

# МОДЕЛЮВАННЯ СКЛАДНИХ СОЦІАЛЬНО-ЕКОНОМІЧНИХ СИСТЕМ

УДК 330.45:334.012.64

**С. Л. Хрипко**

доктор технічних наук, доцент

**Т. Ю. Огаренко**

кандидат економічних наук  
Класичний приватний університет

## МОДЕЛЮВАННЯ ВИРОБНИЧИХ ПОТОКОВИХ ПРОЦЕСІВ НА ПІДПРИЄМСТВІ

*У статті представлено імітаційну модель виробничих процесів системи масового обслуговування на підприємстві. Для імітаційного моделювання використано пакет AnyLogic Professional. Застосовано сценарій зменшення і збільшення часу обслуговування на етапі виробництва та підготовки до відвантаження.*

**Ключові слова:** виробничий процес, система масового обслуговування, імітаційна модель, логістична система.

### I. Вступ

Сучасне інформаційне забезпечення для системи масового обслуговування (СМО) може не так ефективно використовуватися на підприємстві через те, що сама модель представлення логістики виробництва не завжди відповідає процесам, які покладені в основу імітаційної моделі системи масового обслуговування. Наявність динамічних процесів переналагодження як обладнання, так і технологічних процесів накладають відповідний відбиток на ефективне просування логістичного процесу виробництва. Тому перед підприємством постають важливі завдання пов'язати в єдину логістичну систему виробничий процес із системою масового обслуговування та інструментом імітаційного моделювання.

Методи імітаційного моделювання виробничих процесів, які спрямовані на оптимізацію схем матеріальних потоків із застосуванням технологічного обладнання, останнім часом знаходять широке застосування в добре відомих системах масового обслуговування, зокрема [2]:

- системі масового обслуговування з втратами (відмовами);
- системі масового обслуговування з очікуванням;
- системі масового обслуговування з обмеженою довжиною черги;

- системі масового обслуговування з обмеженим часом очікування.

На жаль, можна стверджувати, що існуючі методи та моделі оптимізації постачання та збуту на підприємствах різних сфер діяльності, які розглядаються в межах логістичного підходу, не досягають поставленої мети через відсутність систем реального часу при вивченні і використанні динамічних процесів на підприємстві, тому що в логістичних потоках не завжди своєчасно враховуються динамічні ситуації, які виникають під час виконання технологічного процесу. До того ж, вибір оптимальних характеристик цих процесів потребує інструментів математичного моделювання різноманітних варіантів виникнення, супроводу та вибору кращих рішень у потоковому виробництві [1].

### II. Постановка завдання

Метою дослідження є моделювання виробничих процесів системи масового обслуговування із застосуванням інструменту імітаційного моделювання на підприємстві.

### III. Результати

На рис. 1 представлено схему проектування, виготовлення, налаштування та упакування проектів комплектних електроприводів для вантажопідйомних кранів, їх виготовлення, складання та підготовка до відвантаження.

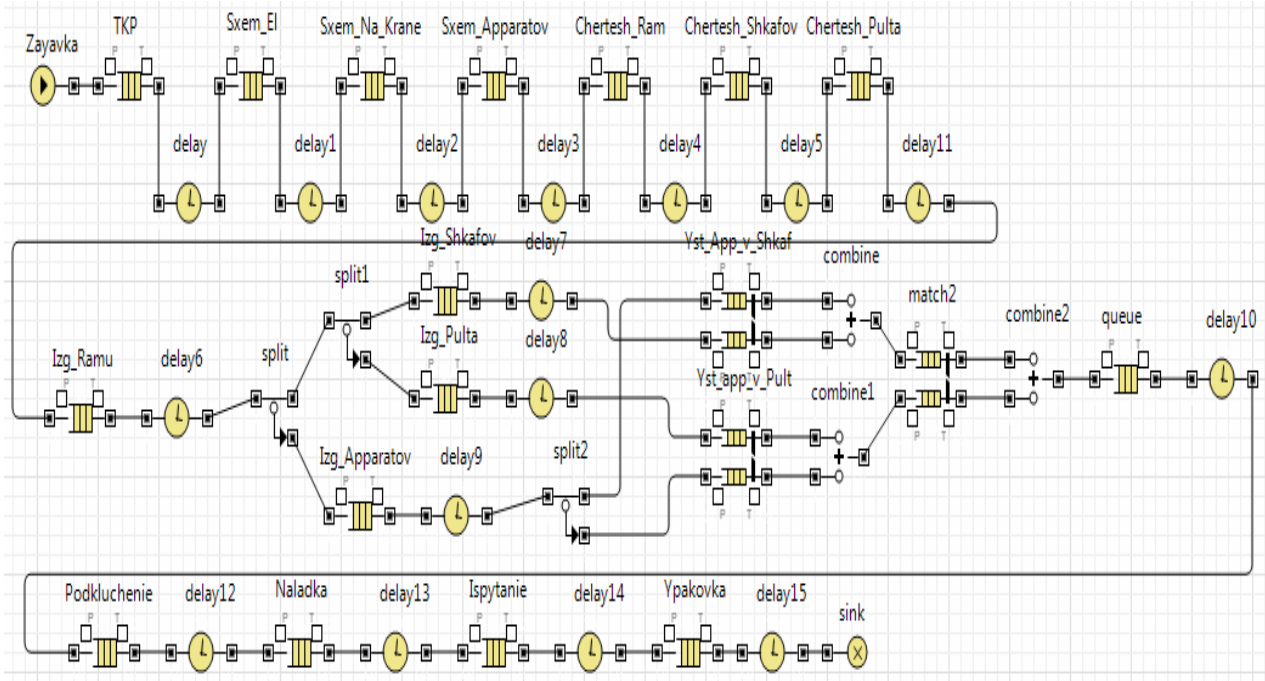


Рис 1. Модель системи масового обслуговування з виробництва продукції

На рис. 2 представлено схему виготовлення комплектуючих для комплектних електроприводів. Вона складається з: виготов-

лення рам, виготовлення шаф, виготовлення апаратів.

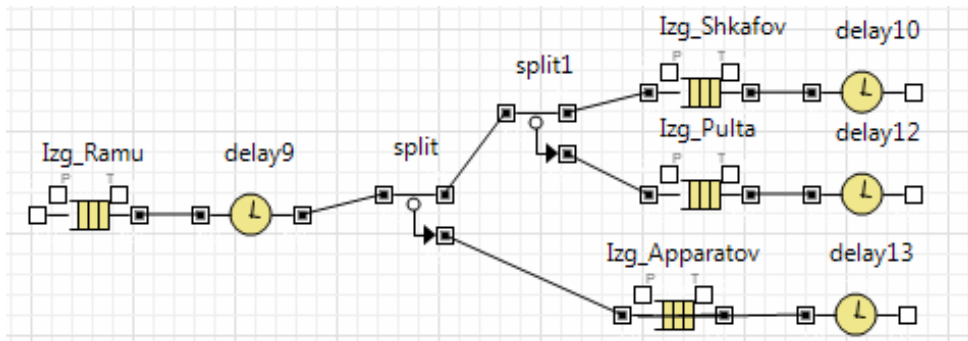


Рис. 2. Схема виготовлення комплектуючих для комплектних електроприводів

На рис. 3 представлено схему установки апаратів у шафи і пульт комплектного електроприводу. Вона складається з: установки

апаратів у шафи – 24 год., установки апаратів у пульт – 18 год.

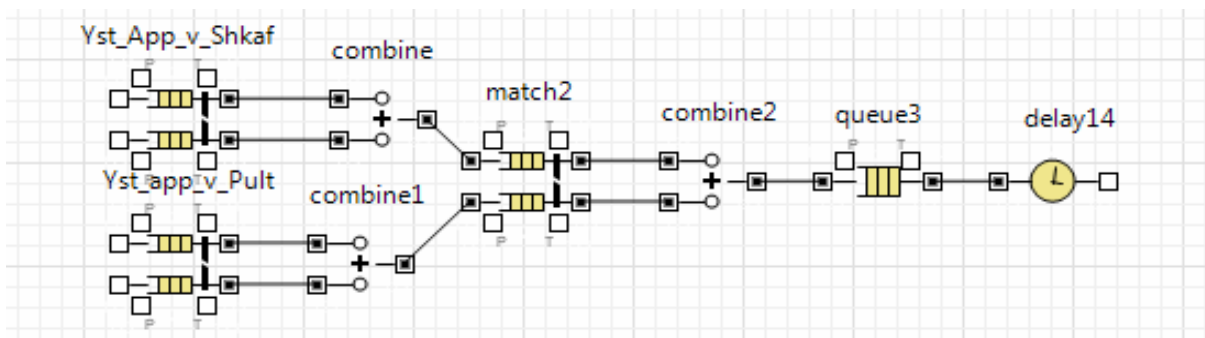


Рис. 3. Схема установки апаратів у шафи і пульт комплектного електроприводу

На рис. 4 представлено схему підготовки до відвантаження. Вона складається з: під-

ключення, налагодження, проведення випробувань, упакування.

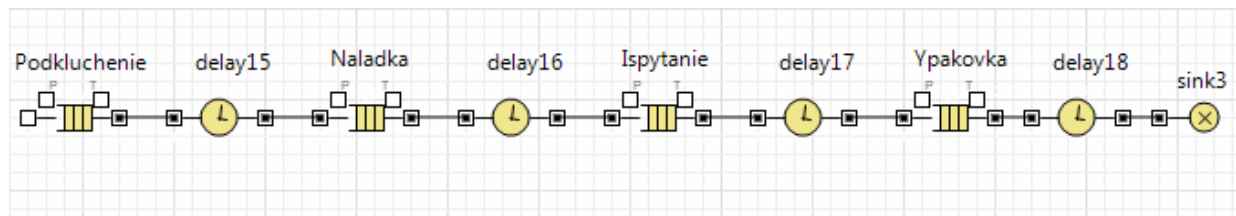


Рис. 4. Схема підготовки до відвантаження

Виробництво продукції характеризується одноканальною системою масового обслуговування. У процесі виробництва використовуються вісім видів матеріальних ресурсів: 1) куточки; 2) прутти; 3) листи металу; 4) контактори; 5) реле; 6) автомати; 7) діоди; 8) кабельна продукція. Спочатку на складі знаходяться 54 од. куточків, 54 од. прутів, 24 од. листів металу, 10 од. контакторів, 5 од. реле, 3 од. автоматів, 4 од. діодів, 1200 од. кабельної продукції.

Випуск кожної одиниці продукції супроводжується витратанням чотирьох одиниць ресурсу А і шести одиниць ресурсу В.

Коли залишки ресурсів А і В досягають мінімально допустимого рівня, генеруються запити на їх поповнення. Мінімально допустимий запас ресурсу А – 10 од., а обсяг партії постачання – 20 од., мінімально допустимий запас ресурсу В – 15 од., а обсяг партії постачання – 30 од.

Структурна діаграма має вигляд, наведений на рис. 5:

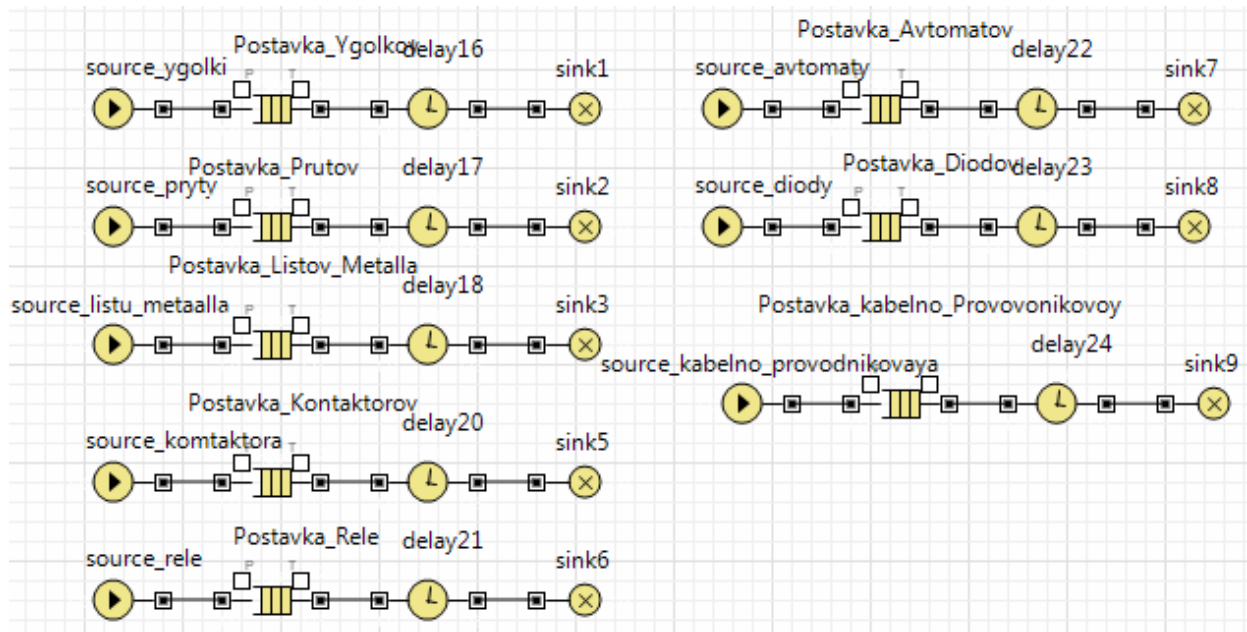


Рис. 5. Схема випуску продукції

На рис. 6 зображено змінні ресурси, які складаються з виробничих запасів та

працівників, які задіяні на виробництві.



Рис. 6. Змінні ресурси, які складаються з виробничих запасів та працівників, які задіяні на виробництві

На рис. 7 зображено змінні величини, які складають нормативи часу на виконання кожної операції:

- видавання техніко-комерційної пропозиції – 20 хв;
- розробка схеми електричної – 6 год.;
- розробка схеми розташування на крані – 3 год.;
- розробка схеми апаратів – 3 год.;
- креслення рам – 1 год.;
- креслення шаф – 2 год.;

- креслення пульта – 2 год.;
- норматив виготовлення рами – 40 год.;
- норматив виготовлення шаф – 40 год.;
- норматив виготовлення пульта – 32 год.;
- норматив виготовлення апаратів – 32 год.;
- норматив на підключення – 16 год.;
- норматив на налаштування – 8 год.;
- норматив випробування електроприводу – 4 год.;
- норматив на упакування електроприводу – 8 год.

Normativ_TKP	Normativ_Izg_Ramu
Normativ_Sxem_EI	Normativ_Izg_Shkafov
Normativ_Sxem_Na_Krane	Normativ_Izg_Pulta
Normativ_Sxem_Apparatorov	Normativ_Izg_Apparatorov
Normativ_Chertesh_Ram	Normativ_Podkluchenie
Normativ_Chertesh_Shkafov	Normativ_Naladka
Normativ_Chertesh_Pulta	Normativ_Isputanie
	Normativ_Ypakovka

Рис. 7. Змінні величини, які складають нормативи часу на виконання кожної операції

Для імітаційного моделювання використано пакет AnyLogic Professional. В якості вихідних використано виробничі дані по одному з пропонуванних варіантів виробництва комплектного електроприводу.

Операційна діяльність досліджуваного підприємства, відповідно до галузевої специфіки, складається з трьох етапів:

- стадія проектування продукту;
- стадія виробництва;
- стадія передпродажної підготовки.

У термінах побудованої системи масового обслуговування це означає наявність трьох послідовно функціонуючих підсистем, які також представляють собою СМО більш низького рівня. Важливим завданням моделювання операційної діяльності підприємства є використання наявних господарських резервів, що в нашому випадку означає пошук та ліквідацію вузьких місць, здатних більш якісно виконувати замовлення споживачів. Під якістю виконання замовлень будемо розуміти відносну пропускну спроможність та середній час обробки заявки.

Відносна пропускну спроможність характеризує кількість оброблених заявок відносно їх загальної кількості. Цей показник повинен наближатись до 1.

Середній час обробки заявки характеризує тривалість процесу, починаючи зі стадії проектування продукту і завершуючи його передпродажною підготовкою. Цей показник повинен мінімізуватись.

При плануванні імітаційного експерименту найкращим рішенням будемо вважати таке, яке має найбільшу відносну пропускну спроможність та найменший середній час обробки виробу.

Для оцінки побудованої системи масового обслуговування в якості початкових даних моделі беруть такі показники:

- інтенсивність вхідного потоку заявок за 10 000 год.;
- інтенсивність потоку обслужених заявок за 10 000 год.;
- тривалість часу роботи інформаційної системи.

До похідних показників, які розраховуються на їх основі, належать:

- інтенсивність вхідного потоку;
- інтенсивність потоку на виході;
- приведена інтенсивність заявок тощо.

Відповідно до початкових даних, закладених в модель СМО (табл. 1), після проведення імітаційного експерименту було запропоновано такі етапи для стадії покращення роботи системи масового обслуговування:

1. Проведемо зменшення часу обслуговування на етапі виробництва та підготовки до відвантаження, щоб відносна пропускну спроможність оброблених заявок відносно їх загальної кількості наближалась до 1.
2. Етап виробництва та підготовки до відвантаження збільшимо на 20%, тим самим підвищивши їх пропускну спроможність.

## Стадія покращення роботи системи масового обслуговування

Показник	Значення
Увійшло заявок	3 758
Вийшло заявок	3 749
Разом періодів	1 000
Інтенсивність вхідного потоку	0,37
Інтенсивність потоку на виході	0,37
Середній час обслуговування заявки	2,66
Приведена інтенсивність потоку заявок	1,02
Відносна пропускна спроможність	0,99

- Попередні результати мають такий вигляд:
- кількість заявок на обслуговування,  $a=3\ 758$ ;
  - кількість заявок, що були виконані,  $b=3\ 749$ ;
  - інтенсивність вхідного потоку заявок:  $\lambda=a/n=3\ 822/10\ 000=0,37$ ;
  - інтенсивність вихідного потоку заявок:  $\mu=b/n=3\ 675/10\ 000=0,37$ ;
  - середній час обслуговування заявки:  $\bar{t} = \frac{1}{\mu} = \frac{1}{0,36} = 2,66$ ;

- відносна пропускна спроможність:

$$\rho = \frac{\mu}{\lambda} = \frac{0,36}{0,38} = 0,99.$$

Це означає, що 99% заявок на вході буде виконано за результатами проведеного імітаційного експерименту. Отже, резервом для підвищення ефективності функціонування такої СМО є зростання рівня виконання заявок на 4% (рис. 8–9).

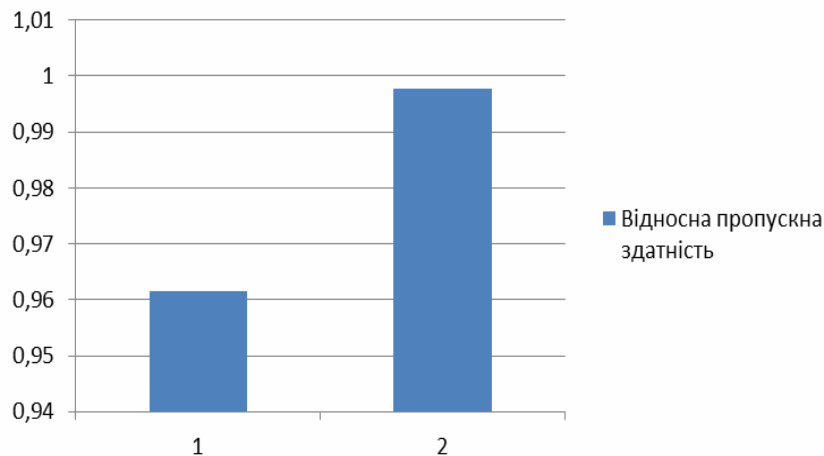


Рис. 8. Порівняльний аналіз вхідних даних та отриманих результатів згідно зі сценарієм (відносна пропускна спроможність)

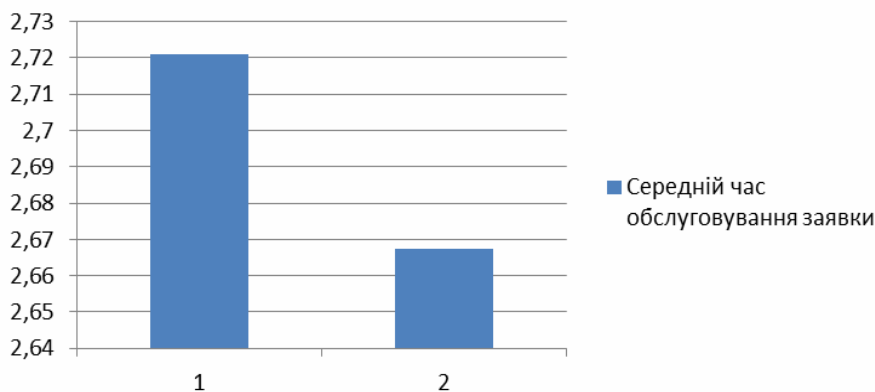


Рис. 9. Порівняльний аналіз вхідних даних та отриманих результатів згідно зі сценарієм (середній час обслуговування заявки)

#### IV. Висновки

Результати сценарію демонструють наявність синергетичного ефекту:

- підвищення пропускної спроможності на етапі виробництва приведе до зростання пропускної спрямованості на 1% (з 96% до 97%);
- підвищення пропускної спроможності на етапі передпродажної підготовки взагалі не приведе до зміни пропускної спроможності;
- одночасне підвищення пропускної спроможності на етапі виробництва та передпродажної підготовки приведе до зростання відносної пропускної спроможності на 3%.

Отже, одночасний вплив обох факторів приводить до суттєвого зростання цільового показника за рахунок їх окремого впливу, тобто в цьому випадку спостерігаємо ефект синергії.

#### Список використаної літератури

1. Бродецкий Г. Л., Гусев Д. А. Экономико-математические методы и модели в логистике: процедуры оптимизации : учебник для студ. 2-е изд., стер. Москва, 2014. 288 с.
2. Федосеев В. В., Гармаш А. Н., Дайитбегов Д. М. Экономико-математические методы и прикладные модели Москва, 1999. 391 с.

Стаття надійшла до редакції 07.12.2017.

#### Хрипко С. Л., Огаренко Т. Ю. Моделирование производственных потоковых процессов на предприятии

*В статье представлена имитационная модель производственных процессов системы массового обслуживания на предприятии. Для имитационного моделирования использовано пакет AnyLogic Professional. Использован сценарий уменьшения и увеличения времени обслуживания на этапе производства и подготовки к отгрузке.*

**Ключевые слова:** производственный процесс, система массового обслуживания, имитационная модель, логистическая система.

#### Khrypko S., Ogarenko T. Modeling of Production Flow Processes at the Enterprise

*Modern information provision for the mass service system may not be as effectively used in the enterprise, as signs that the model of representation of production logistics does not always coincide equately with the processes that underlie the simulation model of them as a service system. The presence of dynamic processes of re-adjusting both equipment and technological processes post one a corresponding imprint on the effective promotion of the logistic process of production.*

*The purpose of the study is to simulate the production processes of them as service system using the simulation too in the enterprise.*

*A scenario is used to reduce and increase the service time at the production and preparation stage for shipment.*

*The results of the scenario demonstrate the presence of a synergistic effect: increasing the band width at the production stage will increase the band width by 1%; increasing band width at the pre-sale stage does not lead to a change in band width; simultaneous increase of band width at the production stage and pre-sale training will increase the relative capacity by 3%.*

*Consequently, the simultaneous influence of both factors leads to a significant increase in the targets core due to the individual influence, that is, in this case we observe the effect of synergy.*

**Key words:** production process, queuing system, simulation model, logistics system.