

ПРИКЛАДНЕ ІМІТАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ЯК АНАЛІТИЧНА ОСНОВА ПРИЙНЯТТЯ УПРАВЛІНСЬКИХ РІШЕНЬ

СОКОЛОВСЬКА З. М., ЯЦЕНКО Н. В.

УДК 658.012.2

Соколовська З. М., Яценко Н. В. Прикладне імітаційне моделювання як аналітична основа прийняття управлінських рішень

У статті розкриваються прикладні аспекти використання імітаційного моделювання в процесі аналізу та прийняття управлінських рішень. Запропоновано модель функціонування комунального підприємства, яка побудована на базі методу системної динаміки у середовищі пакету Ithink. Наведено результати імітаційних експериментів, спрямованих на забезпечення ефективного управління матеріальними та фінансовими потоками підприємства.

Ключові слова: імітаційна модель, системна динаміка, потокові діаграми, системи підтримки прийняття рішень.

Рис.: 7. **Табл.:** 1. **Бібл.:** 10.

Соколовська Зоя Миколаївна – доктор економічних наук, професор, Одеський національний політехнічний університет (пр. Шевченка, 1, Одеса, 65044, Україна)

E-mail: nadin_zs@te.net.ua

Яценко Наталія Володимирівна – старший викладач, Одеський національний політехнічний університет (пр. Шевченка, 1, Одеса, 65044, Україна)

E-mail: natali_j@te.net.ua

УДК 658.012.2

Соколовская З. Н., Яценко Н. В. Прикладное имитационное моделирование как аналитическая основа принятия управленческих решений

В статье раскрываются прикладные аспекты использования имитационного моделирования в процессе анализа и принятия управленческих решений. Предложена модель функционирования коммунального предприятия, построенная на базе метода системной динамики в среде пакета Ithink. Приведены результаты имитационных экспериментов, направленных на обеспечение эффективного управления материальными и финансовыми потоками предприятия.

Ключевые слова: имитационная модель, системная динамика, потоковые диаграммы, системы поддержки принятия решений.

Рис.: 7. **Табл.:** 1. **Библ.:** 10.

Соколовская Зоя Николаевна – доктор экономических наук, профессор, Одесский национальный политехнический университет (пр. Шевченко, 1, Одесса, 65044, Украина)

E-mail: nadin_zs@te.net.ua

Яценко Наталья Владимировна – старший преподаватель, Одесский национальный политехнический университет (пр. Шевченко, 1, Одесса, 65044, Украина)

E-mail: natali_j@te.net.ua

UDC 658.012.2

Sokolovskaya Z. N., Yatsenko N. V. Applied Imitation Modelling as an Analytical Basis for Managerial Decision Making

The article reveals application aspects of the use of imitation modelling in the process of analysis and managerial decision making. It offers a model of functioning of a utility company built on the basis of the method of system dynamics in the Ithink package environment. It provides results of imitation experiments directed at ensuring effective management of material and financial flows of a company.

Key words: imitation model, system dynamics, stream diagram, decision making support systems.

Pic.: 7. **Tabl.:** 1. **Bibl.:** 10.

Sokolovskaya Zoya N. – Doctor of Science (Economics), Professor, Odessa National Polytechnic University (pr. Shevchenko, 1, Odessa, 65044, Ukraine)

E-mail: nadin_zs@te.net.ua

Yatsenko Natalya V. – Senior Lecturer, Odessa National Polytechnic University (pr. Shevchenko, 1, Odessa, 65044, Ukraine)

E-mail: natali_j@te.net.ua

Процес прийняття управлінських рішень у сучасній економіці постійно ускладнюється. Економічні зміни – швидкі, інтенсивні, супроводжуються великою кількістю взаємодіючих учасників процесів. У таких умовах традиційні методи аналізу та прогнозування не дають бажаних результатів. Зростаюча роль імітаційного моделювання обумовлюється доцільністю його використання в ситуаціях, коли необхідно знайти оптимальне рішення для успішного функціонування комплексної системи зі складними взаємозв'язками в умовах невизначеного середовища. Імітаційні моделі використовуються як при проектуванні нових господарських систем, так і для вдосконалення існуючих систем.

Імітаційні моделі часто інтегруються в системи підтримки прийняття рішень (СППР), значний попит на які спостерігається зараз з боку як державних, так і бізнес-структур.

Однак, не зважаючи на значний світовий досвід, у сфері імітаційного моделювання залишається ще багато невирішених проблем стосовно обрання конкретних методологічних підходів, теорії планування імітаційних експериментів та програмних платформ їх реалізації [1 – 7]. Як наслідок – обмеженість прикладних сфер використання математичного апарату на вітчизняному ринку послуг. Традиційно – це галузь логістики (імітація логістичних ланцюгів, складського господарства об'єктів різного спрямування та т. ін.) і аналізу й управління роботою ІТ систем і телекомунікацій. Стосовно виробничих об'єктів – це, як правило, підприємства харчової та легкої промисловості.

Згідно з окресленою проблемою метою статті є розкриття можливостей використання імітаційного моделювання, зокрема, системно-динамічного підходу, у процесі аналізу та прийняття управлінських рішень у

практиці господарюючого суб'єкта – комунального підприємства.

Доцільність використання імітаційних моделей як вбудованих блоків (складових бази моделей) СППР обумовлена прикладними напрямками впровадження математичного апарату і специфікою планування імітаційних експериментів. Динамічна імітація досліджуваних процесів і явищ з урахуванням впливу різноманітних стохастичних факторів потребує здійснення багатьох модельних прогонів для отримання адекватних результатів з можливістю оперативного регулювання експериментами (завдяки гнучкому користувальницькому інтерфейсу) та оновленням вхідної інформаційної бази.

Найбільш типовими у практичному використанні сьогодні є такі сценарії:

- ✦ модель вбудована у поточні бізнес-процеси досліджуваного об'єкта, завдяки чому здійснюється її автоматичний запуск як наслідок виконання конкретних операцій;
- ✦ модель спрямована на розробку варіантів бізнес-стратегій об'єкта в ситуаційному режимі;
- ✦ у ході прийняття управлінського рішення модель запускається користувачем з конкретними параметрами настройки.

У сучасному імітаційному моделюванні сформувалися та широко використовуються три головні підходи – дискретно-подійне моделювання, системна динаміка та агентне моделювання [3, 7 – 10]. Залучення конкретного підходу до побудови моделі залежить від особливостей поставлених завдань.

Пропонується імітаційна модель динаміки матеріальних і фінансових потоків комунального підприємства (КП) як складова загальної СППР об'єкта. Метою створення моделі була розробка тренажеру для відпрацювання управлінських рішень щодо підвищення рівня управління оборотними активами КП. Імітаційні експерименти сприяють також визначенню загальної оцінки ефективності функціонування підприємства. Достатньо високий рівень агрегації та необхідність дослідження, перш за все, загальної динаміки процесів формування матеріальних і фінансових потоків зумовили вибір системно-динамічного підходу та програмної платформи його реалізації – пакету Ithink.

Системно-динамічний підхід використовується тоді, коли динаміка об'єкта моделювання визначається у вигляді еволюційних змін, без відтворення окремих елементарних подій. Моделі реальних об'єктів при цьому представлені у вигляді взаємодії потоків різноманітної природи. Поточковий підхід реалізується на базі методу системної динаміки, фундаментальними поняттями якого є фонд (накопичувач, резервуар) і потік. Об'єкт моделювання в межах прийнятої концепції представлено як динамічну систему, що складається з фондів, пов'язаних між собою потоками. Вміст фондів вимірюється їх рівнем, а інтенсивність потоків визначається темпами або швидкістю переміщення вмісту фондів. Наведені поняття є дуже універсальними і легко інтерпретуються у термінах конкретної економічної системи. У нашому випадку – це комунальне підприємство.

КП забезпечує поставки продуктів підприємствам бюджетної сфери (лікарням, школам, дитсадочкам і т. ін.) і фактично відіграє роль ланки-посередника між суб'єктами, що отримують продукцію, та постачальниками (виробниками) конкретних видів харчової продукції: м'ясо та м'ясні вироби; молочні продукти; бакалія; овочі та фрукти; хлібобулочні вироби та ін.

Комунальне підприємство орендує харчові блоки у відповідних бюджетних установах (їдальні, буфети тощо). Ці блоки знаходяться на балансі комунального підприємства, а робітники є його співробітниками.

Кожна установа періодично надає замовлення КП на постачання деякої кількості продуктів за встановленою номенклатурою. Різні установи (види установ) надають відповідні замовлення з різною періодичністю. Відрізняється також періодичність замовлень за окремими видами продукції. Комунальне підприємство акумулює замовлення, обробляє їх та направляє постачальникам конкретної продукції. Після виконання замовлень постачальники продукції відвантажують її на оптові склади КП, звідки вона через деякий час відправляється бюджетним підприємствам-замовникам.

Наведені далі фрагменти загальної моделі та результати проведених імітаційних експериментів стосуються процесу співробітництва КП зі шкільними установами одного з районів м. Одеса.

У ході постановки загальної задачі зроблено такі припущення:

- ✦ усі шкільні установи розбито на 3 групи за ознакою загальної чисельності школярів: великі, середні, малі;
- ✦ замовлення харчової продукції імітуються тільки узагальнено за окремими видами (наведені вище), тобто без деталізації за конкретними номенклатурними позиціями;
- ✦ приймається, що одне замовлення – це партія товарів конкретного виду, відносно якої відомі її оптова та роздрібна ціна;
- ✦ часові затримки між етапами технологічного процесу надання та виконання замовлень встановлені як середні величини, визначені за матеріалами обстежень.

Потокові діаграми фрагмента моделі наведені на *рис. 1*. Модель містить 3 сектори:

- ✦ *Sektor1* – імітація матеріальних потоків (харчової продукції): від шкіл-замовників – до оптових складів комунального підприємства;
- ✦ *Sektor2* – імітація розподілу продукції з оптових складів комунального підприємства по школах-замовниках згідно з обсягом замовлень кожного з видів шкіл;
- ✦ *Sektor3* – імітація фінансових потоків.

Призначення головних змінних наведеного фрагмента моделі представлено в *табл. 1*. На математичному рівні модель є системою кінцево-різницевого рівнянь, які вирішуються на основі чисельного алгоритму інтегрування (за схемою Ейлера або Рунге – Кутта) з постійним кроком і заданими начальними значеннями. Імітаційні експерименти на наведеній моделі можуть проводитися за різні часові періоди з різними кроками імітації.

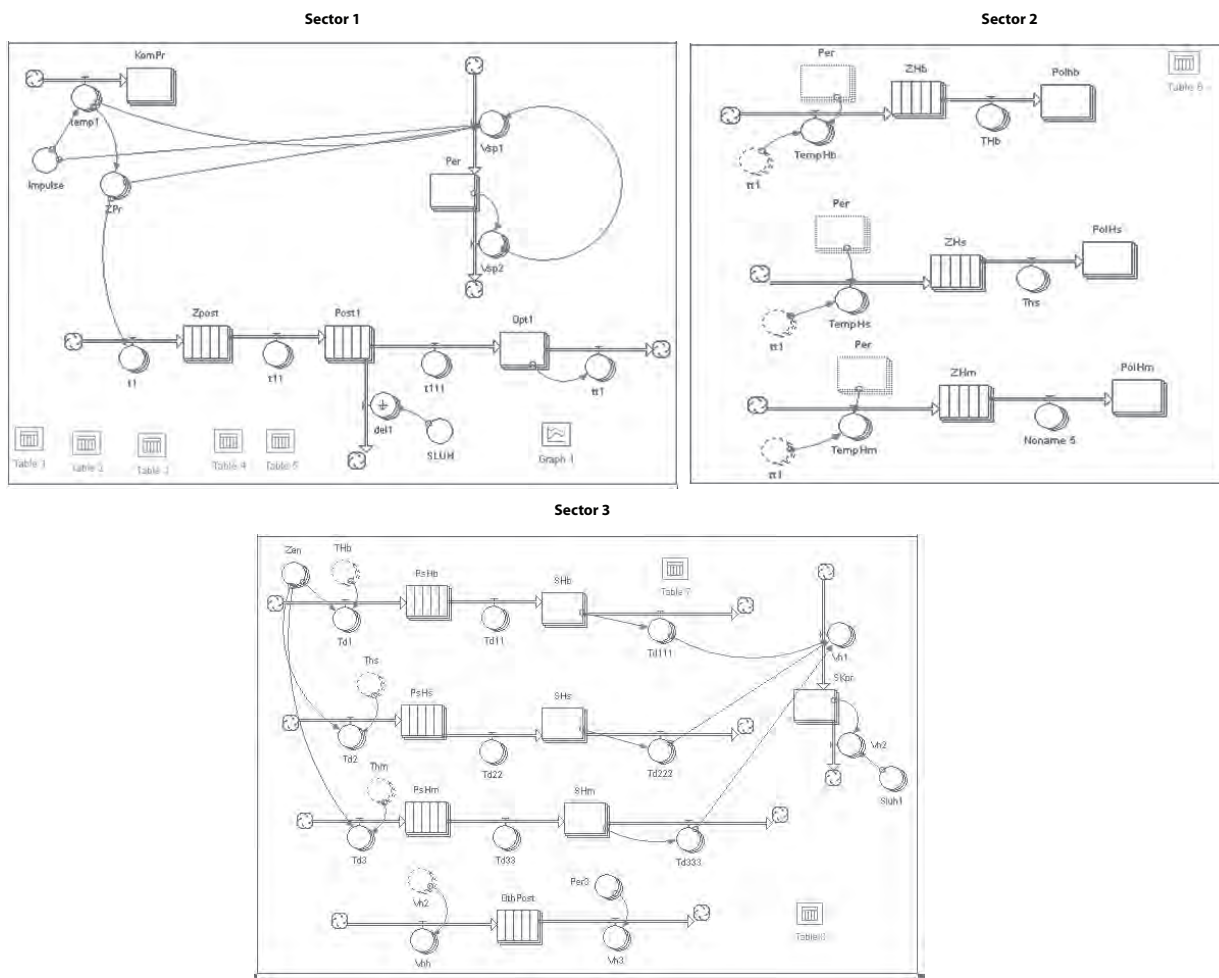


Рис. 1. Модель роботи комунального підприємства (фрагмент)

Таблиця 1

Головні змінні фрагменту моделі

Найменування змінної у моделі	Вид змінної у моделі	Значення змінної або алгоритм обчислення	Призначення
1	2	3	4
KomPr	Резервуар-масив	$KomPr[*](t) = KomPr[*](t-dt) + temp1[*] * dt$	Фонд замовлень на харчову продукцію від шкіл: одномірний масив (елементи – замовлення від конкретної групи шкіл)
temp1	Потік	If impulse = 1 then Randome (*, *) else 0	Темп замовлень від шкіл – випадкова змінна (використана функція impulse)
Per	Резервуар-масив	$Per[*](t) = Per[*](t-dt) + (Vsp1[*] - Vsp2[*]) * dt * Vsp1[*]$, $Vsp2[*]$ – темпи вхідного та вихідного потоків	«Штучний» фонд, в якому формується частка, яку складає замовлення конкретного виду шкіл на конкретний вид продукції в загальному обсязі замовлень на цей вид продукції
Opt1	Резервуар-масив	$Opt1[*](t) = Opt1[*](t-dt) + (t111[*] - tt1[*]) * dt$	Фонд-масив, який моделює оптові склади комунального підприємства
t111	Потік-масив	CONVEYOR OUTFLOW	Часова затримка. Визначає тривалість виконання замовлень та їх доставки на оптові склади КП
tt1	Потік масив	$tt1[*] = Opt1[*]$	Темп виконаних замовлень за видами харчової продукції (загальні обсяги)
Zpost	Конвейер-масив	$Zpost[*](t) = Zpost[*](t-dt) + (t1[*] - t11[*]) * dt$	Фонд-масив замовлень на конкретні види продукції від КП до постачальників (виробників)

1	2	3	4
		t1 – темп агрегованих замовлень за видами продукції t11 – часова затримка (тривалість надходження замовлень до постачальників)	
Post1	Конвейєр-масив	$Post1[*](t) = Post1[*](t-dt) + (t11[*] - t111[*]-del1[*])*dt$ del1 – темп невиконаних замовлень	Фонд-масив виконаних замовлень постачальниками
ZHb, ZHs, ZHm	Конвейєри-масиви	$ZHb[*](t) = ZHb[*](t-dt) + (TempHb[*] - THb[*])*dt$ TempHb – темп вхідного потоку. THb – часова затримка (тривалість процесу постачання продуктів до шкіл-замовників)	Фонди-масиви виконаних замовлень за видами замовників (великих, середніх та малих шкіл, відповідно). ZHb, ZHs, ZHm обчислюються за аналогічними алгоритмами
PolHb, PolHs, PolHm	Резервуари-масиви	$PolHb[*](t) = PolHb[*](t-dt) + THb[*]*dt$	Фонди-масиви, в яких накопичуються поставки продукції за увесь період імітації
PsHb, PsHs, PsHm	Конвейєри-масиви	$PsHb[*](t) = PsHb[*](t-dt) + (Td1[*] - Td11[*])*dt$ Td1 – темп вхідного потоку. Td11 – тривалість руху коштів від шкіл-отримувачів продукції до рахунку КП	Фонди-масиви обсягів здійснених поставок (у вартісному вимірі) великим, середнім і малим школам відповідно
SHb, SHs, SHm	Резервуари-масиви	$SHb[*](t) = SHb[*](t-dt) + (Td11[*] - Td111[*])*dt$ Td111 – темп надходження коштів від великих шкіл на рахунок КП	Фонди-поточні рахунки шкіл (за групами та видами продукції)
SKPr	Резервуар-масив	$SKPr[*](t) = SKPr[*](t-dt) + (Vh1[*] - Vh2[*])*dt$ Vh1 – вхідний темп, який моделює загальні (від всіх клієнтів) надходження коштів за видами продукції. Vh2 (Vhh) – темп вихідного потоку	Поточний рахунок комунального підприємства (фонд-масив формує надходження коштів за видами продукції).
OthPost	Конвейєр-масив	$OthPost[*](t) = OthPost[*](t-dt) + (Vhh[*] - Vh3[*])*dt$ Vh3 – час руху коштів між рахунками КП і рахунками постачальників	Фонд розрахунків комунального підприємства з постачальниками продукції
Sluh1	Конвертер	$Sluh1[*] = RANDOM(*,*)$	Випадкова змінна, за допомогою якої моделюються можливі несплати КП постачальникам

Примітка: [*], (*,*) -- позначення, відповідно, елементів масивів та діапазонів при генерації випадкових змінних.

Розглянемо деякі результати імітаційних експериментів, які використовуються в ході прийняття управлінських рішень менеджерами КП.

Моделюється процес постачання для 4-х видів продукції. Термін імітації – квартал; крок імітації – день. Для забезпечення ритмічної роботи комунального підприємства такого профілю головним є синхронізація матеріальних і фінансових потоків між замовниками та постачальниками продукції.

На *рис. 2* показано динаміку замовлень на постачання продукції від різних клієнтів КП (у натуральних одиницях виміру). Як зазначалося раніше, підприємство агрегує замовлення та передає їх безпосередньо підприємствам-виробникам. Представлена динаміка добре відображає періодичність надходження замовлень впродовж кварталу. Видно, що досліджуваний про-

цес є достатньо нерівномірним, але в результаті аналізу виявлено, що це спричинено об'єктивними причинами і зумовлено встановленою ритмічністю споживання продукції в організаціях-замовниках. Наскільки традиційна організація процесу є ефективною, теж можна дослідити на імітаційній моделі. Якщо постачальники не спроможні вчасно задовольняти замовників, такий ритм потребує змін. Це дійсно так у нашому випадку, тому що, як свідчить динаміка, представлена на *рис. 3*, кількість незадоволених замовлень є значною.

Згідно з цим важливою проблемою для КП є забезпечення оптимального рівня запасів на його оптових складах. Ефективна система формування та управління запасами дозволить знизити тривалість операційного циклу, зменшити рівень поточних витрат на зберігання, трансакційних витрат по закупівлі товарів для

організацій-замовників; вивільнити з господарчого обороту частину фінансових коштів, зробивши реінвестицію їх у інші активи. Для КП це може проявитися в розширенні у майбутньому мережі організацій-клієнтів. Динаміка обсягів продукції на оптових складах комунального підприємства представлена на *рис. 4* (натуральні одиниці виміру). Як видно з наведеного графіка, динаміка накопичення продукції відповідає періодичності надходження та обробки агрегованих замовлень від клієнтів. Більш ретельне вивчення становища потребує переходу від аналізу динаміки агрегованих замовлень на різні види продукції від сукупного клієнту до розгляду закономірностей обслуговування конкретних клієнтів.

Додаткові імітаційні експерименти дозволили визначити динаміку структури запасів у розрізі основних груп продуктів; виявити сезонні коливання їх розмірів згідно зі специфікою замовлень та процесу споживання клієнтів.

Надання менеджерам КП, окрім загальної картини, даних стосовно прогнозної ситуації по кожному з клієнтів у конкретні часові періоди є підґрунтям прийняття оперативних управлінських рішень щодо врегулювання процесів їх обслуговування.

Динаміки фінансових розрахунків КП з організаціями-замовниками та постачальниками в розрізі чотирьох досліджуваних видів продукції наведені, відповідно, на *рис. 5* і *6*. Можливі несплати КП постачальникам

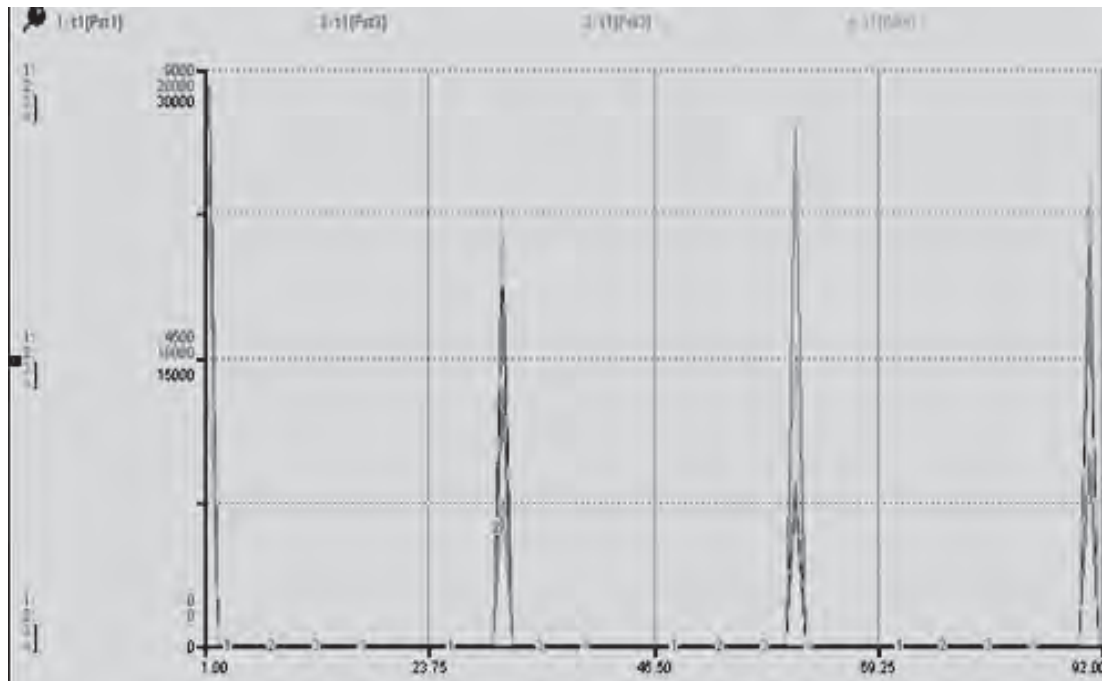


Рис. 2. Динаміка агрегованих КП замовлень на постачання продукції (натуральні одиниці виміру)

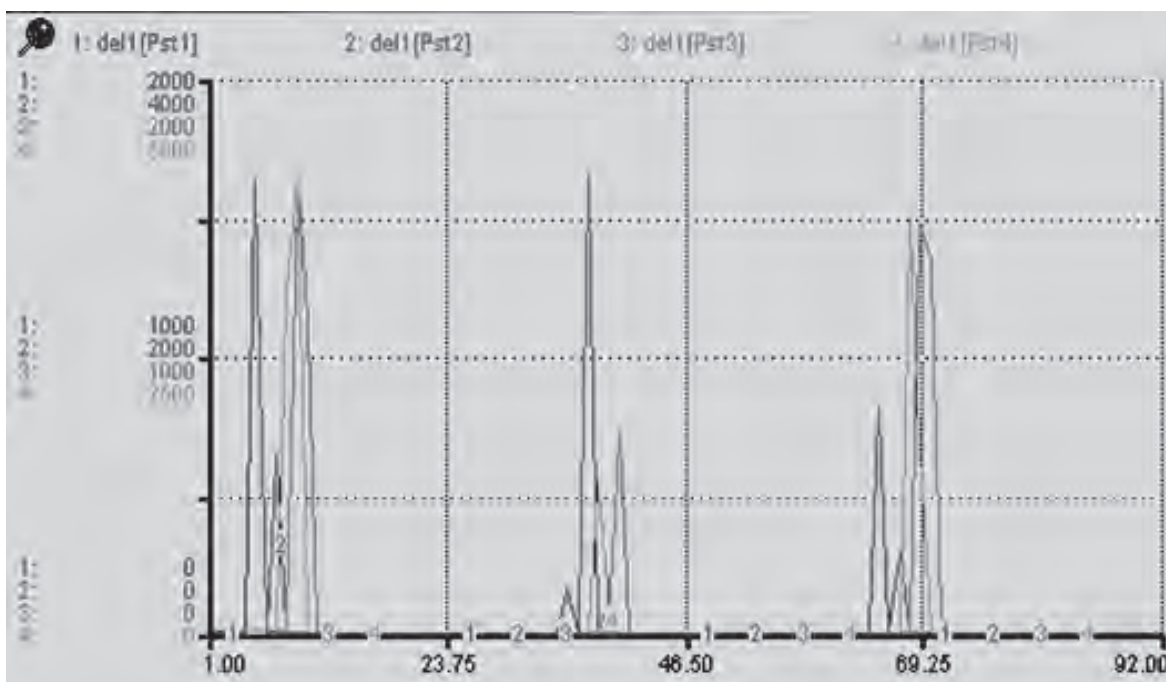


Рис. 3. Динаміка невиконаних замовлень на постачання продукції (натуральні одиниці виміру)

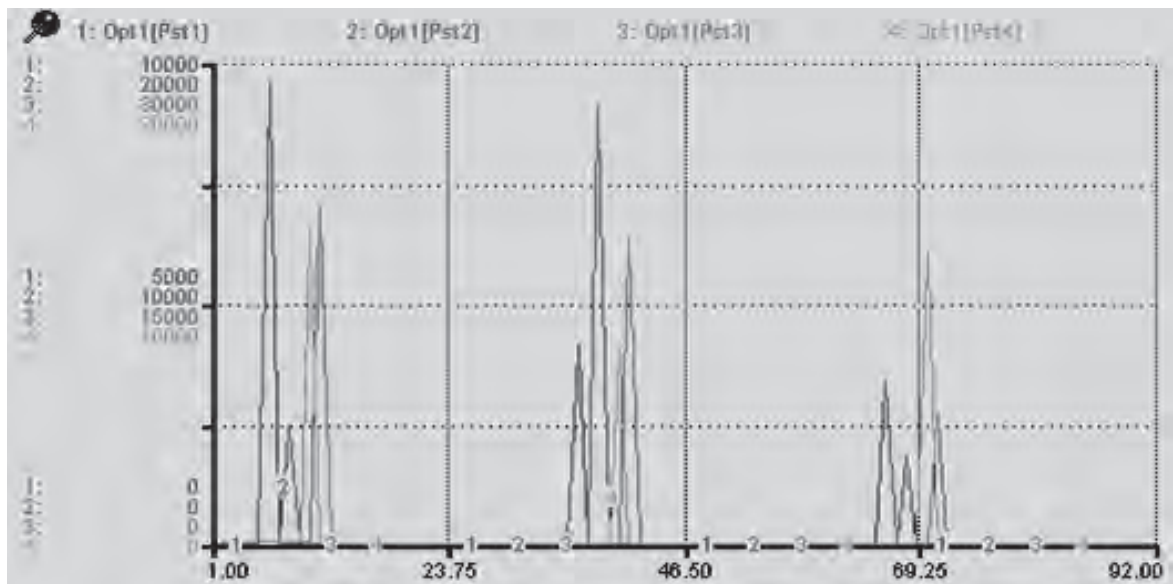


Рис. 4. Динаміка продукції на оптових складах КП (натуральні одиниці виміру)

Примітка: Ось ОХ – кроки імітації (дні).

моделюються за допомогою таких шумів (генерація значень випадкової змінної Sluh1) – рис. 7.

Як видно, відрахування КП постачальникам (зважаючи на існуючу затримку у часі) достатньо ритмічні, що, зокрема, свідчить про виконання організаціями-замовниками своїх фінансових зобов'язань. Аналіз стану поточного рахунку КП і динаміки змін його рівня дозволяє зробити конкретні висновки стосовно платоспроможності КП на конкретний момент часу; виявити потребу у фінансових ресурсах, достатню для нормального забезпечення операційної діяльності, а також визначитися з необхідністю залучення додаткових джерел фінансування.

ВИСНОВКИ

Таким чином, запропонована модель-тренажер спрямована на відтворення динаміки розвитку об'єкта (комунального підприємства) з урахуванням різноманітних стохастичних змін середовища його функціонування. У ході розробки управлінських рішень менеджери КП мають можливість програвати різні господарчі ситуації, змінюючи параметри моделі, часові періоди імітації; враховувати збої та «вузькі місця» за допомогою вводу відповідних стохастичних змінних. У процесі аналізу отриманих результатів встановлюється загальна тривалість і структура операційного та фінансового циклів КП.

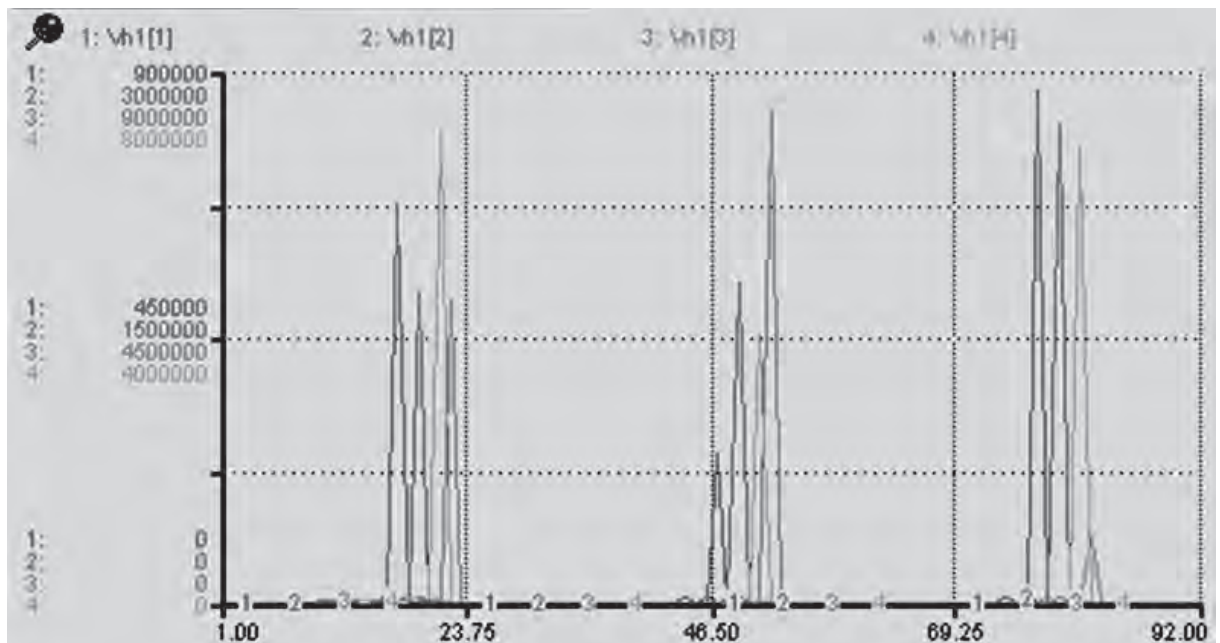


Рис. 5. Динаміка фінансових потоків – розрахунків замовників з комунальним підприємством (грн)

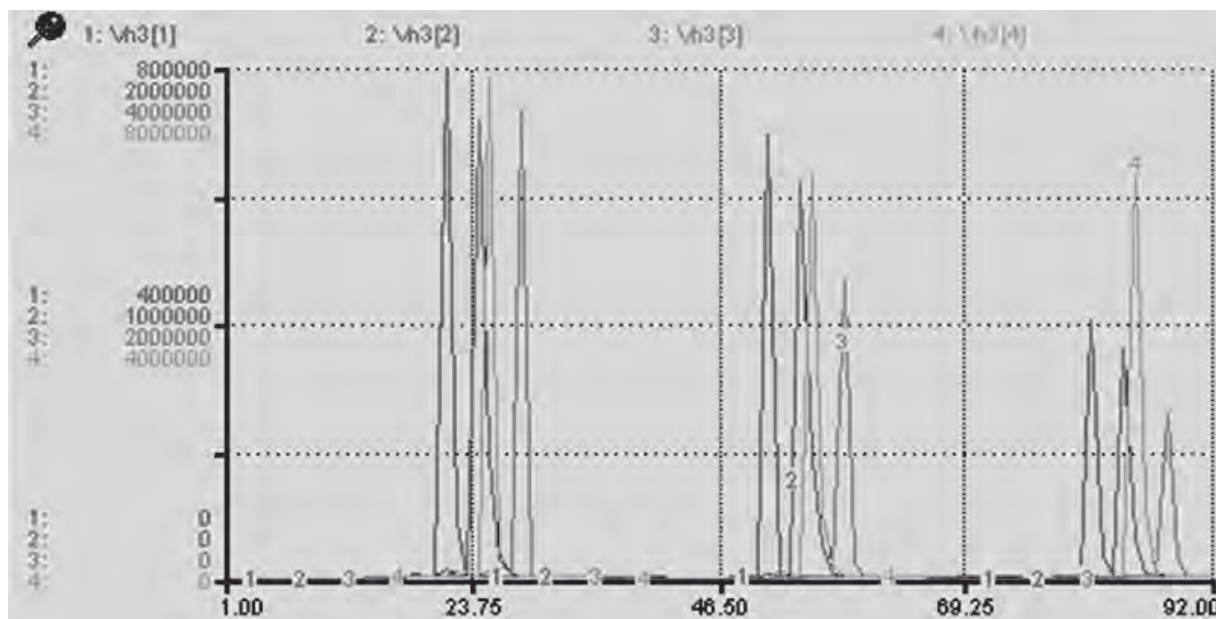


Рис. 6. Динаміка фінансових потоків – розрахунків комунального підприємства з виробниками (постачальниками) продукції (грн)

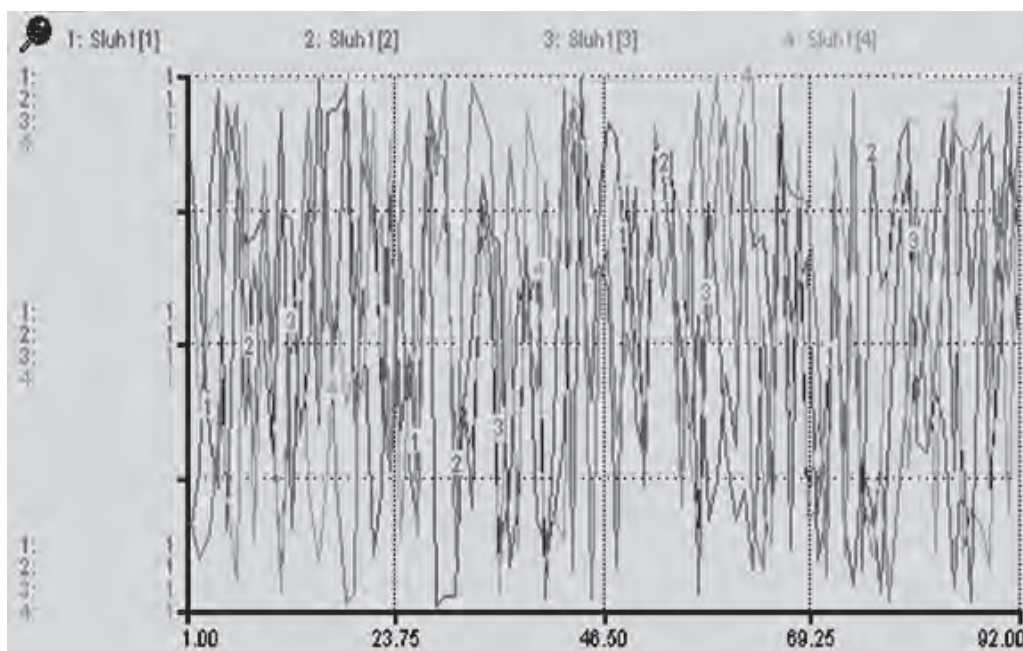


Рис. 7. Динаміка можливих несплат КП постачальникам продукції

Примітка: Ось ОХ – кроки імітації (дні).

На імітаційних експериментах можна дослідити вплив головних факторів, що визначають динаміку (тривалість) цих циклів.

Модульність та відкритість моделі дозволяють легко пристосувати її до конкретних умов функціонування комунальних підприємств досліджуваного профілю. ■

ЛІТЕРАТУРА

1. Каталевский Д. Ю. Основы имитационного моделирования и системного анализа в управлении / Д. Ю. Каталевский. – М. : МГУ, 2011. – 304 с.

2. Лычкина Н. Н. Имитационные модели в процедурах и системах поддержки принятия стратегических реше-

ний на предприятиях / Н. Н. Лычкина // Бизнес-информатика. – 2009. – № 1. – С. 35 – 41.

3. Соколовська З. М. Комп'ютерне моделювання складних економічних систем : монографія / З. М. Соколовська, О. А. Клепікова. – Одеса : Астропринт, 2011. – 502 с.

4. Цисарь И. Ф. Моделирование экономики в Ithink_Stella. Кризисы, налоги, информация, банки / И. Ф. Цисарь. – М. : Изд-во «ДИАЛОГ_МИФИ», 2009. – 224 с.

5. Oren T. I., Zeigler B. P. Concepts for Advanced Simulation Methodologies, Simulation / T. I. Oren, B. P. Zeigler. – North-Holland Publishing company, pp. 78 – 88, 2009.

6. Sterman J. Business Dynamics: Systems Thinking and Modeling for a Complex World / J. Sterman. – Boston : McGraw-Hill Companies, 2000.

7. Боев В. Д. Исследование адекватности GPSS World и AnyLogic при моделировании дискретно-событийных процес сов / В. Д. Боев. – СПб. : ВАС, 2011. – 404 с.

8. Борщев А. В. Практическое агентное моделирование и его место в арсенале аналитика / А. В. Борщев // Exponenta Pro. – 2004. – № 3-4 [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.gpss.ru/index-h.html>

9. Карпов Ю. Г. Имитационное моделирование систем. Введение в моделирование с Anylogic 5 / Ю. Г. Карпов. – СПб. : БХВ-Петербург, 2009. – 430 с.

10. Многоподходное имитационное моделирование в AnyLogic. XJ Technologies [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.xjtek.ru>

REFERENCES

Boev, V. D. *Issledovanie adekvatnosti GPSS World i AnyLogic pri modelirovanii diskretno-sobytiynykh protsessov* [Study the adequacy of GPSS World and AnyLogic modeling discrete-event processes.]. St. Petersburg: VAS, 2011.

Borshchev, A. V. "Practicheskoe agentnoe modelirovanie i ego mesto v arsenale analitika" [A practical agent based modeling and his place in the arsenal of Analytics]. In *Exponenta Pro*, no. 3-4 (2004): 35-41. <http://www.gpss.ru/index-h.html>

Katalevskiy, D. Yu. *Osnovy imitatsionnogo modelirovaniia i sistemnogo analiza v upravlenii* [Fundamentals of simulation

modeling and systems analysis in management]. Moscow: MGU, 2011.

Karpov, Yu. G. *Imitatsionnoe modelirovanie sistem. Vvedenie v modelirovanie s Anylogic 5* [Simulation modeling systems. Introduction to modeling with Anylogic 5]. St. Petersburg: BKhV-Peterburg, 2009.

Lychkina, N. N. "Imitatsionnye modeli v protsedurakh i sistemakh podderzhki priniatiia strategicheskikh resheniy na predpriatiiakh" [Simulation models of processes and systems to support strategic decision-making in the workplace]. *Biznes-informatika*, no. 1 (2009): 35-41.

"Mnogopodkhodnoe imitatsionnoe modelirovanie v AnyLogic. XJ Technologies" [Mnogopodhodnoe simulation in AnyLogic. XJ Tehnologis]. <http://www.xjtek.ru>.

Oren, T. I., and Zeigler, B. P. *Concepts for Advanced Simulation Methodologies, Simulation*: North-Holland Publishing company, 2009.

Sokolovska, Z. M., and Klepikova, O. A. *Komp'yuterne modeliuvannia skladnykh ekonomichnykh system* [Computer modeling of complex economic systems]. Odesa: Astroprynt, 2011.

Sterman, J. *Business Dynamics: Systems Thinking and Modeling for a Complex World*. Boston: McGraw-Hill Companies, 2000.

Tsisar, I. F. *Modelirovanie ekonomiki v Ithink_Stella. Krizisy, nalogi, informatsiia, banki* [Simulation of the economy in Ithink_Stella. Crises, taxes, information banks.]. Moscow: DIA-LOG_MIFI, 2009.

УДК 330:519.6

МОДЕЛЬ СТРАТЕГІЇ РОЗВИТКУ КЛАСТЕР-ЛОГІСТИЧНИХ СИСТЕМ

АКУЛОВ М. Г.

УДК 330:519.6

Акулов М. Г. Модель стратегії розвитку кластер-логістичних систем

Функціональний аналіз стратегічного розвитку і характеристик властивостей кластер-логістичних систем на основі методології фізичної економіки дають можливість сформулювати модель, що обумовлює динаміку процесу нагромадження енергії в довільній відкритій соціально-економічній системі, яка застосовується до опису процесів стратегічного розвитку кластер-логістичних систем. Аналізується стратегія перерозподілу ресурсів кластера для енергетичного посилення економічного зростання.

Ключові слова: кластер-логістична система, модель, динаміка, стратегія розвитку, керування, економічне зростання.

Рис.: 3. **Табл.:** 1. **Формул:** 8. **Бібл.:** 5.

Акулов Михайло Григорович – кандидат економічних наук, доцент, кафедра економічної кібернетики, Вінницький фінансово-економічний університет (вул. Пирогова, 71а, Вінниця, 21037, Україна)

E-mail: akylov@i.ua

УДК 330:519.6

Акулов М. Г. Модель стратегии развития кластер-логистических систем

Функциональный анализ стратегического развития и характеристика свойств кластер-логистических систем на основе методологии физической экономики дают возможность сформировать модель, описывающую динамику процесса накопления энергии в произвольной открытой социально-экономической системе, которая применяется к анализу процессов стратегического развития кластер-логистических систем. Анализируется стратегия перераспределения ресурсов кластера для энергетического усиления экономического роста.

Ключевые слова: кластер-логистическая система, модель, динамика, стратегия развития, управление, экономический рост

Рис.: 3. **Табл.:** 1. **Формул:** 8. **Библ.:** 5.

Акулов Михаил Григорьевич – кандидат экономических наук, доцент, кафедра экономической кибернетики, Винницкий финансово-экономический университет (ул. Пирогова, 71а, Винница, 21037, Украина)

E-mail: akylov@i.ua

UDC 330:519.6

Akulov M. G. Model of the Strategy of Development of Cluster-Logistic Systems

Functional analysis of strategic development and characteristic of properties of cluster-logistic systems on the basis of methodology of physical economy provide with a possibility to form a model that describes dynamics of the process of energy accumulation in an arbitrary open socio-economic system, which is applied to analysis of the processes of strategic development of cluster-logistic systems. The article analyses the strategy of redistribution of cluster resources for energetic strengthening of economic growth.

Key words: cluster-logistic system, model, dynamics, development strategy, management, economic growth.

Pic.: 3. **Tabl.:** 1. **Formulae:** 8. **Bibl.:** 5.

Akulov Mikhail G. – Candidate of Sciences (Economics), Associate Professor, Department of Economic Cybernetics, Vinnitsa Finance and Economics University (vul. Pyrogova, 71a, Vinnitsya, 21037, Ukraine)

E-mail: akylov@i.ua