

DOI 10.15589/jnn20170209

УДК 656.615:004  
К59

## IMPROVEMENT OF THE CONTROL MECHANISMS FOR MARINE LIQUID BULK TERMINALS BASED ON SIMULATION MODELING

### УДОСКОНАЛЕННЯ МЕХАНІЗМІВ УПРАВЛІННЯ МОРСЬКИМИ НАЛИВНИМИ ТЕРМІНАЛАМИ НА ОСНОВІ ІМІТАЦІЙНОГО МОДЕЛЮВАННЯ

**Borys Yu. Kozyr**

borys.kozyr@nuos.edu.ua

ORCID: 0000-0002-8562-4183

**Oleksandr O. Potkin**

oleksandr.potkin@nuos.edu.ua

ORCID: 0000-0001-5927-9788

**Mykola V. Fatyeyev**

mykola.fatyeyev@nuos.edu.ua

ORCID: 0000-0002-2663-6440

**Б. Ю. Козир,**

канд. техн. наук, доц.

**О. О. Поткін,**

викл.

**М. В. Фатєєв,**

канд. техн. наук, проф.

*Admiral Makarov National University of Shipbuilding, Mykolaiv*

*Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова, м. Миколаїв*

**Abstract.** The system of control of the marine terminals has been studied on the basis of decomposition of the operating system of the liquid bulk terminal. The basic elements of the simulation model of the terminal cargo flow are determined. Software implementation of the simulation model is carried out by the modular principle, allowing for its integration into the corporate information system of the terminal. The developed algorithms of the simulation model of cargo flows at the liquid bulk terminal are implemented using the Java programming language.

**Keywords:** marine liquid bulk terminal; simulation model; information matrix; corporate information system.

**Анотація.** Проведено дослідження системи управління морськими терміналами, на основі декомпозиції операційної системи морського наливного терміналу встановлено базові елементи імітаційної моделі вантажопотоків терміналу. Програмну реалізацію імітаційної моделі виконано за модульним принципом, що забезпечує її інтеграцію до корпоративної інформаційної системи терміналу. Розроблені алгоритми імітаційної моделі вантажопотоків наливного терміналу реалізовано з використанням мови програмування Java.

**Ключові слова:** морський наливний термінал; імітаційна модель; інформаційна матриця; корпоративна інформаційна система.

**Аннотация.** Проведены исследования системы управления морскими терминалами, на основе декомпозиции операционной системы морского наливного терминала установлены базовые элементы имитационной модели грузопотоков терминала. Программная реализация имитационной модели выполнена по модульному принципу, что обеспечивает ее интеграцию в корпоративную информационную систему терминала. Разработанные алгоритмы имитационной модели грузопотоков наливного терминала реализованы с использованием языка программирования Java.

**Ключевые слова:** морской наливной терминал; имитационная модель; информационная матрица; корпоративная информационная система.

## REFERENCES

- [1] Hryhorak M. Yu., Kostyuchenko L. V., Sokolova O. Ye. *Lohistychna infrastruktura: navchalnyy posibnyk* [Logistics infrastructure: study guide]. Kyiv, Lohos Publ., 2013. 400 p.
- [2] Havrylov D. A. *Upravlenye proyzvodstvom na baze standarta MRP II: uchebnoe posobyе* [Production management on the basis of the MRP II standard: study guide]. Saint Petersburg, Piter Publ., 2008. 342 p.
- [3] Kotlubay V. O. *Vdoskonalennya antykryzovoho upravlinnya morehospodarskym kompleksom* [Improvement of crisis management of the maritime economy]. *Problemy mizhnarodnykh transportnykh korydoriv ta yedynoyi transportnoyi systemy Ukrayiny: Materialy Desyatoyi naukovo-praktychnoyi mizhnarodnoyi konferentsiyi (5–7 chervnya 2014 r., m. Kharkiv)* [Proceedings of the 10<sup>th</sup> Scientific and Practical International Conference «Problems of international transport corridors and integrated transport system of Ukraine» (dated 5–7 June 2014, Kharkiv)]. Kharkiv, UkrDAZT Publ., 2014, pp. 77–78.
- [4] Toluev Yu. I., Ivanov D. A. *Inzhenernye traditsii v imitatsionnom modelirovanii proizvodstvennykh i logisticheskikh sistem* [Engineering traditions in simulation modeling of the production and logistics systems] *Imitatsionnoe modelirovanie. Teoriya i praktika: Sbornik dokladov pyatoy yubileynoy vsrossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii IMMOD-2011* [Proceedings of the 5<sup>th</sup> Anniversary All-Russian Scientific and Practical Conference «Simulation modeling: theory and practice»]. Saint Petersburg, OAO «TsTSS» Publ., ch. 1, 2011, pp.75–82.
- [5] Vlasiuk Yu. O. *Osoblyvosti imitatsiinoho modeliuвання ekonomichnykh system* [Special features of simulation modeling of economic systems] *Zbirnyk naukovykh prats Tavriiskoho derzhavnoho ahrotekhnolohichnoho universytetu — Collection of scientific publication of the Tavria State Agrotechnological University*, no. 4 (24), 2013, pp. 32–35.

## ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ

Морський і внутрішній водний транспорт є важливим фактором у процесах соціально-економічного розвитку України, забезпеченні конкурентоспроможності національної економіки. Морські й річкові термінали — це елемент логістичної мережі збуту продукції, інструмент обслуговування зовнішньоекономічної діяльності.

Морські наливні термінали (МНТ) — це мікрологістичні системи, які складаються з об'єктів портової інфраструктури (причальні гідротехнічні споруди, стаціонарні накопичувачі для збереження вантажів, засоби контролю й перекачування наливних вантажів) й забезпечують приймання, накопичення вантажів та їх перевантаження на спеціалізовані транспортні судна. Україна посідає провідні позиції серед постачальників олій на міжнародних ринках. У 2016 р. наливними терміналами України перероблено більше чотирьох мільйонів тонн олій. Лідерами за обсягом перевалки є термінали ЕВЕРІ (м. Миколаїв) і РИСОЛІ (м. Чорноморськ). Ринок послуг з перевалки олій характеризується підвищенням конкуренції: збільшує обсяги перевалки міжнародна торговельна компанія BUNGE, розширює номенклатуру й обсяги експортних операцій компанія NOBLE. Для досягнення успіху в складному й динамічному оточенні терміналам необхідно постійно адаптуватися до змінних умов ринкового середовища, випереджаючи конкурентів за якістю, швидкістю й гнучкістю своїх послуг. У цих умовах важливим чинником забезпечення конкурентоспроможності МНТ

є рівень ефективності управління вантажопотоками терміналу.

Наявні технології підготовки й реалізації управлінських рішень базуються на досвіді й інтуїції управлінського персоналу. При цьому на практиці відсутні механізми підготовки для керівництва оперативної інформації про діяльність терміналу для своєчасного прийняття рішень до того, як вони знайдуть своє відображення у вигляді фінансових результатів. Така ситуація не дає можливості побудувати надійні прогнози, вирішити завдання оптимізації використання ресурсів на тактичному й оперативному рівнях. З вказаних причин розробка ефективних інструментів підтримки прийняття рішень в управлінні морськими терміналами з використанням сучасних методів моделювання й комп'ютерних технологій є актуальною.

АНАЛІЗ ОСТАННІХ  
ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

Питанням дослідження процесів управління морськими портами як організаційно-технічними системами присвячені роботи О.Н. Степанова, М.Я. Постана, О.М. Котлубая, А.О. Ханової та ін. У роботах Ю.І. Толуєва, М.Ю. Григорак розкрито проблеми імітаційного моделювання в соціально-економічних системах. Відсутні дослідження з розробки механізмів моделювання мікрологістичних систем з урахуванням особливостей управління вантажопотоками морських наливних терміналів.

**МЕТОЮ СТАТТІ** є підвищення ефективності процесів управління морськими наливними терміна-

лами на основі використання імітаційного моделювання.

**ВИКЛАД ОСНОВНОГО МАТЕРІАЛУ**

Логістична система — це організаційно завершена (структурована) економіко-технологічна система, що складається з елементів, взаємопов'язаних у єдиному процесі управління матеріальними, інформаційними й фінансовими потоками. При цьому логістична система має розвинені зв'язки з зовнішнім середовищем [1, 3]. Для прийняття рішень на різних рівнях управління логістичними системами необхідна обробка й аналіз великих обсягів інформації. Оброблювана інформація характеризується низьким рівнем структуризації, багатомірністю й має різні джерела походження, тому реалізація ефективного управління зараз практично неможлива без інформаційно-комп'ютерної підтримки — системи підтримки прийняття рішень (СППР).

Типова СППР включає такі елементи: моделі даних і процесів, бази даних, інтерфейси користувача. Ефективним інструментом у складі СППР є імітаційне моделювання [4, 5]. Розробка імітаційної моделі складається з двох етапів:

- 1) конструювання моделі реальної системи;
- 2) програмна реалізація моделі для включення в СППР.

На основі аналізу операційної діяльності виконано функціональну декомпозицію МНТ (табл. 1), де визначено функціональні елементи логістичної системи.

На основі оцінки внутрішніх і зовнішніх факторів розроблено матричну організаційну структуру управління логістичною системою МНТ. У цій структурі разом з функціональним управлінням (по вертикалі) використовується горизонтальний потік проектних повноважень (рис. 1). Проектне управління відбувається для окремих договорів або групи договорів, об'єднаних спільними характеристиками (замовник, вид вантажів, географічні ознаки та ін.).

У результаті проведеного комплексного аналізу структури й взаємозв'язків елементів логістичної системи між собою й зовнішнім середовищем установлено базові елементи імітаційної моделі.

Модель стаціонарних накопичувачів подамо у формі матриці:

$$M1 \rightarrow \{Q, B(Q), A, d_{ST}(Q), h_{ST}(Q)\}, \quad (1)$$

де  $Q = 1, 2, \dots, Z$  ( $Z$  — кількість типів накопичувачів на терміналі);  $B(Q)$  — кількість накопичувачів типу  $Q$ ;  $A(Q) = 1, 2, \dots, B(Q)$ ;  $d_{ST}(Q)$  — діаметр накопичувача, м;  $h_{ST}(Q)$  — висота накопичувача, м.

Матриця  $M2$  характеризує стан кожного накопичувача на поточний час  $T$ .

$$M2 \rightarrow \{MIQA, K_L(T), V_L(T), K_F(T)\}, \quad (2)$$

де  $MIQA$  — адреса накопичувача в інформаційній матриці;  $K_L(T)$  — код вантажу;  $V_L(T)$  — кількість вантажу,  $m$ ;  $K_F(T)$  — код фірми-вантажовласника.

Кількість рядків матриці  $M2$  відповідає кількості накопичувачів терміналу.

Модель договорів терміналу з клієнтами у вигляді інформаційної матриці  $M3$  включає такі параметри:

$$M3 \rightarrow \{D_i, K_{Ci}, K_{Fi}, K_{Li}, V_{Li}, sch, D_T\}, \quad (3)$$

де  $D_i$  — порядковий номер договору в матриці;  $K_C$  — код договору;  $K_F$  — код фірми-вантажовласника;  $K_L$  — код вантажу;  $V_L$  — кількість вантажу,  $m$ ;  $D_T$  — дата відвантаження на танкер.

Графік завезення вантажу на термінал ( $sch$ ) презентовано матрицею  $M3.1$ , що включає таку інформацію:

$$M3.1 \rightarrow \{D_s, V_a, K_{Ca}, V_z, K_{Ca}, D_{Ca}\}, \quad (4)$$

де  $D_s$  — дата завезення вантажу;  $V_a$  — кількість вантажу ( $m$ ), що буде завезено автомобільними цистернами;  $K_{Ca}$  — кількість автомобільних цистерн;  $V_z$  — кількість вантажу ( $m$ ), що буде поставлено залізничними цистернами;  $K_{Ca}$  — кількість залізничних цистерн.

Використовуючи алгоритм сортування інформації моделі договорів терміналу, відображених в матрицях  $M3$  і  $M3.1$ , створюємо модель вхідного потоку вантажів  $F_T$ . Ключовим атрибутом сортування є дата завезення вантажів  $D_s$ .

Модель вхідного потоку  $M4$  має таку структуру:

$$M4 \rightarrow \{D_s, K_{Cj}, V_{aj}, K_{Caj}, V_{zj}, K_{zj}, MIQA\}. \quad (5)$$

Кількість рядків матриці  $M4$  визначається кількістю договорів, у яких у графіку заводу вантажів

**Таблиця 1.** Функціональні елементи логістичної системи

Номер функцій	Операційні функції
Ф1	Маркетинговий аналіз ринку послуг зі збереження й перевантаження наливних вантажів
Ф2	Формування портфеля договорів з перевантаження вантажів
Ф3	Розробка річних, місячних, добових планів роботи терміналу
Ф4	Вхідний контроль і приймання вантажів на зберігання
Ф5	Підготовка вантажів до перевантаження на танкери
Ф6	Перевантаження вантажів на танкери
Ф7	Підготовка аналітичних звітів з виконання робіт: добових, місячних, річних

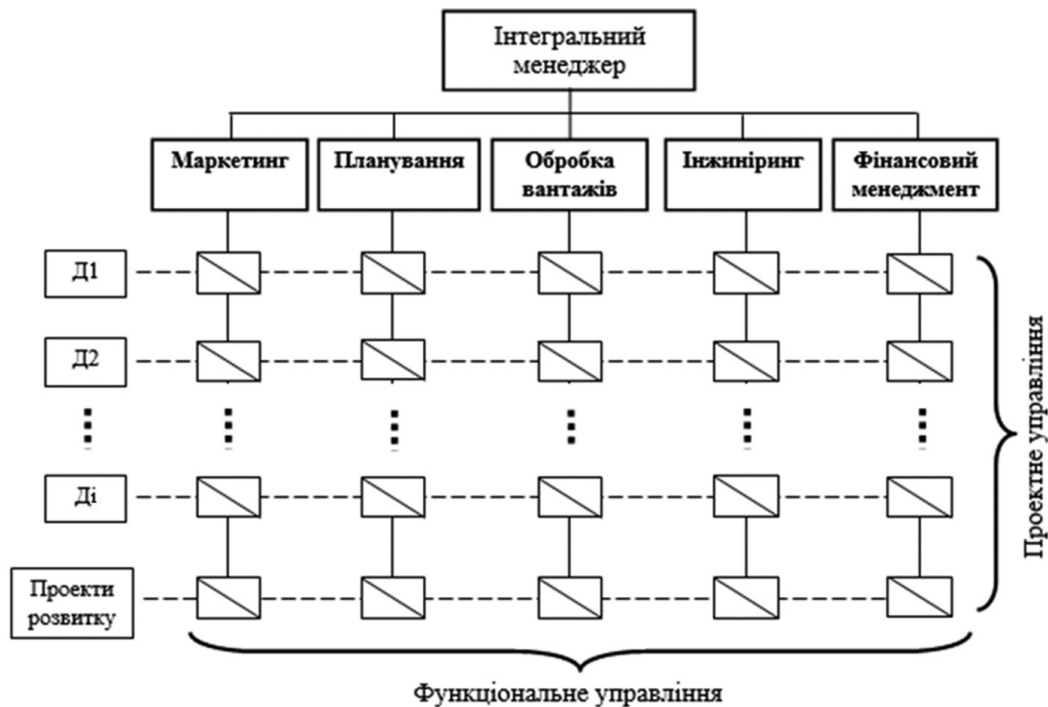


Рис. 1. Матрична організаційна структура морського наливного терміналу:

$D_1, D_2, \dots, D_i$  — портфель договорів з клієнтами;  $i = 1, 2, \dots, m$ , де  $m$  — кількість чинних договорів;  $\square$  — прийняття рішень в умовах функціональних і проектних повноважень

на терміналі присутня дата  $D_s$ . На основі аналізу добового обсягу заводу вантажів і виробничої потужності терміналу формується погодинний графік завантаження вантажів і коди накопичувачів  $MIQA$ , у які переміщуються вантажі. Ключовими атрибутами цієї процедури є фактичний стан завантаження стаціонарних накопичувачів, а також код фірми  $K_F$ , код вантажу  $K_L$  і планова дата його перевантаження на танкер.

Модель вихідного потоку вантажів  $M5$  можна представити у формі матриці з такими параметрами:

$$M5 \rightarrow \{D, K_L, V_L, K_F, MIQA, C\}, \quad (6)$$

де  $D$  — договори, за якими виконується перевантаження на танкер  $S_i(D_m)$ ;  $K_L$  — код вантажу;  $V_L$  — кількість вантажу ( $m$ );  $K_F$  — код фірми вантажовласника;  $MIQA$  — код накопичувача;  $C$  — карта завантаження на танкер.

Інтегрована обробка даних імітаційної моделі відображається системою взаємозв'язків інформаційних матриць.

З кожного пакету вантажу, що проходить через термінал, формується блок інформації  $I_{Lp}$ , який включає такі елементи:

$$I_{Lp} \rightarrow \{K_C, K_F, K_L, V_L, D_s, MIQA, D_i\}. \quad (7)$$

Елементи блоку інформації забезпечують контроль цілісності й несуперечливості імітаційної моделі на різних етапах проходження вантажу.

Моделювання переміщення вантажу в межах терміналу реалізується за допомогою двох процедур перевантаження:

- 1) з автомобільних і залізничних цистерн до стаціонарних накопичувачів  $P1 (S1, S2, W, T)$ ;
- 2) зі стаціонарних накопичувачів на танкер відповідно до карти завантаження, погодженої з капітаном судна  $P2 (S2, St, W, T, C)$ .

Параметрами процедур перевантаження є такі елементи імітаційної моделі:

$S1$  — код автомобільної або залізничної цистерни, що включає реєстраційний номер транспортного засобу й код фірми вантажовласника;

$S2$  — код стаціонарного накопичувача  $MIQA$ , що є активним агентом у процедурі.

$S4$  — код транспортного судна, на яке здійснюється перевантаження;

$W$  — продуктивність насоса, що забезпечує перекачування вантажу;

$C_i$  — карта завантаження на танкер;

$T$  — час, протягом якого реалізується процедура перекачування вантажу.

Запропоновані алгоритми імітаційної моделі вантажопотоків наливного терміналу реалізовано з використанням мови програмування Java. Структура пакета програм включає базу даних, що забезпечує його інтеграцію до чинної корпоративної інформаційної системи терміналу (рис. 2).

Функціональні модулі 1, 2, 3 сприяють обробці управлінської інформації. Модуль 4 — це контрольовимірювальна система, що виконує постійний моніторинг рівня вантажів у стаціонарних накопичувачах.

Наявна корпоративна інформаційна система (КІС) забезпечує обробку управлінської інформації на базі стандартів ERP [2].

Розроблений пакет програм імітаційного моделювання вантажопотоків морського наливного терміналу (ІМ МНТ) використовує інформацію бази даних КІС. Модуль 5 включає програмну реалізацію елементів імітаційної моделі та їхні інформаційні взаємозв'язки. Модуль 6 гарантує підготовку даних для здійснення таких управлінських функцій:

1) формування портфеля договорів терміналу з клієнтами;

2) моніторинг співвідношення параметрів вхідного вантажопотоку з пропускною спроможністю терміналу (з рекомендаціями щодо коригування структури потоку);

3) формування змінно-добового завдання;

4) розподілення вантажів за стаціонарними накопичувачами;

5) надання особам, що приймають рішення, інформації про стан обробки вантажів за різними ознаками: конкретним договором, кодом вантажу, вантажовласником та ін.

Результати тестування пакета програм ІМ МНТ підтвердили адекватність імітаційної моделі, на основі аналізу результатів тестування розроблено алгоритми адаптації пакета програм до особливостей обробки вантажопотоків конкретного терміналу.

**ВИСНОВКИ** 1. Використання імітаційних моделей у складі механізмів формування й прийняття рішень у управлінні морськими терміналами дозволяє збільшити точність подання знань таких аспектів діяльності терміналу, як витрати, ресурси, якість обслуговування. Крім того, імітаційне моделювання забезпечує керівництву вищої ланки можливість знизити ризики й підвищити ефективність рішень, що приймаються. 2. Пакет програм ІМ МНТ побудовано за модульним принципом, що розширює його функціональні можливості й інтегрує до інформаційних систем різного рівня.

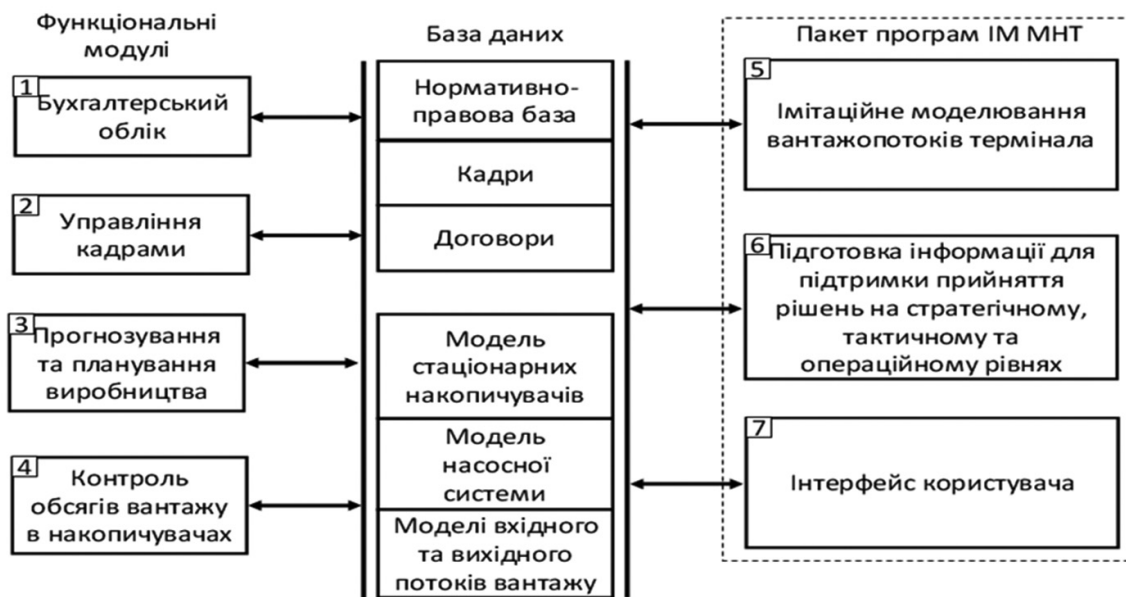


Рис. 2. Структура корпоративної інформаційної системи морського терміналу

**СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ**

[1] Григорак М. Ю. Логістична інфраструктура [Текст] : навчальний посібник / М. Ю. Григорак, Л. В. Костюченко, О. Є. Соколова. — К. : Логос, 2013. — 400 с.  
 [2] Гаврилов Д. А. Управление производством на базе стандарта MRP II [Текст] : учебное пособие / Д. А. Гаврилов. — СПб. : Питер, 2008 — 342 с.

- [3] **Котлубай В. О.** Вдосконалення антикризового управління морегосподарським комплексом [Текст] / В. О. Котлубай // Проблеми міжнародних транспортних коридорів та єдиної транспортної системи України : матеріали Десятої науково-практичної міжнародної конференції (5–7 червня 2014 р., м. Харків). — Харків : УкрДАЗТ, 2014. — С. 77–78.
- [4] **Толуев Ю. И.** Инженерные традиции в имитационном моделировании производственных и логистических систем [Текст] / Ю. И. Толуев, Д. А. Иванов // Имитационное моделирование. Теория и практика : сборник докладов пятой юбилейной всероссийской научно-практической конференции ИММОД-2011. — СПб. : ОАО «ЦТСС», 2011. — Том 1. — С. 75–82.
- [5] **Власюк Ю. О.** Особливості імітаційного моделювання економічних систем [Текст] / Ю. О. Власюк // Збірник наукових праць Таврійського державного агротехнологічного університету. — 2013. — № 4 (24). — С. 32–35.

---

© Б. Ю. Козир, О. О. Поткін, М. В. Фатєєв

Надійшла до редколегії 02.03.2017

Статтю рекомендує до друку член редколегії ЗНП НУК  
д-р техн. наук, проф. *В. Н. Парсяк*