

УДК 656. 012.34

*Ольга Мельник к.е.н., доц.  
(доцент каф. «Транспортних технологій і логістики» Київської державної академії водного транспорту імені гетьмана Петра Конашевича-Сагайдачного)*

### СУЧАСНІ МЕТОДИ ОРГАНІЗАЦІЇ РОБОТИ ФЛОТУ І ПОРТІВ

*У статті визначені основні завдання оперативного управління роботи флоту і портами. Підкреслено, що річковий порт – складна динамічна система, яка має множинну характеристик. Стверджується, що економічна ефективність роботи річкових портів забезпечується за рахунок прискорення обробки вантажів та рухомого складу різних видів транспорту по сукупності всіх операцій, включаючи перевантажувальні, збільшення частки переробки вантажів по прямому варіанту (крос-докінг), нарощування виробничих потужностей та освоєння на цій основі додаткових обсягів перевезень. Зазначені задачі оперативного управління роботи флоту і портами можуть бути вирішено за рахунок розробки економіко-математичної моделі генерування організаційних альтернатив обробки вантажу в порту. Впровадження запропонованої оптимізаційної моделі логістичного забезпечення дозволить вирішити наступні задачі: проводити аналіз роботи порту, обґрунтовувати нормативну базу, оптимізувати структуру оброблюваних вантажів, роботу всіх підрозділів порту, обрати оптимальний варіант функціонування системи. Це дозволить вирішити основну задачу – зменшити час перебування вантажу в порту, що підвищить коефіцієнт використання порткових потужностей, збільшить вантажообіг, і в цілому дозволить підвищити фінансові показники порту.*

*Ключові слова:* річкові порти, оперативне управління, оптимізація обробки вантажів в порту, економіко-математична модель генерування організаційних альтернатив обробки вантажу в порту.

*Ольга Мельник к.э.н., доц.  
(доцент каф. «Транспортных технологий и логистики» Киевской государственной академии водного транспорта имени гетьмана Петра Конашевича-Сагайдачного)*

### СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ОРГАНИЗАЦИИ РАБОТЫ ФЛОТА

*В статье определены основные задания оперативного управления работы флота и портами. Подчеркнуто, что речной порт – сложная динамическая ©*

*Мельник О.В., 2015*

*система, которая имеет множественное число характеристик. Утверждается, что экономическая эффективность работы речных портов обеспечивается за счет ускорения обработки грузов и подвижного состава разных видов транспорта по совокупности всех операций, включая перегрузочные, увеличение части переработки грузов по прямому варианту (кросс-докинг), наращивание производственных и освоение на этой основе дополнительных объемов перевозок. Отмеченные задачи оперативного управления работы флота и портами могут быть решены за счет разработки экономико-математической модели генерирования организационных альтернатив обработки груза в порту. Внедрение предложенной оптимизационной модели логистического обеспечения позволит решить следующие задачи: проводить анализ работы порта, обосновывать нормативную базу, оптимизовувати структуру обрабатываемых грузов, работу всех подразделений порта, избирать оптимальный вариант функционирования системы. Это позволит решить основную задачу – уменьшить время пребывания груза в порту, который повысит коэффициент использования портовых мощностей, увеличит грузооборот, и в целом позволит повысить финансовые показатели порта.*

*Ключевые слова:* речные порты, оперативное управление, оптимизация обработки грузов в порту, экономико-математическая модель генерирования организационных альтернатив обработки грузов в порту.

*Olga Melnik, PhD, docent.*

*(Associate Professor, Dept. «Transport technologies and logistic» Kyiv state maritime academy of hetman Peter Konashevich -Sagaidachniy)*

## MODERN METHODS OF ORGANIZATION OF WORK OF FLEET AND PORTS

*The article defines main tasks of the operational management of the fleet and ports. Emphasized that the river port is a complex dynamic system, which has many characteristics. It is argued that the economic efficiency of the river ports is achieved through faster processing of cargo and rolling stock of different types of transport, with all its operations, including handling, increasing the share of processing of cargoes according to direct variant (cross-docking), the increase in production capacity and development on this basis of additional volume of traffic. These tasks operational management of the fleet and ports can be solved through the development of economic-mathematical models of formation of organizational alternatives for the handling of cargo in the port. The introduction of the proposed optimization models of logistics will allow to solve the following tasks: analyze the work of the port, to justify regulatory framework, to optimize the structure of processed goods, the work of all departments of port for optimum functioning of the system. This will allow to solve the main task – to reduce the time of stay of cargo at the port, which will increase the utilization of port facilities, increase turnover, and in General will improve the financial performance of the port.*

**Keywords:** *river ports, operational management, optimization of cargo handling at the port, the economic-mathematical model of formation of the organizational alternatives of cargo handling in the port.*

**Постановка проблеми.** Економічна ефективність роботи транспортного флоту досягається за рахунок оперативного управління, в процесі якого вирішується завдання підтримки транспортного процесу в оптимальному режимі, який забезпечує виконання плану перевезень з найменшими витратами транспортних засобів. При оперативному управлінні флотом вирішується комплекс задач, одна з яких – управління комплексним обслуговуванням флоту в портах. Діюча система оперативного управління транспортним процесом в порту має ряд недоліків. Розробка та застосування економіко-математичної моделі генерування організаційних альтернатив обробки вантажу дозволить прискорити обробку вантажів в порту, враховуючи змінні умови роботи порту, такі як: наявність рухомого складу, вільна місткість складських площ, нерівномірність прибуття вантажів та ін. оптимізувати його роботу, узгодити із діяльністю суміжних видів транспорту.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Вивченням проблем оптимізації процесу обробки вантажів в морських та річкових портах та узгодження роботи різних видів транспорту займалися Костров В.Н., Кучерук Г.Ю., Матюгин М.А., Милославська С.В., Нікітін П.В., Нікіфоров В.С., та інші. Але низькі обсяги переробки у річкових портах України, значне недовикористання портових потужностей потребують нових підходів в розробці оптимізації обробки вантажів.

**Невирішена раніше частина загальної проблеми.** В умовах економічної кризи не існує оптимальної моделі для прискорення обробки вантажів в порту та взаємоузгодження роботи різних видів транспорту.

**Мета статті.** Розробка економіко-математичної моделі генерування організаційних альтернатив обробки вантажу в порту.

**Виклад основного матеріалу дослідження.**

На всіх етапах розвитку річкового транспорту питанням вдосконалення експлуатації флоту надавалось першочергове значення, оскільки кінцеві результати річкового транспорту залежать від якості використання транспортного флоту. Значну роль в цьому відіграє оперативне управління роботою флоту, портів і всім транспортним процесом в цілому. Забезпечення стійкого режиму функціонування транспортної системи, враховуючи конкретну обстановку, – основне призначення оперативного планування та регулювання транспортного флоту. Вирішення задач управління обумовлено зміною експлуатаційних характеристик судового шляху, строків та тривалості навігації, зміною характеристик вантажопотоків (складу, напрямку, розміру) та станом об'єктів управління (незабезпеченість матеріальними та трудовими ресурсами).

З позицій сучасного бачення про управління оперативне планування роботи флоту і портів – це вироблення та прийняття зазделегідь узгоджених рішень про майбутнє перевезення певної партії вантажів між певними пунктами конкретними суднами. Ефективність оперативного планування та регулювання залежить від постановки оперативного контролю, обліка та аналізу роботи флоту та ходу всього транспортного процесу в цілому[2].

Економічна ефективність роботи річкових портів забезпечується за рахунок прискорення обробки вантажів та рухомого складу різних видів транспорту по сукупності всіх операцій, включаючи перевантажувальні, збільшення частки переро-

бки вантажів по прямому варіанту (крос-докінг), нарощування виробничих потужностей та освоєння на цій основі додаткових обсягів перевезень[7].

Річковий порт – складна динамічна система, яка має множину характеристик, що змінюються. Це являється причиною необхідності розробки особливої економіко-математичної моделі, яка дозволить, врахувавши змінні характеристики, оптимізувати роботу флоту і портів, в яких відбуваються складні та різноманітні процеси, що не дозволяють побудувати абсолютно адекватну модель. Кількісний ріст елементів портової системи потребують розробки моделі, яка дозволить аналізувати, управляти, планувати роботу порту з багатьма випадковими факторами, які заважають нормальному функціонуванню даної системи. Це дасть змогу підвищити економічну ефективність роботи флоту і портів. Використання сучасних імітаційних методів та розрахункової техніки дає можливість оптимізувати роботу флоту і портів. Існуючі підходи до організації стивідорних робіт дозволять диспетчерському апарату приймати оптимальні рішення по обслуговуванню флоту, можливість підвищити економічну ефективність портового обслуговування. Впровадження запропонованої оптимізаційної моделі логістичного забезпечення дозволить вирішити наступні задачі: проводити аналіз роботи порту, обґрунтовувати нормативну базу, оптимізувати структуру оброблюваних вантажів, роботу всіх підрозділів порту, обирати оптимальний варіант функціонування системи. Це дозволить вирішити основну задачу – зменшити час перебування вантажу в порту, що підвищить коефіцієнт використання портових потужностей, збільшить вантажообіг, і в цілому дозволить підвищити фінансові показники порту.

Цю задачу можна вирішити за допомогою економіко-математичної моделі генерування організаційних альтернатив обробки вантажів в порту, з урахуванням вимог, які пред'являються статистичним моделюванням до класу моделей складних динамічних систем, представлених у вигляді алгоритму, призначеного для реалізації за допомогою комп'ютерних засобів.

Першим етапом розробки будь-якої економіко-математичної моделі є складання змістовного опису реальної логістичної системи, в якому викладені закономірності, характерні для процесу, що досліджується та поставлена прикладна задача.

В змістовному описі представлені всі процеси, які відбуваються при експлуатації річкового порту, включаючи окремі кількісні характеристики параметрів стивідорних та інших робіт. При цьому вказується ступінь і характер взаємодії, місце і значення кожного елементарного явища в загальному процесі функціонування транспортної логістичної системи, яка розглядається. За допомогою економіко-математичної моделі генерування організаційних альтернатив в порту з'явиться можливість виявити «вузькі місця» в роботі порту, включаючи відповідність пропускної спроможності порту, провізної здатності суден, які заходять в порт, оптимізувати компоновку порту, вибрати відповідне вантажне обладнання, обґрунтувати місткість вантажних приміщень. Основною задачею моделі є обґрунтування оптимального варіанту надання портових послуг за обраним критерієм та врахування обмеження.

Економіко-математична модель генерування організаційних альтернатив в порту передбачає виконання параметричного опису всіх видів обробки вантажів в порту, включаючи розвантаження, розміщення в складських приміщеннях, в критичних складах, перевантаження в залізничні вагони, в автомобілі, тощо.

Основними параметрами річкового порту є кількість перевантажувальних комплексів, причалів, довжина та глибина кожного з них, пропускна здатність транс-

портного вузла, місткість складських приміщень, вантажообіг окремих терміналів та порту в цілому[6]. Важливим моментом є формування порядку заходу суден в порт, що залежить від попередньої роботи по залученню вантажів.

Запропонована модель передбачає розробку в інформаційному логістичному центрі(ІЛЦ) для кожного судна плана обробки, в якому визначається нормативний час обробки та обслуговування судна, склад і послідовність запланованих операцій, нормативна чисельність портових робітників. Завдання річкового інформаційного логістичного центру полягає в гармонізації та узгодженні роботи всіх суміжних видів транспорту, які приймають участь в обробці вантажу в порту – від моменту заходу судна в порт до його виходу. Прогнозування дислокації вантажів, транспортних суден, наявність портових механізмів, вибір оптимальних варіантів вантажно-розвантажувальних робіт, своєчасна подача вагонів, автомобілів, ємність складів, а також чисельність бригад портових робітників – це задача, яку потрібно вирішити, оцінивши стан системи в цілому. Саме в досягненні відповідності цих елементів обробки вантажу полягає задача логістизації річкового порту, як основної ланки річкового логістичного центру.

Прийняття управлінських рішень з використанням моделі проводиться на основі сформованої в ІЛЦ бази даних. Аналіз просування вантажу, прогнозування прибуття вантажу в порт, підхід суден, залізничного рухомого складу, стан складів в порту, аналіз оперативних даних по навантаженню – основні оперативні дані, на яких базується робота ІЛЦ. Логістичний ланцюг доставки вантажу від відправника до отримувача на етапі знаходження на території порту потребує узгодженості таких факторів: при підході судна на причал повинна вирішуватись оптимальна технологічна схема його завантаження (розвантаження), бути вільною механізована лінія для обробки, необхідна кількість робітників, обслуговуючих механізовані лінії, в наявності необхідної кількості вантажу (розмір оптимальної партії постачання, яка розраховується в ІЛЦ), своєчасного прибуття вагонів або автомобілів для завантаження судна. Потребується розрахунок таких параметрів роботи річкового логістичного центру в якості перевантажувального комплексу, як час обробки судна на причалі, інтенсивність та собівартість виконання вантажно-розвантажувальних робіт. Дані про дислокацію в великих портах складають по кожному окремому вантажному району, в них указують наявність вантажів та вагонів, стан суден, використання портових механізмів, рейдового флоту та трудових ресурсів на визначений момент часу. В дислокації вантажів, суден, механізмів, перевалочних районів портів відображають переробку вантажів з суміжних видів транспорту та прогноз надходження рухомого складу суміжних видів транспорту. Довідкова інформація, яка поступає в ІЛЦ включає: характеристику суден і вантажів; характеристику причалів, перевантажувальних машин, механізмів, рейдового флоту, бригади портових робітників; тарифи на перевантажувальні роботи; характеристику рейдів.

На основі запропонованої моделі обирається оптимальна схема технологічного процесу, яка враховує різні варіанти перевантажувальних робіт, роди вантажів, типи та розташування перевантажувальних машин, складів та під'їзних шляхів. Модель враховує два можливих варіанта перевантажувальних робіт: прямий (крос-докінг) та складський. Крос-докінг є більш економічним за рахунок уникнення повторного перевантаження, але вимагає чіткої взаємодії між видами транспорту. Цей варіант передбачає розвантаження вантажів безпосередньо на транспортні засоби, та може бути організований за трьома варіантами [1]: без затримки рухомого складу суміжного виду транспорту; із затримкою рухомого складу; з використанням

бункерних складів. Найбільш економічним способом є варіант без затримки рухомого складу, виконання якого можливо при чіткому узгодженні розкладів та узгодженому надходженні рухомого складу  $z$ -го виду транспорту. Зважаючи на можливість транспортної системи повне узгодження виконання графіків руху неможливо. Тому в РЛЦ використовується різні способи узгодження нерівномірностей надходження суміжних видів транспорту та накопичення вантажів на складах в обсягах, необхідних для компенсації неузгодженості.

Із складських варіантів перевантажувальних робіт найбільш ефективна організація роботи через буферний склад [3]. Цей варіант полягає в тому, що вантаж, призначений для завантаження, концентрується на причалі до приходу судна, при чому розташовують його в відповідності з попереднім вантажним планом. При розвантаженні вантаж складають в зоні дії кранів, без зупинки роботи в очікуванні подачі порожніх залізничних вагонів. Хоча цей варіант викликає збільшення числа операцій, але забезпечує високий темп вантажних робіт.

Готуючись до вантажних операцій порт повинен підібрати такий варіант, який дозволив би швидше обробити судно. При цьому потрібно найбільш повно використовувати продуктивність перевантажувальних машин, що підвищить продуктивність праці докерів і забезпечить чітку взаємодію ланок перевантажувального процесу.

Технологічна схема обробки вантажу встановлює яким шляхом, за допомогою яких засобів необхідно здійснювати переміщення вантажу [6]. Перевантажувальний процес складається з операцій, тому його інтенсивність визначається продуктивністю кожної ланки. Таким чином інтенсивність вантажних робіт в цілому обмежується найменш продуктивною ланкою. Технологічний процес вантажних робіт будується так, щоб продуктивність усіх ланок відповідала продуктивності основної перевантажувальної машини. При обробці вантажу по одному варіанту можна застосовувати декілька технологічних схем. Наприклад, вантаж перероблюється по варіанту трюм – склад. В такому разі можуть бути застосовані наступні технологічні схеми:

трюм – порталний кран – автотранспортувач – склад; трюм – порталний кран – автомобіль – склад; трюм – суднова лебідка – транспортувач – склад; трюм – суднова лебідка – автомобіль – склад.

Вибір оптимальної технологічної схеми при обробці вантажу – основне управлінське рішення, яке повинно бути прийнято в обчислювальному відділі ЛЦ. Прийняття схеми повинно базуватись на мінімальному часі обробки по кожному із варіантів.

Для моделювання визначення оптимальної партійності вантажу використаємо наступні вхідні параметри моделі оптимізації партійності вантажу:

- 1)  $P_{it}$  – інтенсивність потоку вантажу на  $i$ -тій ділянці причалу, яка дорівнює середній кількості вантажу, що надходить [од. вантаж./ од. часу];
- 2)  $V_{it}$  – швидкість переробки вантажу на  $i$ -тій ділянці шляху [т / добу];
- 3)  $S_{it}$  – витрати на зберігання вантажу, [грош. од. / од. часу (добу)];
- 4)  $K_{it}$  – витрати на обслуговування транспортних засобів та вантажу, [грош. од.];
- 5)  $g_{it}$  – розмір партії [т];

б)  $R$  – загальні витрати на управління вантажем в одиницю часу [ грош. од. / добу].

Тоді функція часу переробки вантажу на  $i$ -тому причалі може бути представлена у вигляді:

$$L(g_{it}) = K_{it} \frac{v_{it}}{g_{it}} + S \frac{g_{it}(p_{it} - v_{it})}{2p_{it}} \quad (1)$$

Якщо розглядати детермінований варіант моделі (коли значення параметрів не залежать від  $i$  та  $t$ ), то оптимальний розмір партії можна визначити, використавши методи диференціального числення. В цьому випадку отримаємо, що точкою мінімуму функції  $L(g)$  буде :

$$g = \sqrt{\frac{2Kvp}{s(p-v)}} \quad (2)$$

Ця величина  $g$  буде оптимальним розміром партії в детермінованому статичному випадку.

Ми будемо розглядати випадок динамічної оптимізаційної моделі з адитивним критерієм оптимальності.

Отже, цільовою функцією матиме вигляд:

$$R = \sum_t \sum_i R(g_{it}) = \sum_t \sum_i \left( K_{it} \frac{v_{it}}{g_{it}} + S \frac{g_{it}(p_{it} - v_{it})}{2p_{it}} \right) \rightarrow \min \quad (3)$$

Система обмежень буде складатись з наступних умов:

1) інтенсивність потоку вантажу на  $i$ -тому причалі не повинна перевищувати пропускну здатності даного причалу:

$$p_{it} \leq \min \left\{ \Pi_{np}, \Pi_{складу} + \Pi_{транспорт} \right\}, \quad (4)$$

де  $\Pi_{np}$  – пропускну спроможність причалу, (т/добу);

$$\Pi_{np} = 24 \times B_{n/6} \times K_{тех}, \quad (т/добу) \quad (5)$$

$B_{n/6}$  – норма вантажних робіт на причалі;  $K_{тех}$  – коефіцієнт технічних операцій судна;

$$B_{n/6} = N_y \times P_3, \quad (6)$$

де  $N_y$  – кількість механізованих установок на причалі;

$P_3$  – експлуатаційна потужність однієї механічної установки;

$$P_3 = P_m \times T_{оп} / T_{см} \quad (7)$$

де  $P_m$  – середньотехнічна потужність однієї установки;

$T_{оп}$  – оперативний час роботи за одну зміну (6.5 годин)

$T_{см}$  – тривалість робочої зміни (8 годин)

2) величина партійності вантажу на кожній ділянці шляху не повинна перевищувати вантажопідйомність транспортного засобу, а також ємність складу, тобто:

$$g_{it} \leq \min \{ Q_B, Q_c, E \} .$$

Використання моделі оптимальної партійності дозволить визначити необхідну кількість вантажу за крос-докінгом та складським варіантом та мінімізувати фінан-

сові та часові витрати. Часові витрати переробки вантажів в першу чергу залежать від кількості механізованих ліній.

Оперативний план роботи РЛЦ з використанням моделі генерування організаційних альтернатив обробки вантажів в порту забезпечує виконання плану перевантажувальних робіт та норми обслуговування суден і вагонів в порту та складається на наступну добу. В ньому визначені склад та об'єми робіт для всіх підрозділів порту, раціональне використання матеріальних та трудових ресурсів. Об'ємно-календарне планування роботи РЛЦ відображає взаємодію елементів порту, причалів, перевантажувальних засобів, рейдового флоту та транспортних засобів – суден, вагонів, автомобілей.

Нормативні дані об'ємно-календарного плану наступні: норми вантажних робіт, комплексного обслуговування транспортного флоту, завантаження суден, використання об'єктів порту. Оперативні дані – дислокація вантажів, суден, механізмів в порту, оперативні заявки вантажовідправників, графік ремонту перевантажувальних засобів рейдового флоту, дані оперативного обліку обробки флоту, перевантажувальних робіт, використання об'єктів порту. Крім зазначеної інформації оператор річкового ЛЦ використовує різні інформаційні дані та дані прогнозу про дислокацію суден, механізмів в порту, про надходження суден, вагонів і автомобілів в планову та наступну добу. Послідовність розробки плану роботи РЛЦ така: прогнозування дислокації вантажів, транспортних та рейдових суден, портових механізмів, вагонів, автомобілів, а також бригад портових робітників на початок планової доби. Ця задача вирішується шляхом оцінки стану системи на певний момент часу і прогнозування її розвитку по нормам перевантажувальних робіт. Для моделювання вибору оптимального типу технологічних схем використовуємо економіко-математичну модель генерування організаційних альтернатив обробки вантажу в порту.

*Визначимо параметри моделі:*

$i$  – індекс судна;  $n$  – індекс причалу;  $s$  – індекс зміни;  $z$  – індекс варіанту обробки транспортних засобів суміжних видів транспорту (склад-вагон, склад-автомобіль);  $Q_B$  – норма завантаження вагону, т;  $Q_{ci}$  – норма завантаження  $i$ -го судна, т;  $E$  – місткість складу, т;  $E_s$  – вільна місткість складу в  $s$ -ту зміну, т;  $Q_i$  – фактичний вантаж  $i$ -го судна, т; для всіх значень  $i, j, s$ .

Система обмежень для економіко-математичної моделі генерування оперативних альтернатив обробки вантажу в порту буде складатися з наступних умов:

1. Ресурсні:

• обсяг вантажу, що перевантажується на склад не повинен перевищувати вільної місткості складу:

$$E_{S-1} + \sum_n Q_{nzs} P_{zs} \leq E$$

для варіанту робіт «судно-склад»;

• потреба механічних установок в кожній зміні не повинна перевищувати їх фактичної наявності:

$$\sum_{i,z,n} X_{inzs} \leq K_{\phi s}$$

• потреба портових робітників в кожній зміні не повинна перевищувати їх фактичної наявності:



$$\sum_{i,z,n} d_{izn} \leq d_s$$

- сумарна кількість вагонів не повинна перевищувати плану їх подачі:

$$\sum_z Y_{nzs} \leq \Gamma_{ns}$$

для всіх значень  $n, s$ .

2. Об'ємні:

- обсяг судових перевантажувальних робіт має бути виконаний:

$$\sum_{i,z,s} Q_{izs} = Q_i$$

3. Часові:

час обробки іо-го судна не повинен перевищувати планової норми.

$$T_{iok} - T_{inn} \leq t_{nli}$$

3.1 Час початку обробки іо-го судна повинен бути визначений, як максимум з двох чисел: моменту приходу його в порт, або моменту звільнення п-го причалу суднами, попередній іо-му в послідовності обслуговування (за умови, що послідовність обробки суден попередньо встановлена  $T_{iok} < T_{iio} > p_n$ )

$$T_{iok} = \max(T_{io}, \min_n, T_{iio} > p_n);$$

3.2 Час закінчення обробки іо-го судна

$$T_{iok} = T_{iok} + \sum_{js} \left( \frac{Q_{bio}}{x_{iojns} p_{ijns}} \right);$$

3.3 Час обробки іо-го судна не повинен перевищувати планової норми.

$$T_{iok} - T_{inn} \leq t_{nli};$$

Цільова функція виражає мінімум сукупних приведених витрат:

- сумарні витрати на обробку і-го судна:

$$\sum_i (T_{in} - T_{ik}) R_i$$

- сумарні витрати на обслуговування механізованих установок:

$$\sum_{i,z,n,s} X_{inzs} R_{inzs}$$

- сумарні витрати на обслуговування вантажу, що перевантажується на склад:

$$\sum_{z,s} (Y_{zs} R_{zs} + \sum_i Q_{izs} C_{3\sigma} t_{3\sigma})$$

Мінімізуючи цільову функцію, отримуємо економіко-математичну модель генерування організаційних альтернатив:

$$R = \sum_i (T_{i\pi} - T_{ik}) R_i + \sum_{i,z,n,s} X_{inzs} R_{inzs} + \sum_{z,s} (Y_{zs} R_{zs} + \sum_i Q_{izs} C_{3\sigma} t_{3\sigma}) \rightarrow \min,$$

При умові, що всі змінні моделі набувають невід'ємних цілих значень, отримаємо наступні результати:

1) оптимальну кількість механізованих ліній, які застосовуються при обробці і-го судна на п-му причалі при z-му варіанті судових робіт на s-ій зміні;

2) оптимальну кількість транспортних засобів суміжних видів транспорту (вагонів) при z-му варіанті обробки на s-ій зміні;

3) оптимальний розподіл вантажу i-го судна між різними варіантами обробки (судно-вагон або судно-склад).

При дослідженні моделі необхідно врахувати її характерні властивості:

імітаційна, оскільки значення всіх параметрів моделі імітувались як випадкові величини, що мають рівномірний, нормальний або експоненційний розподіл (в залежності від типу величини) з параметрами, що визначались емпірично; стохастична, оскільки враховувався випадковий характер змінних та параметрів моделі; динамічна, оскільки для оптимізації моделі використовувався метод покрокової оптимізації, розглядалась динамічна модель, оптимальне значення цільової функції на наступному кроці визначалось не тільки поточними значеннями параметрів, а й оптимальним значенням керованих змінних на попередніх кроках; цільова функція є лінійною відносно змінних моделі[4].

На основі даної моделі вибираються оптимальні варіанти розподілу перевантажувальної техніки, рейдового флоту, робочої сили, яка забезпечує виконання перевантажувальних робіт. Ресурси порту розподіляють в залежності від послідовності обробки суден.

При вирішенні цієї задачі визначається необхідна кількість механізованих ліній, які повинні застосовуватись на обробці певного судна на конкретному причалі при певному варіанті судових робіт та конкретному варіанті обробки транспортних засобів суміжних видів транспорту.

Кінцевими розрахунковими параметрами являється мінімальний час обробки судна, мінімум витрат трудових ресурсів, мінімум сукупних приведених витрат. Застосування запропонованої моделі апробуємо на прикладі роботи виробничого підрозділу Херсонського річкового порту, який спеціалізується на обробці мінеральних добрив. Вихідні дані для розрахунку наведені у таблиці 1.

Розрахунок проведено в середовищі Excel. Варіанти обробки вантажу відображено у таблиці 2.

Таблиця 1

**Вихідні дані для розрахунку оптимальних варіантів обробки вантажу на лінії обробки мінеральних добрив**

Вихідні дані	Значення
Вантаж за добу, т	2900
Вільна місткість складу, т	15000
Середня собівартість простою судна, грн./добу	227
Середня собівартість завантажувально-розвантажувальних робіт, грн./т	18,9
Середня собівартість вантажної обробки судна, грн./т	22,9
Середня вартість зберігання вантажу на складі, грн./т/добу	4,5
Вантажопід'ємність вагону, т	62

Розрахунок проведено в середовищі Excel. Варіанти обробки вантажу відображено у таблиці 2.

## РІЗНІ ВИДИ ТРАНСПОРТУ

Таблиця 2

### Варіанти обробки вантажу

	Варіант №1	Варіант №2	Варіант №3
Варіант розвантаження	Судно-вагон	Судно-склад	Склад-вагон
Розподіл вантажу за варіантами, т	744	2156	0
Час розвантаження, доб.	1,562358277	2,655913978	
Кількість вагонів, за добу	12	-	
Цільова функція	67488		0
	Система обмежень		
	Вантаж	2900	2900
	Склад	15000	2156
	Вагон	744	744

Результати розрахунків наведені у таблиці 3.

В кожному випадку розраховано оптимальний розподіл вантажу, при якому досягається мінімум приведених витрат та часу обробки вантажу. В першому випадку для порівняння наведені ситуації, коли весь вантаж обробляється тільки по одній схемі: судно-вагон або судно-склад.

Таблиця 3

### Розрахунок приведених витрат на розвантаження

Вантаж, т	Місткість складу, т	Вантаж судно-вагон, т	Вантаж судно-склад, т	Вантаж склад-вагон, т	Час, год.	Приведені витрати, тис. грн.
2900	15000	682	2156	62	4,22	64760
		2900	0	0	6,09	80472
		0	2900	0	5,13	134270
5800	15000	682	5056	62	6,45	132620
8700	15000	682	7956	62	8,67	200480
11600	15000	682	10856	62	10,90	268340
14500	15000	682	13756	62	13,13	336200
17400	15000	682	15000	62 (1656)	14,09	741221

В останньому випадку маємо ситуацію, коли вантажопотік т / добу перевищує добову пропускну спроможність обробки вантажів і частина вантажу 1656 т може бути оброблена тільки наступної доби.

Застосування моделі на кожній ділянці дозволить визначити потенційний ріст обсягів переробки вантажів та спрогнозувати роботу порту в стратегічному напрямку розвитку.

**Висновки та пропозиції.** Впровадження запропонованої економіко-математичної моделі генерування організаційних альтернатив обробки вантажу в порту дозволить вирішити наступні задачі: провести аналіз роботи порту, оптимізувати розміри партій оброблюваних вантажів, роботу всіх підрозділів порту, вибрати оптимальний варіант функціонування порту. Це дозволить вирішити основну задачу – зменшити час перебування вантажу в порту, що підвищить коефіцієнт використання портових потужностей, збільшить вантажообіг, і в цілому дозволить підвищити фінансові показники флоту та річкового порту.

### ЛІТЕРАТУРА

1. Винников В.В., Быкова Е.Д., Винников С.В. Логистика на водном транспорте. Навч. посібник, Одеса «Фенікс», 2004. –222с.
2. Воевудский Е.Н. Управление на морском транспорте. – М. Транспорт, 1993.-366 с.
3. Захаров В.И., Зачесов В.П., Мальшкин А.Г. "Организация работы речного флота" М. Транспорт-1994.
4. Лубенцова В.С. Математические модели и методы в логистике: учеб. Пособ/В.С. Лубенцова – Самара. Самар. Гос. Техн., ун-т., 2008. – 157 с.
5. Никифоров В. С. Мультимодальные перевозки и транспортная логистика. М.Транс. Лит. 2007.– 272с.
6. Примачев Н.Т., Примачев А.Н. Торговые порты в системе международных транспортно-экономических связей в торговом судоходстве. – Одесса: Автограф, 2008. – 284 с.
7. Телегин А.В., Костров В.Н., Ничипорук А.О., Никитин А.А. Транспортное экспедирование – Н. Новгород: Изд-во ФГОУ ВПО, «ВГАВТ». 2010. – 400 с.

### REFERENCES

1. Vinnikov V.V., Bykova E.D., Vinnikov S.V. Logistika na vodnom transporte. Navch. posibnik, Odesa «Feniks» 2004. –222 s.
2. Voevudskij E.N. Upravlenie na morskome transporte. – M. Transport, 1993.-366 s.
3. Zaharov V.I., Zachesov V.P., Mal'shkin A.G. "Organizacija raboty rechnogo flota" M. Transport-1994.
4. Lubencova V.S. Matematicheskie modeli i metody v logistike: ucheb. Posob/V.S. Lubencova – Samara. Samar. Gos. Tehn., un-t., 2008. – 157 s.
5. Nikiforov V. S. Mul'timodal'nye perevozki i transportnaja logistika. M.Trans. Lit. 2007, – 272s.
6. Primachev N.T., Primachev A.N. Torgovye porty v sisteme mezhdunarodnyh transportno-ekonomicheskikh svyazej v torgovom sudohodstve. – Odessa: Avtograf, 2008. – 284 s.
7. Telegin A.V., Kostrov V.N., Nichiporuk A.O., Nikitin A.A. Transportnoe jekspedirovanie – N. Novgorod: Izd-vo FGOU VPO, «VGAVT». 2010. – 400 s.