формулою:

$$y_{i+1} = ym \cdot \begin{cases} 1, & \text{if } S_i < S_m, \\ 0, & \text{if } S_i \geq S_m, \end{cases} \quad (4)$$

де y_i – потужність виробництва в i -му періоді; S_m – максимальний рівень товару на оптовому складі.

5. Рівень запасу товару на оптовому складі S_i розраховується за формулою:

$$S_{i+1} = S_i + T(y_i - so_i), \quad (5)$$

де y_i – темп потоку, що входить в оптовий склад із виробництва.

6. Для визначення чистого прибутку підприємства прийнято таку формулу:

$$M_i = (1 - kp) \cdot [(1 - kad) \cdot p \cdot r_i - p \cdot c \cdot y_i - zS \cdot S_m - zR \cdot R_m] - \begin{cases} 0, & \text{if } i < 1 \\ qy |y_i - y_{i-1}|, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (6)$$

де c – частка собівартості у вартості продукції; p – ціна одиниці продукції; zR, zS – плата за збереження одиниці товару впродовж одного періоду в МРМ і на оптовому складі, відповідно; kp – ставка податку на прибуток; kad – ставка податку на додану вартість; qy – вартість «включення», «відключення» одиниці виробничої потужності.

7. Загальний економічний результат:

$$EF = \sum M_i + (1 - kp)p(S_{im} - S_0). \quad (7)$$

Виконання розрахунків. Розглянемо роботу підприємства в умовах, коли попит на продукцію залишається незмінним протягом року. При виконанні тестових розрахунків використовувались такі значення параметрів:

$$V_0 := 0; k_1 := \frac{1}{3}; qz := 3; kp := 0,3; kad := 0,06;$$

$$b_0 := 1; S_m := 140; S_0 := 80; S_0 := S_0; so_0 := 0;$$

$$m_y := 1,2; c := 0,5; zS := 0,01 \cdot qz; T := 1; R_0 := 80;$$

$$Rm_0 := 100; qy := 2; p \cdot t := 10; zR := 0,015 \cdot qz;$$

$$r_0 := 1,16; is := 5; y_0 := 0; n_1 := 0,04.$$

Для $ym = 4,045$ отримані результати, які показані на *рис. 2, рис. 3*.

Наближення рівня продукції на оптовому складі S_i до свого максимального значення S_m приводить, відповідно до рівняння (4) – до зупинки виробництва. Цей факт безпосередньо можна бачити з *рис. 2* і *рис. 3*.

На підставі рівнянь (1) – (7) можна сформулювати таку оптимізаційну задачу (задача Z1): визначити максимум економічної ефективності як функції параметра ym (планова виробнича потужність), тобто

$$EF(ym) \rightarrow \max, \quad (8)$$

де рівняння (7) визначає цільову функцію, а інші рівняння моделі (1) – (6) є обмеженнями оптимізаційної задачі.

Таким чином, ми отримали стандартну задачу оптимального управління, де управляючим параметром є ym . У простих випадках до таких задач застосовують принцип максимуму Понтрягіна, але в даному випадку система рівнянь (1) – (7) є занадто складною, аби можна було використовувати аналітичні методи. Тому доводиться розв'язувати оптимізаційну задачу числовими методами. Числовий розв'язок при обраних параметрах дає такий результат: економічна ефективність досягає свого максимального значення $EF = 2137$ при $ym = 4,045$. При цьому динаміка основних економічних показників буде такою, як на *рис. 2* і *рис. 3*.

На *рис. 4* зображено економічну ефективність як функцію планової виробничої потужності ym (на *рис. 4* y_j – це різні значення ym).

З *рис. 4* можна бачити, що існує поодинокі точка максимуму економічної ефективності як функції планової потужності підприємства. Інтуїтивно здається очевидним, що збільшення планової потужності має викликати зростання економічної ефективності. Однак якщо збільшити планову потужність до $ym = 4,1$, то економічна ефективність складе $EF = 2078$, що є меншим за оптимальне значення.

На *рис. 5* і *рис. 6* показані ті ж самі залежності, що і на *рис. 2, рис. 3*, відповідно.

З *рис. 5* і *рис. 6* видно, що тепер зупинки виробництва відбуваються частіше, ніж при оптимальному значенні $ym = 4,045$, що відповідно до формули (6) призводить до більших втрат, пов'язаних з нерівномірністю роботи виробничої ланки підприємства.

Вище був досліджений випадок роботи підприємства при незмінній ринковій кон'юктурі, що відповідає постійному значенню параметра b_i (для цього параметра було обране значення $b_0 = 1$). Тепер розглянемо випадок, коли впродовж планового періоду попит на товар зростає. Це зростання відбувається, скажімо, із 180 дня. Цій зміні попиту в модельному описі відповідає така часова залежність параметра:

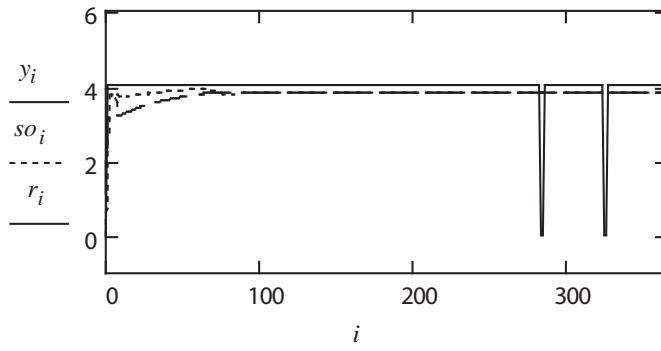


Рис. 2. Часова динаміка темпів логістичної системи з рис. 1

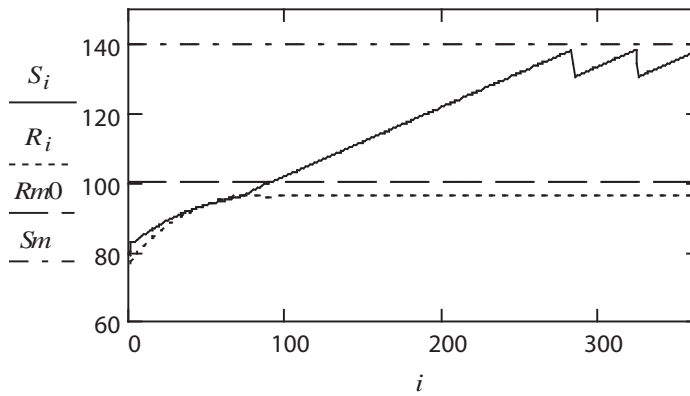


Рис. 3. Динаміка рівнів товару на оптовому складі (S_i) та в МРТ (R_i)

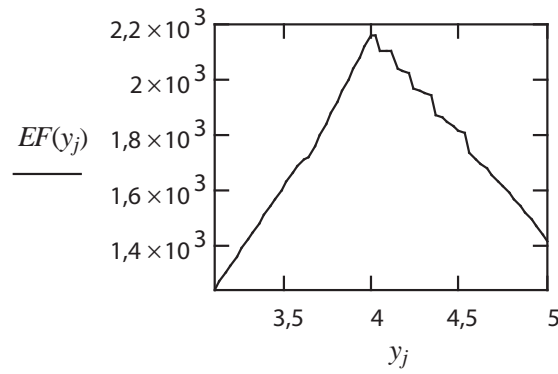


Рис. 4. Залежність економічної ефективності від планової потужності підприємства при $um = 4,045$

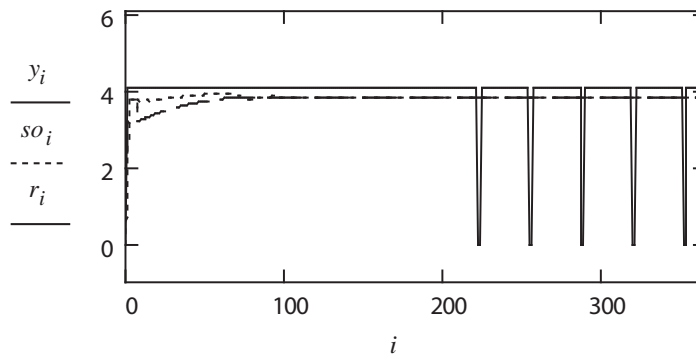


Рис. 5. Часова динаміка темпів логістичної системи при $um = 4,1$

$$b_i = \begin{cases} 1, & \text{if } i < 180 \\ b1, & \text{otherwise} \end{cases}, \quad (9)$$

де b_1 – додатковий параметр задачі.

Нехай цей параметр дорівнює $b_1 = 1,2$. Тоді часова динаміка основних змінних ЛС буде такою, яка показана на *рис. 7* і *рис. 8*.

При цьому економічна ефективність складе $EF = 2260$. Однак з *рис. 7* і *рис. 8* зрозуміло, що в даному випадку є можливість покращити економічні показники за рахунок нарощування виробничої по-

тужності, починаючи з 180-денного періоду, тобто якщо замість формули (4) вважати, що виробнича потужність має такий вигляд:

$$y_{i+1} = ym \cdot \begin{cases} 1, & \text{if } S_i < Sm, \\ 0, & \text{if } S_i \geq Sm, \end{cases} \cdot \begin{cases} 1, & \text{if } i < 180, \\ ym1, & \text{otherwise} \end{cases}. \quad (10)$$

У задачі з'явився додатковий параметр – ym_1 . Тепер економічна ефективність буде залежати від двох параметрів. Позначаючи цю ефективність $EF(ym, ym_1)$, будемо мати для неї часові залежності, зображені на *рис. 9* і *рис. 10*.

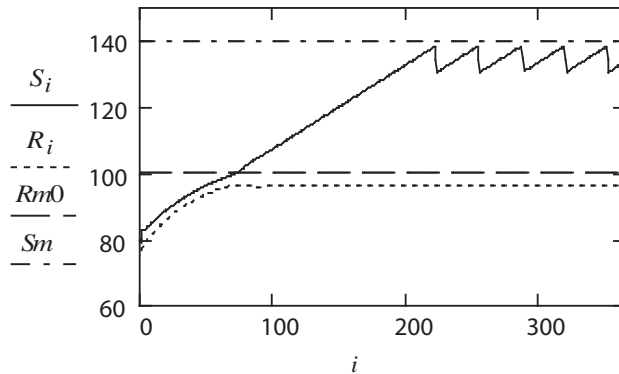


Рис. 6. Динаміка рівнів товару на оптовому складі (S_i) та в МРТ (R_i) при $ym = 4,1$

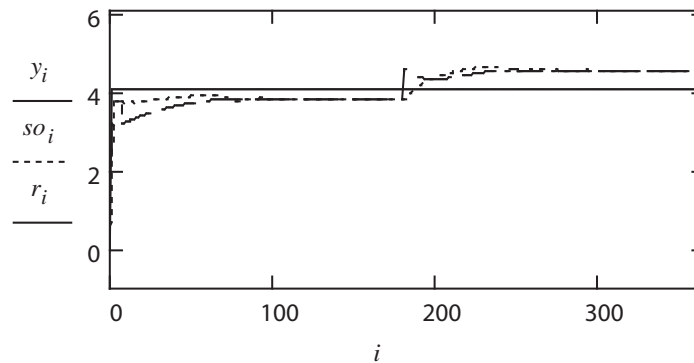


Рис. 7. Часова динаміка темпів логістичної системи при $b_1 = 1,2$

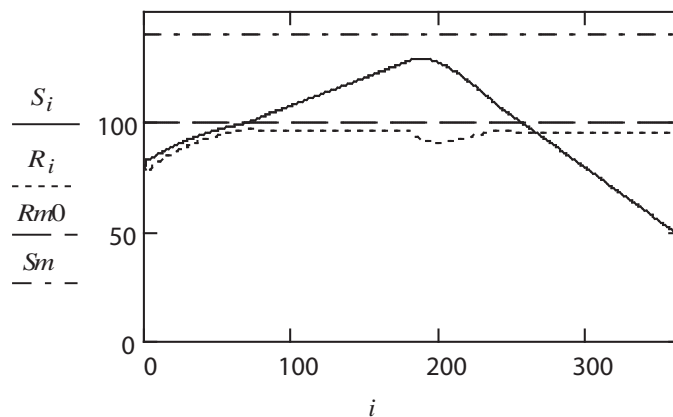


Рис. 8. Динаміка рівнів товару на оптовому складі (S_i) та в МРТ (R_i) при $b_1 = 1,2$

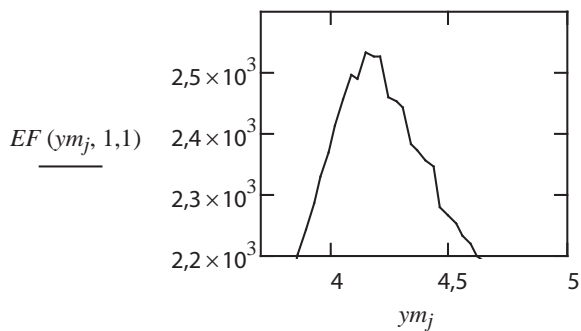


Рис. 9. Залежність економічної ефективності від планової потужності підприємства при $ut = 4,045 \cdot 1,1 = 4,45$ ($i \geq 180$)

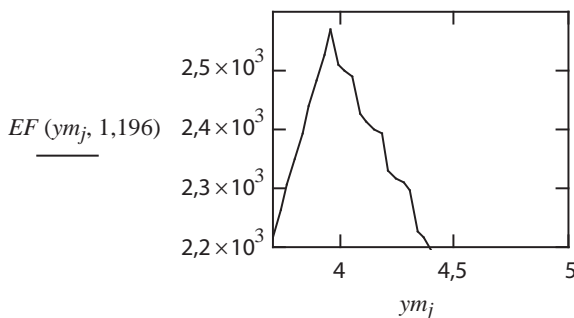


Рис. 10. Залежність економічної ефективності від планової потужності підприємства при $ut = 4,045 \cdot 1,196 = 4,838$ ($i \geq 180$)

Виконуючи оптимізацію функції $EF(y_{mj}, ut_1)$ по двох параметрах (y_{mj} , ut_1), отримуємо такий результат: оптимальні значення $y_{mj} = 4,0$, $ut_1 = 1,196$ для цих значень функції $F(y_{mj}, ut_1)$ досягає максимального значення $EF(y_{mj}, ut_1) = 2543$.

Формула (10) може бути узагальнена так:

$$y_{i+1} = y_{mj} \cdot \begin{cases} 1, & \text{if } S_i < Sm, \\ 0, & \text{if } S_i \geq Sm, \end{cases} \begin{cases} 1, & \text{if } i < 180, \\ y_{mj}, & \text{otherwise} \end{cases}$$

де ty – момент часу зміни виробничої потужності.

Оскільки ty – це додатковий параметр задачі, то він також може розглядатися як оптимізаційний. За цим самим методом можуть бути досліджені задачі вибору оптимальних значень таких параметрів моделі, як ємність оптових складських приміщень (Sm), ємність МРМ (Rm) та ін.

ВИСНОВКИ

Запропонована в роботі модель дозволяє обирати оптимальне значення виробничої потужності залежно від значень параметрів логістичної системи. Представлена математична модель дозволяє виконати широке коло завдань щодо оптимального управління підприємством. ■

ЛІТЕРАТУРА

1. Business Studio 4.0: проектирование системы целей, бизнес-процессов, организационной структуры. URL: <https://www.youtube.com/watch?v=QDvB3UAKpyk>

2. Бабина О. И. Обзор имитационных моделей в планировании на предприятии. *Фундаментальные исследования*. 2015. № 12, ч. 6. С. 1173–1178. URL: <https://www.fundamental-research.ru/ru/article/view?id=39751>

3. Влацкая И. В., Татжибаева О. А. Применение методов имитационного моделирования в реинжиниринге бизнес-процессов. *Вестник Оренбургского государственного университета*. 2010. № 9. С. 98–103. URL: http://vestnik.osu.ru/2010_9/18.pdf

4. Гвоздецька І. В., Остапчук О. В. Аналіз підходів до моделювання процесів управління промисловим підприємством. *Бізнес Інформ*. 2011. № 5. Т. 1. С. 79–80.

5. Дохолян С. В., Петросянц В. З., Деневизюк Д. А. Применение методов имитационного моделирования в практике управления промышленными предприятиями. *Региональные проблемы преобразования экономики*. 2014. № 6. С. 67–74. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/primenenie-metodov-imitatsionnogo-modelirovaniya-v-praktike-upravleniya-promyshlennymi-predpriyatiami>

6. Изюмский А. А., Надирян С. Л., Сенин И. С. Применение имитационного моделирования в сфере моделирования транспортных потоков. *Отраслевые научные и прикладные исследования: Строительство. Транспорт*. 2016. № 1. С. 52–54. URL: <http://www.id-yug.com/images/id-yug/SET/2016/1/lzyumskii-Nadiryan-Senin-52-54.pdf>

7. Коптелов А. Моделирование бизнес-процесса. URL: <https://www.youtube.com/watch?v=3PriQRry6WA>

8. Моделирование бизнес-процессов и оргструктуры в BS 3.6. URL: <https://www.youtube.com/watch?v=AkA1EMnWQ1E>

9. Педченко Н. С. Застосування економіко-математичних методів при стратегічному управлінні потенціалом розвитку підприємства. *Науковий вісник Полтавського університету економіки і торгівлі*. 2011. № 2. С. 88–91.

10. Петренко К. А. Применение методов имитационного моделирования с использованием систем powersim, vensim для коммунальных предприятий. URL: <http://eprints.kname.edu.ua/32610/1/141.pdf>

11. Система бизнес-моделирования Business Studio 5. URL: <http://www.businessstudio.ru/community/models/>

12. Форрестер Дж. Основы кибернетики предприятия (Индустриальная динамика) / пер. с англ. ; под ред. Д. М. Гвишиани. М. : Прогресс, 1971. 340 с.

REFERENCES

“Business Studio 4.0: проектиrovaniye sistemy tseley, biznes-protsessov, organizatsionnoy struktury” [Business Studio 4.0: design of the system of goals, business processes, organizational structure]. <https://www.youtube.com/watch?v=QDvB3UAKpyk>

Babina, O. I. “Obzor imitatsionnykh modeley v planirovaniy na predpriyatii” [Review of simulation models in enterprise planning]. *Fundamentalnyye issledovaniya*. 2015. <https://www.fundamental-research.ru/ru/article/view?id=39751>

Dokholyan, S. V., Petrosyants, V. Z., and Deneviziuk, D. A. “Primeneniye metodov imitatsionnogo modelirovaniya v praktike upravleniya promyshlennymi predpriyatiami” [Application of methods of simulation in the practice of industrial enterprises management]. *Regionalnye problemy preobrazovaniya ekonomiki*, no.6 (2014): 67-74. <https://cyberleninka.ru/article/n/primeneniye-metodov-imitatsionnogo-modelirovaniya-v-praktike-upravleniya-promyshlennymi-predpriyatiami>

Forrester, Dzh. *Osnovy kibernetiki predpriyatiya (Industrialnaya dinamika)* [Fundamentals of Enterprise Cybernetics (Industrial Dynamics)]. Moscow: Progress, 1971.

Hvozdetska, I. V., and Ostapchuk, O. V. "Analiz pidkhodiv do modeliuвання protsesiv upravlinnia promyslovym pidpriemstvom" [An analysis of approaches to modeling the management processes of an industrial enterprise]. *Biznes Inform.* Vol. 1, no. 5 (2011): 79-80.

Lzyumskiy, A. A., Nadiryayn, S. L., and Senin, I. S. "Primeneniye imitatsionnogo modelirovaniya v sfere modelirovaniya transportnykh potokov" [Application of simulation modeling in the field of modeling of traffic flows]. *Otraslevye nauchnye i prikladnye issledovaniya: Stroitelstvo. Transport*, no. 1 (2016): 52-54. <http://www.id-yug.com/images/id-yug/SET/2016/1/lzyumskii-Nadiryayn-Senin-52-54.pdf>

Koptelov, A. "Modelirovaniye biznes-protsesta" [Modeling the business process]. <https://www.youtube.com/watch?v=3PriQRy6WA>

"Modelirovaniye biznes-protsestov i orgstruktury v BS 3.6" [Modeling of business processes and organizational structure in BS 3.6]. <https://www.youtube.com/watch?v=AkA1EMnWQ1E>

Pedchenko, N. S. "Zastosuvannia ekonomiko-matematichnykh metodiv pry stratehichnomu upravlinni potentsialom rozvytku pidpriemstva" [Application of economic and mathematical methods in strategic management of enterprise development potential]. *Naukovyi visnyk Poltavskoho universytetu ekonomiky i torhivli*, no. 2 (47) (2011): 88-91.

Petrenko, K. A. "Primeneniye metodov imitatsionnogo modelirovaniya s ispolzovaniyem sistem powersim, vensim dlya kommunalnykh predpriyatiy" [Application of simulation methods using the systems powersim, vensim for public utilities]. <http://eprints.kname.edu.ua/32610/1/141.pdf>

"Sistema biznes-modelirovaniya Business Studio 5" [Business Modeling Business Model 5]. <http://www.businessstudio.ru/community/models/>

Vlatskaya, I. V., and Tatzhibayeva, O. A. "Primeneniye metodov imitatsionnogo modelirovaniya v reinzhiniringe biznes-protsestov" [Application of simulation methods in the reengineering of business processes]. *Vestnik Orenburgskogo gosudarstvennogo universiteta*, no. 9 (2010): 98-103. http://vestnik.osu.ru/2010_9/18.pdf