

разного уровня регулярности прибытия судов и поезда. Как следует из приведенных выше результатов, такая задача в принципе также может быть решена, хотя ее решение и сопряжено с большими математическими трудностями.

### Литература

1. Клейнрок Л. Теория массового обслуживания: Монография. Пер с англ. / Л. Клейнрок. – М.: Машиностроение, 1979. – 432 с.
2. Постан М.Я. Вероятностная модель портового контейнерного терминала с учетом неравномерности прибытия транспортных средств / М.Я. Постан, И.В. Савельева // Вісник Донецького Національного Університету. Серія В: економіка і право. – 2011. – Т.2. – С. 220-226.
3. Постан М.Я. Моделирование двухмодальной системы доставки груза в условиях неопределенности и риска / М.Я. Постан, И.В. Савельева // Методи та засоби управління розвитком транспортних систем: Зб. наук. праць. – Одеса: ОНМУ. – 2012. – Вип.19. – С.55-74.
4. Постан М.Я. Экономико-математические модели смешанных перевозок: Монография / М.Я. Постан. – Одесса: Астропринт, 2006. – 376 с.
5. Савельева И.В. Об одной вероятностной модели функционирования портового контейнерного терминала / И.В. Савельева // Методи та засоби управління розвитком транспортних систем: Зб. наук. праць. – Одеса: ОНМУ, 2011. – Вип.17. – С.160-174.
6. Савельева И.В. Принципы стратегического управления в деятельности оператора пор-

тового контейнерного терминала: Монография / И.В. Савельева. – Одесса: Астропринт, 2012. – 304 с.

### References

1. Klejnrok L. Teorija massovogo obsluzhivaniya: Monografija. Per s angl. / L. Klejnrok. – M.: Mashinostroenie, 1979. – 432p.
2. Postan M.Ja. Veroyatnostnaja model' portovogo kontejnernogo terminala s uchetom neravnomernosti pribytija transportnyh sredstv / M.Ja. Postan, I.V. Savel'eva // Visnik Donec'kogo Nacional'nogo Universitetu. Serija V: ekonomika i pravo. – 2011. – T.2. – P. 220-226.
3. Postan M.Ja. Modelirovanie dvuhmodal'noj sistemy dostavki gruzha v uslovijah neopredelenosti i riska / M.Ja. Postan, I.V. Savel'eva // Metodi ta zasobi upravlinnja rozvitkom transportnih sistem: Zb. nauk. prac'. – Odesa: ONMU. – 2012. – Vip.19. – P. 55-74.
4. Postan M.Ja. Jekonomiko-matematicheskie modeli smeshannyh perevozk: Monografija / M.Ja. Postan. – Odessa: Astroprint, 2006. – 376 p.
5. Savel'eva I.V. Ob odnoj veroyatnostnoj modeli funkcionirovanija portovogo kontejnernogo terminala / I.V. Savel'eva // Metodi ta zasobi upravlinnja rozvitkom transportnih sistem: Zb. nauk. prac'. – Odesa: ONMU, 2011. – Vip.17. – P. 160-174.
6. Savel'eva I.V. Principy strategicheskogo upravlenija v dejatel'nosti operatora portovogo kontejnernogo terminala: Monografija / I.V. Savel'eva. – Odessa: Astroprint, 2012. – 304 p.

Статья поступила в редакцию 11.04.2014

**З.М. СОКОЛОВСЬКА, д.е.н., професор,  
Н.В. ЯЦЕНКО**  
*Одеський національний політехнічний університет,  
м. Одеса, Україна  
natali\_j@te.net.ua*

### МОДЕЛЮВАННЯ ОПЕРАЦІЙНОЇ ДІЯЛЬНОСТІ МОРСЬКОГО ПОРТУ

*Пропонується застосування комп'ютерних імітаційних технологій як гнучкого інструментарію моделювання економічних систем. Обґрунтовується доцільність залучення системно-динамічного підходу в моделюванні розвитку морського порту. Запропоновано комплекс моделей операційної діяльності порту та пов'язаних з нею фінансових потоків. Розглянута структура моделі динаміки розвитку порту*

*протягом року з добовим кроком імітації. Наведені результати імітаційних експериментів на моделі на прикладі Державного підприємства «Морський торговельний порт «Усть-Дунайськ».*

**Ключові слова:** імітаційна модель, імітаційний експеримент, системно-динамічний підхід, операційна діяльність

© З.М. Соколовська, Н.В. Яценко, 2014

<http://www.elibrary.ru/issues.asp?id=37579>

<http://www.instud.net>, <http://www.nbu.gov.ua/>

### *Моделирование операционной деятельности морского порта*

*Предлагается использование компьютерных имитационных технологий как гибкого инструментария моделирования экономических систем. Обосновывается целесообразность привлечения системно-динамического подхода в моделировании развития морского порта. Предложен комплекс моделей операционной деятельности порта и связанных с ней финансовых потоков. Рассмотрена структура модели динамики развития порта на протяжении года с суточным шагом имитации. Приведены результаты имитационных экспериментов на модели на примере Государственного предприятия «Морской торговый порт «Усть-Дунайск».*

**Ключевые слова:** имитационная модель, имитационный эксперимент, системно-динамический подход, операционная деятельность

**Z.N. Sokolovska, N.V. Yatsenko**

### *Simulation of the operating activity of the seaport*

*Computer imitation technologies are proposed as the flexible set of the simulation instruments of economic systems modelling. The expediency of system-dynamic approach in the simulation of a seaport development is reasoned. Package of models of the operating activity of a port and financial flows connected with it is proposed. Structure of development dynamics model of a port within a yearly period with the daily step of imitation is examined. Results of imitation experiments are given based on the model by the example of State Enterprise «Sea commercial port «Ust-Dunaisk».*

**Keywords:** simulation model, imitation experiment, system dynamics, operating activity of port

На сучасному етапі розвитку економіки будь-які об'єкти вимушені працювати в умовах високої невизначеності, що суттєво ускладнює управління ними. Забезпечення своєчасного, адекватного моніторингу та ефективного управління об'єктами передбачає залучення гнучкого інструментарію досліджень, зокрема комп'ютерних імітаційних технологій моделювання. Імітаційне моделювання – один з потужних універсальних засобів дослідження економічних систем будь-якої складності. Імітаційна модель дозволяє встановити скриті тенденції функціонування об'єктів, виявити «вузькі місця», а також скласти цілісну картину розвитку процесів, притаманних об'єкту дослідження, у часі. Модель-тренажер надає можливість оперативно проаналізувати наслідки прийнятих управлінських рішень та своєчасно

запобігти можливим негативним впливам внутрішнього та зовнішнього середовища. Саме тому тема дослідження є досить актуальною.

Проблемам створення імітаційних моделей та їх прикладному застосуванню у різних галузях економіки присвячено багато праць вітчизняних і зарубіжних вчених. А. Борщев досліджує можливості переходу від традиційного імітаційного моделювання до практичних агентних моделей [1]. Д.Ю. Каталевський визначає основи імітаційного моделювання та системного аналізу в управлінні [3]. Дж. Стерман, Р. Легато та Т. Мортаган аналізують можливості використання імітаційних моделей в різних кризових умовах [9-11]. Проте в ході розробки конкретних додатків об'єктивно виникає низка питань, пов'язаних із вибором методологічного підходу моделювання, програмної платформи реалізації моделі, а також з плануванням імітаційних експериментів. Саме розв'язанню цих питань і мають бути присвяченими подальші наукові дослідження.

У сучасному імітаційному моделюванні сформувалися три головні підходи – дискретно-подійний [1; 5; 8], системно-динамічний [5; 6; 9] та мультиагентний [1; 3; 8]. Кожен із підходів реалізується на відповідних програмних платформах, найбільш відомими з яких є GPSS, AnyLogic, BPsim, PowerSim, Ithink, Simplex, Modul Vision, Triad.Net, CERT, ESimL, Simulab, NetStar, Pilgrim, МОСТ, КОГНИТРОН, ARENA та ін. Вибір конкретної методології залежить від поставлених цілей, необхідного ступеня агрегації досліджуваних процесів, дотримання оптимальної складності моделі та її адекватності реальному об'єкту, наявності ефективних та доцільних у конкретному випадку засобів автоматизації і інформатизації.

Моделювання діяльності морського порту, як складної економічної системи, стикається з необхідністю розв'язання різноманітних задач, розв'язання яких потребує впровадження різних імітаційних методологій. Актуальність цього підкреслюють О.В. Григорьев, І.О. Бондарева, Е.А. Латипова, К.М. Семенов, Р. Легато, Т. Мортаган та М. Нажиб [2; 4; 10-12]. Отже, залучення конкретного методологічного підходу передбачає ретельне обґрунтування.

*Метою статті є розгляд можливостей застосування системно-динамічного підходу в моделюванні операційної діяльності портового комплексу – на прикладі Державного підприємства «Морський торговельний порт «Усть-*

Дунайськ».

У поточний час порт спеціалізується на перевантаженні навалювальних та генеральних вантажів. Основними напрямками його діяльності є:

- навантаження-вивантаження суден;
- перевалка вантажу з річкових суден на морські і навпаки;
- обслуговування пасажирів;
- транспортно-експедиторські і складські операції;
- агентування і комплексне обслуговування флоту (зняття л'яльних, фекальних вод, сухого сміття, бункерування водою і паливом), буксирні операції;
- обслуговування несамохідного флоту;
- управління судноплавством на акваторії порту, інформаційне забезпечення;
- зовнішньоекономічна діяльність;
- забезпечення безпечної стоянки суден.

Перевантажувальні роботи в порту здійснюються на причалах, де розміщені порталні крани, а також у акваторії порту з судна на судно. Складські площі для збереження та накопичення вантажів поділяються на відкриті та криті площадки.

У ході моделювання основна увага приділялася операційній діяльності порту та пов'язаним з нею фінансовим потокам. В якості першочергових вирішувалися наступні завдання дослідження:

- аналіз динаміки обсягів вантажно-розвантажувальних робіт;
- аналіз ефективності використання потужностей вантажно-розвантажувальної техніки;
- оцінка ефективності використання складських приміщень порту;
- оцінка динаміки портових зборів у зв'язку із судозаходами у порт вітчизняних та іноземних суден;
- аналіз фінансових потоків (доходів/витрат) від операційної діяльності порту.

Перелічені задачі передбачали вивчення динаміки наведених процесів за різні часові періоди та прогнозування їх подальшого розвитку на довготривалу перспективу. При цьому здійснення господарських операцій, пов'язаних з операційною діяльністю порту, потрібно було імітувати із врахуванням багатьох стохастичних впливів факторів внутрішнього і зовнішнього середовища та з врахуванням часових затримок (тривалості) відповідних процесів. Головна мета полягала у визначенні

загальних тенденцій функціонування об'єкту та отриманні уявлення про найбільш вагомий «вузький місця». У такій постановці задачі дослідження носили стратегічний характер, були націлені, перш за все, на розробку довготривалої стратегії розвитку портового господарства, а тому допускали достатньо високий рівень агрегації в межах моделей.

Згідно з цим, доцільним стало залучення системно-динамічного підходу, який за змістом використовується тоді, коли динаміка об'єкту моделювання визначається у вигляді еволюційних змін, без відтворення окремих елементарних подій. Моделі реальних об'єктів при цьому представлені у вигляді взаємодії потоків різноманітної природи, що і потрібно у даному випадку: різноспрямовані вантажопотоки, заходи у порт вітчизняних та зарубіжних суден, фінансові потоки від здійснення конкретних видів операцій тощо.

Потоки і фонди є фундаментальними поняттями методу, на базі якого об'єкт моделювання представляється як динамічна система. Структурно модель – це сукупність 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 даному випадку у вигляді фондів виступають обсяги вантажів різних типів, обсяги вантажоперевалки конкретних кранів та загальний обсяг вантажопереробки порту, кількість оброблених суден, доходи та витрати від каналних зборів, від зберігання вантажів на складах тощо. Рівні фондів визначаються величинами безперервними за діапазоном своїх значень та дискретними у часі. Вони фактично є змінними стану системи, значення яких формуються за рахунок накопичення різниць між вхідними та вихідними потоками. Темпи потоків визначаються управлінськими рішеннями, які формуються на основі інформації про стан рівнів. Рівняння темпів – це формалізовані правила, що визначають, яким чином інформація про рівні призводить до вибору поточних значень темпів потоків.

Моделі системної динаміки – це моделі зі зворотними зв'язками, у яких процеси протікають у часі. Останнє досягається за рахунок наявності специфічної дискретної змінної – «часу». Користувач має змогу встановити як термін імітації – загальний час моделювання, так і крок імітації – часовий крок моделювання

(елементарну одиницю часу). Отже, можливою є імітація тривалості будь-якого процесу – наприклад, операцій перевалки вантажів кранами або з судна на судно; терміну зберігання вантажів на складах; термінів оренди допоміжного флоту тощо.

На математичному рівні моделі системної динаміки є системою кінцево-різницевих рівнянь, які вирішуються на основі чисельного алгоритму інтегрування (за схемою Ейлера або Рунге-Кутта) з постійним кроком та заданими початковими значеннями. Формування моделі за методом системної динаміки здійснюється за допомогою діаграм причинно-наслідкових зв'язків. Діаграми визначають, в яких відношеннях знаходяться між собою змінні і являють собою розмічені графи.

Таким чином, системна динаміка замінює індивідуальні об'єкти їх агрегатами та передбачає найвищий рівень абстракції і безперервність процесів у часі, що і відповідає цілям конкретного дослідження.

Розроблений комплекс моделей діяльності порту реалізований на програмній платформі Ithink і містить моделі, які призначені для імітації процесів на різну часову перспективу (впродовж року та на тривалий час), що передбачає різний ступінь їх агрегації та відмінності алгоритмічної бази. Розглянемо отримані результати на прикладі фрагментів роботи моделі аналізу динаміки функціонування порту протягом року з добовим кроком імітації. Загальна структура моделі наведена на рис.1.

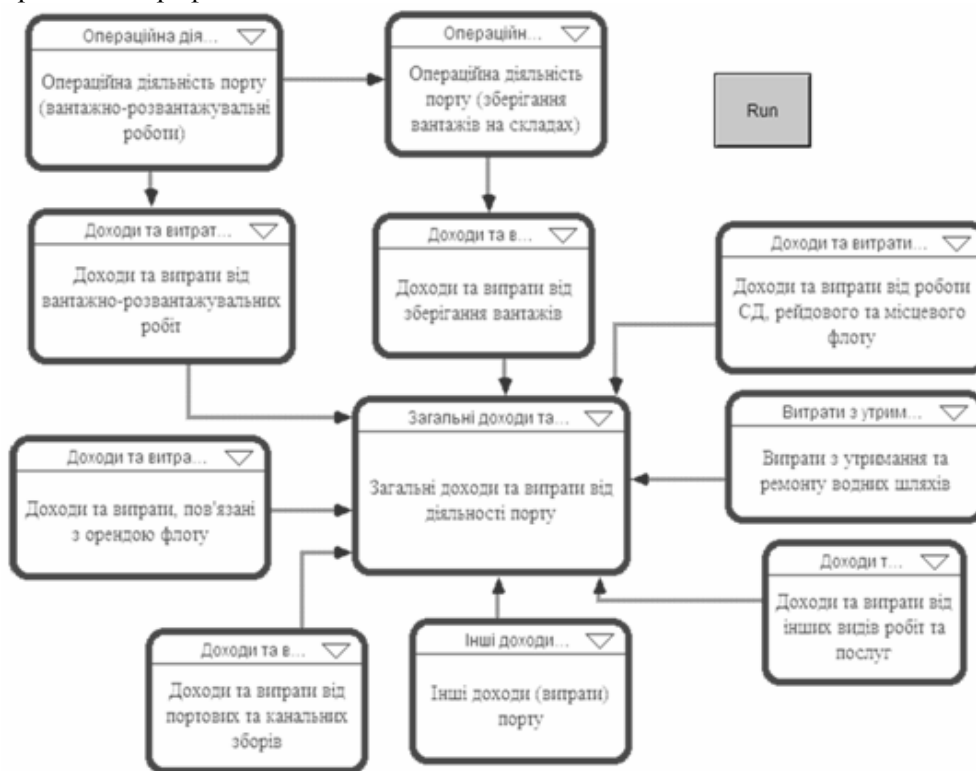


Рис. 1. Структура моделі динаміки операційної діяльності порту та пов'язаних з нею фінансових потоків

У моделі відокремлені блоки, в яких реалізується імітація господарських операцій, пов'язаних з вантажно-розвантажувальними роботами та зберіганням вантажів – «Операційна діяльність порту (вантажно-розвантажувальні роботи)», «Операційна діяльність порту (зберігання вантажів на складах)», а також блоки формування фінансових потоків, притаманним цим операціям. Усі інші блоки – комбіновані: імітація динаміки відповідних господарських операцій супроводжу-

ється формуванням фінансових потоків. Так, наприклад, в блоці «Доходи та витрати від портових та каналних зборів» реалізується динаміка судозаходів у порт вітчизняних та іноземних суден; операції, пов'язані з їх обслуговуванням, та паралельно формуються доходи і витрати портових служб. Усі наведені блоки сполучені з центральним блоком моделі, в якому визначаються загальні доходи та витрати від діяльності порту.

У результаті проведених експериментів

(напередодні 2013 р.) отримана прогнозна динаміка добової вантажопереробки впродовж року (рис. 2). Спостерігається сезонна динаміка робіт, що відповідає періодам навігації.

Моделні експерименти довели, що у періоди спаду навігації крани простоюють, але у найбільш напружені періоди спостерігається недостатність наявних потужностей. Черга до кранів значна, що видно з рис. 3. Це значно впливає на якість та строки проведення вантажно-розвантажувальних робіт у порту та обслуговування клієнтів (суден). В ході вивчення

ситуації встановлено, що крани потребують капітального ремонту, а поточні ремонти вирішують проблему лише на деякий час. Часті поточні ремонти призводять до збільшення витрат (матеріальних та трудових) щодо підтримки кранового господарства у робочому стані. Якщо не завдати відповідних заходів, робочий стан кранів буде «вузьким місцем», особливо у періоди інтенсивної навігації. Загалом імітаційні експерименти довели, що портове обладнання потребує значної модернізації.

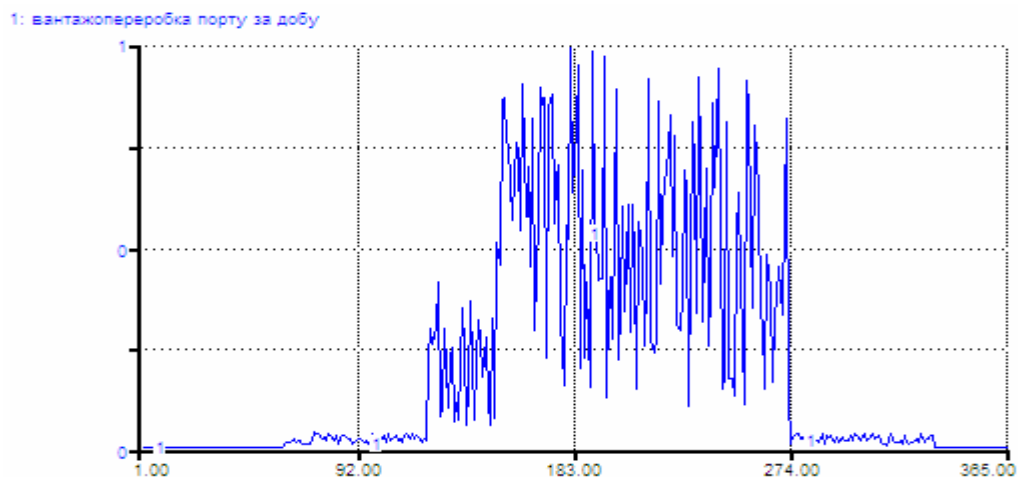


Рис. 2. Динаміка добової вантажопереробки порту впродовж року (тис. т)

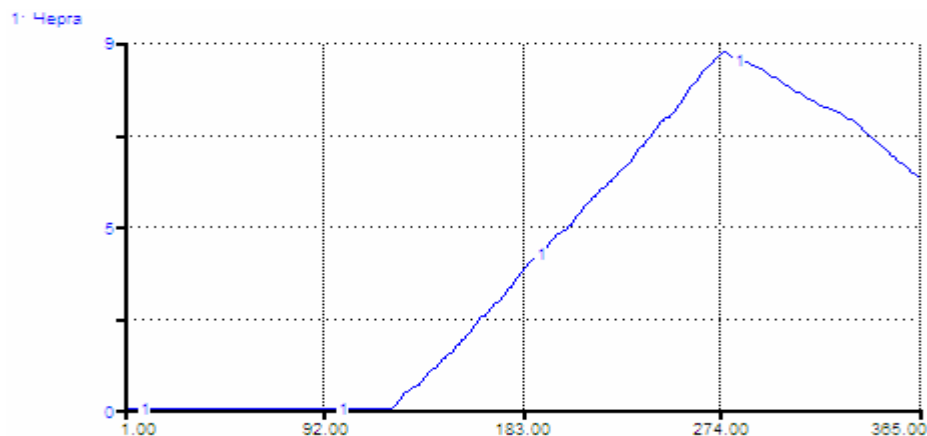


Рис. 3. Динаміка черги на перевалку вантажів портальними кранами (тис. т)

Приблизно третину від загального обсягу вантажно-розвантажувальних робіт складає перевалка вантажів судно/судно. Операції з перевалки здійснюються без швартування судна до причалу, а безпосередньо у акваторії порту з судна на судно або за допомогою плавучих кранів (згідно з типом вантажів та конкретною ситуацією). Динаміка добової перевалки судно/судно впродовж року наведена на

рис.4.

Інтенсивність навігації безпосередньо впливає на потребу у складських приміщеннях. Виявлено, що загалом складських площ достатньо, зважаючи на вантажопотоки порту. Але правила зберігання не завжди дотримуються – критої площі не вистачає у найбільш активні сезони, у зв'язку з чим вимушено використовується відкрита площадка.

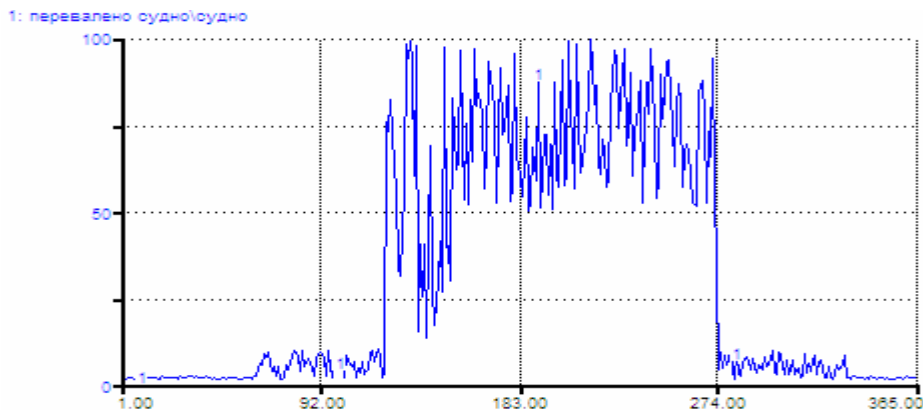


Рис. 4. Динаміка добової перевалки вантажів судно/судно (т)

Наприклад, на рис. 5 та рис. 6 наведені, відповідно, динаміка стану черги на зберігання

та динаміка проходження потоків зерна через склад та відкриту площадку.

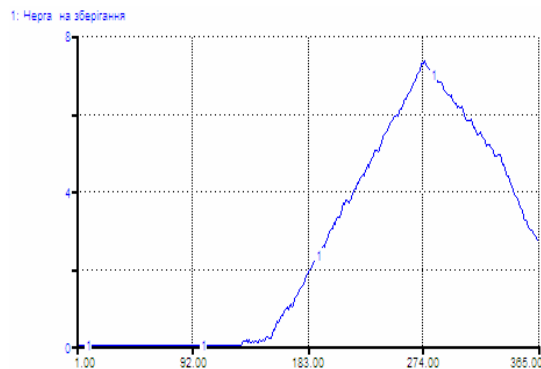


Рис. 5. Динаміка стану черги на зберігання зерна (т)

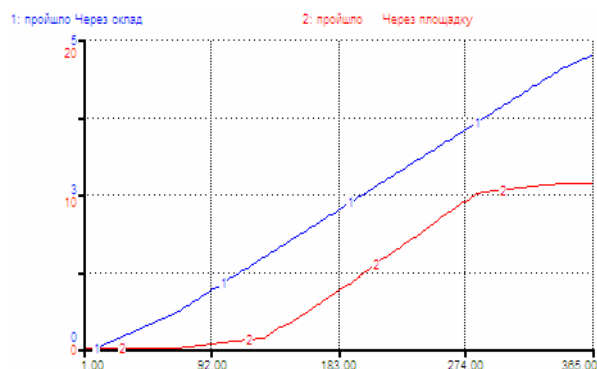


Рис. 6. Динаміка проходження вантажу через склад та відкриту площадку наростаючим підсумком (тис. т)

Експеримент доводить, що черги практично немає: несуттєва спостерігається у періоді найбільш інтенсивної навігації. Але відкрита площадка вимушено використовується в кілька разів інтенсивніше, ніж критий склад, хоча погіршуються або зовсім порушуються умови зберігання та мають місце втрати вантажу. «Вузьке місце» щодо використання

складських площ створює і недосконала інфраструктура порту. Транзитні вантажопотоки часто затримуються за цієї причини.

Динаміка загального фінансового результату (доходів та витрат від діяльності підприємства водного транспорту наростаючим підсумком впродовж року), наведена на рис. 7, загалом демонструє збитковість порту.

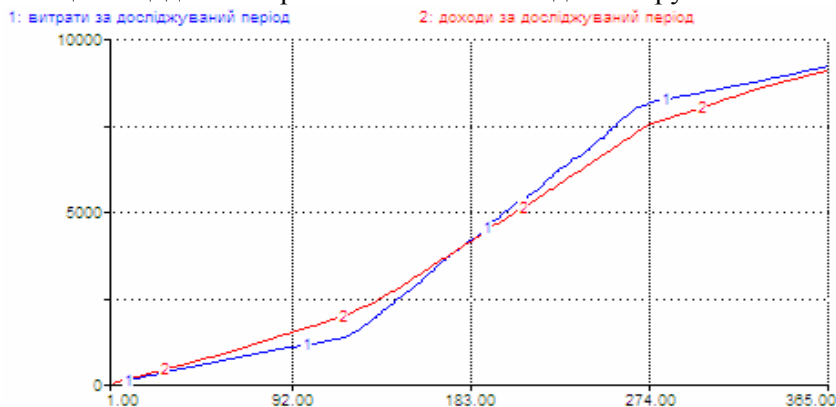
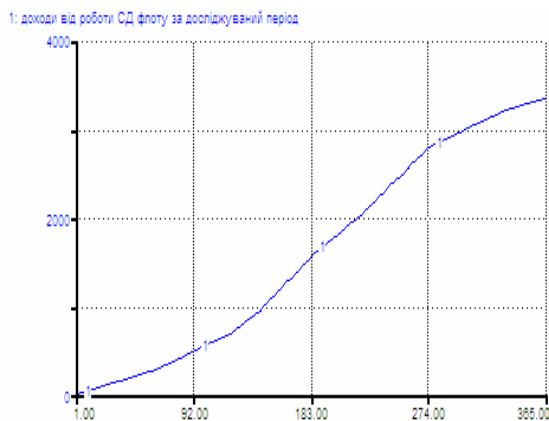


Рис. 7. Динаміка доходів та витрат від діяльності порту (тис. грн.)

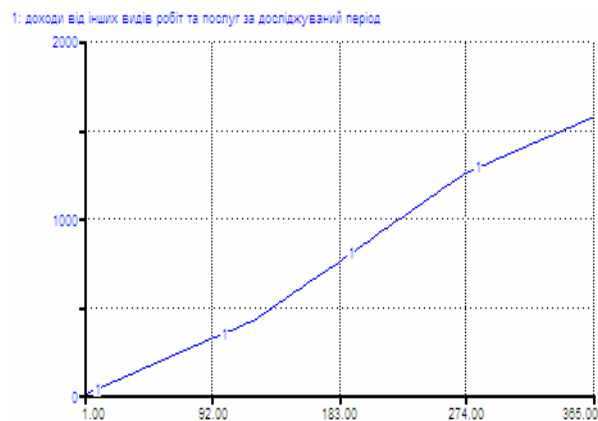
Якщо витрати і надалі будуть значно збільшуватися (що імітується у моделі впливом багатьох детермінованих та стохастичних факторів), фінансове становище суттєво погіршиться. Серед найбільш впливових факторів – збільшення обсягів споживання та цін на паливо і електроенергію; сировину і матеріали, пов'язані з ремонтами портового обладнання. Проведений у зв'язку з цим аналіз довів, що квота відповідних витрат у загальному обсязі штучно зменшена завдяки, наприклад, закупівлі палива у мінімальних розмірах; проведення

тільки поточних «підтримуючих» ремонтів, а також значного скорочення штату і відповідне зменшення витрат на оплату праці та відрахувань на соціальні заходи.

Серед складових доходної частини фінансових потоків порту найбільша інтенсивність спостерігається по доходам від роботи службово-допоміжного (СД), рейдового та місцевого флоту (рис. 8); доходам від оренди флоту, а також від інших видів робіт та послуг (рис. 9).



**Рис. 8.** Динаміка доходів від роботи СД, рейдового та місцевого флоту наростаючим підсумком впродовж року (тис. грн.)

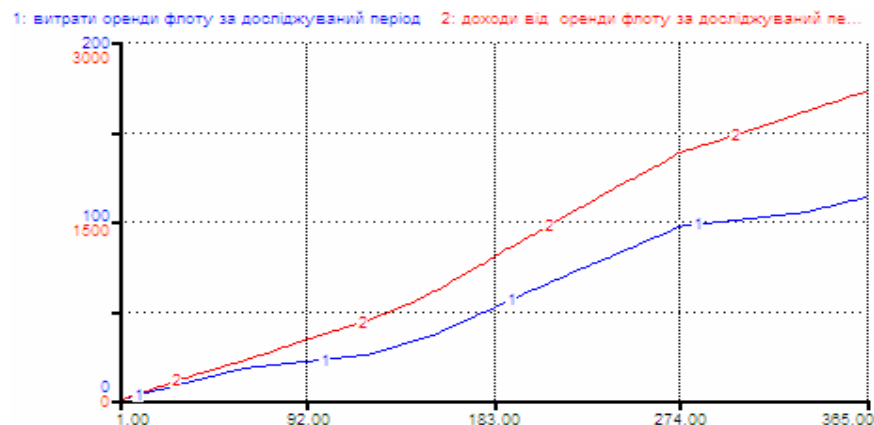


**Рис. 9.** Динаміка доходів від інших видів робіт та послуг наростаючим підсумком впродовж року (тис. грн.)

Аналіз попередніх періодів довів, що така ситуація є наслідком достатньо сталої тенденції і обумовлена одержанням доходів від надання послуг портовим флотом (буксирами, бункерувальниками питної води), а також надходженням доходів від інших послуг, що надавалися службою портового нагляду (оформлення приходу-відходу, завірення журналів

тощо), адміністративно-господарським відділом (обслуговування пасажирів, послуги автотранспорту, ВОХР) та портовим пунктом (наприклад, послуги докерів тощо).

Доходи від оренди флоту мають місце на фоні відносно мінімальних витрат, пов'язаних з цим видом діяльності (рис. 10).

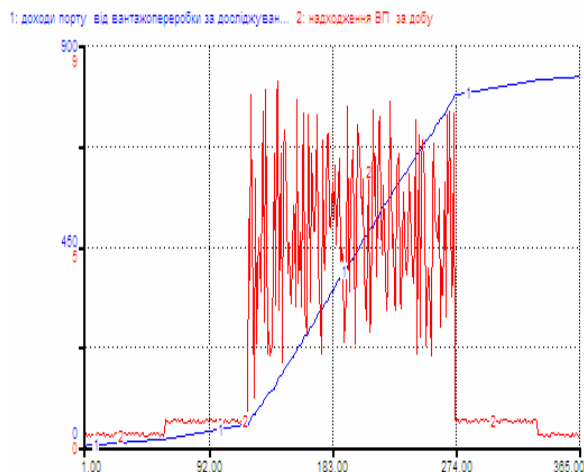


**Рис. 10.** Динаміка доходів та витрат, пов'язаних з орендою флоту, наростаючим підсумком впродовж року (тис. грн.)

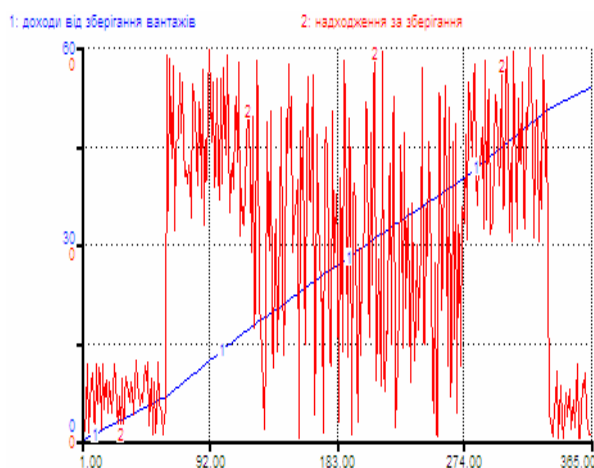
Однак, наведена тенденція не є сталою. Імітаційні експерименти довели очікуваний спад доходів від оренди, що обумовлено поступовим виведенням зі строю, списанням буксирів, плавучих кранів та практично відсутністю оновлення портового флоту.

Динаміка доходної частини фінансових

потоків порту, пов'язаних з вантажопереробкою (добових надходжень та наростаючим підсумком), наведена на рис. 11. Динаміці обсягів вантажно-розвантажувальних робіт відповідає і динаміка доходів від зберігання вантажів (рис. 12).



**Рис. 11. Динаміка доходів порту від вантажопереробки (добових та наростаючим підсумком) впродовж року (тис. грн.)**

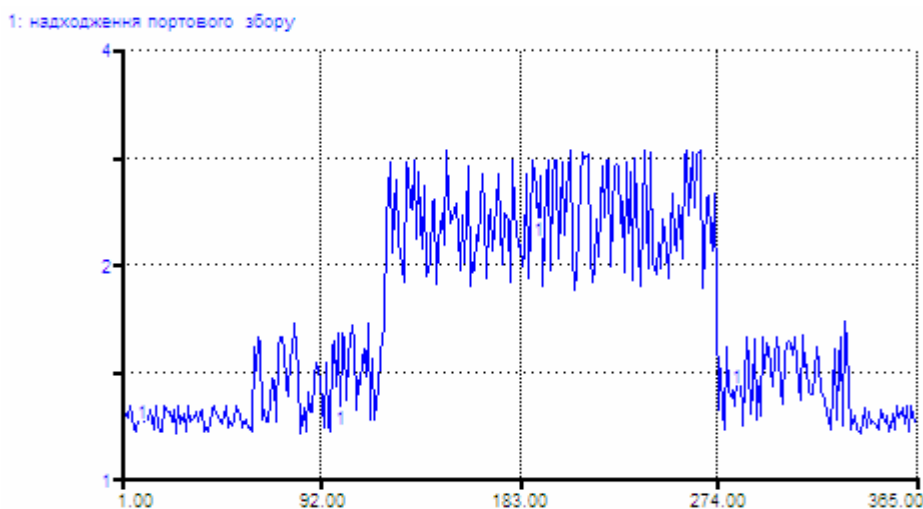


**Рис. 12. Динаміка доходів від зберігання вантажів (добових та наростаючим підсумком) впродовж року (тис. грн.)**

Імітаційні експерименти довели подальше падіння вантажопотоків порту на перспективу, що об'єктивно відповідає існуючим реаліям: економічна криза в країні; вимоги карантинних органів від вантажовласників, які перевозять транзитне зерно через українські дунайські порти; зупинка виробничої діяльності у Жебриянівській бухті; припинення обробки

багато габаритних суден тощо. Відповідно прогнозується негативна динаміка доходів та позитивна – витрат в разі збереження наявної ситуації.

Динаміка потоку надходження портових зборів загалом позитивна, але нерівномірна впродовж року (рис. 13).



**Рис. 13. Динаміка добового надходження портових зборів (тис. грн.)**

Процес цілком об'єктивний та залежний від числа судозаходів і оброблених у порту суден. Носить виражений сезонний характер.

Якщо прогнозуються несприятливі кліматичні умови (раннє закриття навігації на річці Дунай у зв'язку з льодовою обстановкою), можливо



падіння рівня потоку досліджуваних зборів та втрата коштів у зимовий період. Експерименти доводять значне падіння відповідних доходів у перспективі, що спричинено негативною динамікою числа судозаходів у порт вітчизняних і, особливо, іноземних суден.

Таким чином, розглянуті фрагменти імітаційних експериментів на моделі доводять її можливості стосовно аналізу динаміки основних результатів операційної діяльності порту та супутніх фінансових потоків. Це допомагає своєчасно визначити наявні проблеми і запобігти прогнозованим негативним наслідкам.

Імітаційні експерименти на короткострокову та середньострокову перспективу доповнюються результатами роботи моделей комплексу, за якими здійснюються довготривалі прогнози. Завдяки цьому можливо визначити ступінь стаціонарності досліджуваних процесів та більш чітко обґрунтувати тенденції, виявлені за короткостроковими експериментами.

Завдяки тренажерному характеру в моделях можуть змінюватися різноманітні параметри (відображають зміни оточення функціонування порту), терміни та кроки імітації. Запропоновані імітаційні моделі є модульними та відкритими, що дозволяє користувачам вносити будь-які зміни стосовно їх складу та структури. Використання CASE-технологій пакету Ithink робить проведення імітаційних експериментів простим та доступним у повсякденній діяльності управлінського персоналу порту.

### Література

1. Борщев А. От системной динамики и традиционного имитационного моделирования – к практическим агентным моделям: причины, технологии, инструменты / А. Борщев [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [www.xjtek.com](http://www.xjtek.com).
2. Григорьев О.В. Управление стратегическими рисками грузового порта с применением имитационного моделирования / О.В. Григорьев, И.О. Бондарева, Э.А. Латыпова // Вестник АГТУ. – Серия «Управление, вычислительная техника и информатика». – 2013. – №1. – С. 155-161.
3. Каталевский Д.Ю. Основы имитационного моделирования и системного анализа в управлении / Д.Ю. Каталевский. – М.: МГУ, 2011. – 304 с.
4. Семёнов К.М. Методика систематизации процессов в дискретно-событийной имитационной модели морского порта / К.М. Семёнов // Вестник АГТУ. – Серия «Морская техника и технология». – 2013. – № 2. – С. 184-

192.

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

6. Форрестер Дж. Основы кибернетики предприятия / Дж. Форрестер. – М.: Прогресс, 1971. – 765 с.

7. Цисарь И.Ф. Моделирование экономики в Ithink\_Stella. Кризисы, налоги, информация, банки / И.Ф. Цисарь. – М.: ДИАЛОГ\_МИФИ, 2009. – 224 с.

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

9. Sterman J. Business Dynamics: Systems Thinking and Modeling for a Complex World / J. Sterman. – Boston: McGraw-Hill Companies, 2000. – 276 p.

10. Legato P. A simulation modelling paradigm for the optimal management of logistics in container terminals / P. Legato, R. Trunfio // Proceedings of the 21st European Conference on Modelling and Simulation. – Prague: Czech Republic. – P. 479-488.

11. Martagan T. A simulation model of port operations during crisis conditions / T. Martagan, B. Eksioglu, S. Eksioglu, A. Greenwood // Proceedings of the 2009 Winter Simulation Conference. – P. 2832-2843.

12. Najib M. A container terminal management system / M. Najib, A. El Fazziki, J. Boukachour // Proceedings of the International Conference on Harbour Maritime and Multimodal Logistics M&S, 2012. – P. 118-127.

### References

1. Borshhev A. Ot sistemnoj dinamiki i traditsionnogo imitatsionnogo modelirovaniya – k prakticheskim agentnym modelyam: prichiny, tekhnologii, instrumenty [Elektronniy resurs]. – Rezhim dostupa: [www.xjtek.com](http://www.xjtek.com).
2. Grigor'ev O.V. Upravlenie strategicheskimi riskami грузового порта s primeneniem imitatsionnogo modelirovaniya / O.V. Grigor'ev, I.O. Bondareva, E.H.A. Latypova // Vestnik AGTU. – Seriya «Upravlenie, vychislitel'naya tekhnika i informatika». – 2013. – №1. – P. 155-161/
3. Katalevskij D.Yu. Osnovy imitatsionnogo modelirovaniya i sistemnogo analiza v upravlenii / D.Yu. Katalevskij. – М.: MGU, 2011. – 304 p.
4. Semyonov K.M. Metodika sistematzitsii protsessov v diskretno-sobytijnoj imitatsionnoj modeli morskogo porta / K.M. Semenov // Vest-

nik AGTU. – Seriya «Morskaya tekhnika i tekhnologiya». – 2013. – № 2. – P. 184-192.

5. Sokolovs'ka Z.M. Komp'yuterne modelyuvannya skladnykh ekonomichnykh system: Monohrafiya / Z.M. Sokolovs'ka, O.A. Klepikova. – Odesa: Astroprint, 2011. – 502 p.

6. Forrester Dzh. Osnovy kibernetiki predpriyatiya / Dzh. Forrester. – M.: Progress, 1971. – 765 p.

7. TSisar' I.F. Modelirovanie ehkonomiki v Ithink\_Stella. Krizisy, nalogi, informa-tsiya, banki / I.F. TSisar'. – M.: DIALOG\_MIFI, 2009. – 224 p.

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

9. Sterman J. Business Dynamics: Systems Thinking and Modeling for a Complex World /

J. Sterman. – Boston: McGraw-Hill Companies, 2000. – 276 p.

10. Legato P. A simulation modelling paradigm for the optimal management of logistics in container terminals / P. Legato, R. Trunfio // Proceedings of the 21st European Conference on Modelling and Simulation. – Prague: Czech Republic. – P. 479-488.

11. Martagan T. A simulation model of port operations during crisis conditions / T. Martagan, B. Eksioglu, S. Eksioglu, A. Greenwood // Proceedings of the 2009 Winter Simulation Conference. – P. 2832-2843.

12. Najib M. A container terminal management system / M. Najib, A. El Fazziki, J. Boukachour // Proceedings of the International Conference on Harbour Maritime and Multimodal Logistics M&S, 2012. – P. 118-127.

Статья поступила в редакцию 21.04.2014

**І.Ю. ІВЧЕНКО**, к.е.н., доцент,

**О.І. ІВЧЕНКО**

*Одеський національний політехнічний університет,*

*м. Одеса, Україна*

*ivchenkoira@gmail.com*

## МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСІВ ОБСЛУГОВУВАННЯ І ВІДНОВЛЕННЯ ВИРОБНИЧОГО АПАРАТУ ПІДПРИЄМСТВА

*Піднімається питання вдосконалення економіко-математичного інструментарію для розробки оптимального управління процесами обслуговування і відновлення виробничого апарату підприємства. Для моделювання процесів простого та розширеного відтворення фондів пропонується скористатися схемою опису технологічного способу в кожен момент часу. Розроблена динамічна модель відтворення основних виробничих фондів підприємства. Відмінною рисою моделі є однотипний і взаємоузгоджений опис цієї діяльності з процесами випуску продукції на основі застосування апарату виробничих функцій і функцій витрат. У моделі враховано можливість формального опису допустимих керуючих дій на виробничу та відтворювальну діяльність підприємства. Це дає змогу оптимізувати узгодження виробничих та інвестиційних процесів в ресурсно-часовому просторі. Побудована модель дає можливість пошуку оптимальних траєкторій управління за допомогою багатокритеріального підходу. Це дозволяє досліджувати поведінку моделі під впливом різних критеріїв оптимізації з урахуванням управління всіма основними видами діяльності.*

**Ключові слова:** діяльність по відтворенню

*фондів; процеси простого та розширеного відтворення фондів; виробнича функція; моделювання; оптимальне управління підприємством; багатокритеріальний підхід до оптимізації*

**I.Yu. Ivchenko, O.I. Ivchenko**

### **Modeling of maintenance and repair of production apparatus**

*The issue of improving of economic and mathematical tools for the development of optimum control of maintenance and upgrade production facilities of the enterprise rises in the article. The author proposes to use the scheme describing the technological method at each time point for the simulation of simple and expanded reproduction funds. Dynamic model of reproduction of fixed productive assets of the plant is constructed. The same type and mutually agreed description of activities funds for reproduction process output is developed. The model is based on the use of the apparatus of production functions and cost functions. Possibility of a formal description of admissible control actions on the production and reproductive activity of the company is*

© І.Ю. Івченко, О.І. Івченко, 2014

<http://www.elibrary.ru/issues.asp?id=37579>

<http://www.instud.net>, <http://www.nbu.gov.ua/>