

8. Электроотопление. Плюсы и минусы. URL: <http://tenko.ua/ru/elektrootoplenie-plyusy-i-minusy>
9. Дровяные печи: в чем их преимущества. URL: [http://banipro.ru/articles/wood\\_stoves.html](http://banipro.ru/articles/wood_stoves.html)
10. Дровяная печь – основные недостатки. URL: <http://tipicoshop.ru/drovyanaya-pech-osnovnye-nedostatki.html>
11. Шевяков В. В. Газодинамика бытовой печи. Разработка метода расчета // Universum: Технические науки: электрон. научн. журн. 2015. № 11 (22). URL: <http://7universum.com/ru/tech/archive/item/2771>
12. Пирометр Flus, IR866. URL: <http://gtest.com.ua/flus-ir866-pirometr.html>

*Рекомендовано до публікації д-р техн. наук Фролов Є. А.  
Дата надходження рукопису 08.12.2017*

**Попов Станіслав В'ячеславович**, кандидат технічних наук, доцент, кафедра технології машинобудування, Полтавський національний технічний університет ім. Юрія Кондратюка, пр. Першотравневий, 24, м. Полтава, Україна, 36011  
E-mail: [kaf054@i.ua](mailto:kaf054@i.ua)

**Васильєв Євгеній Анатолійович**, кандидат технічних наук, доцент, кафедра будівельних машин і обладнання, Полтавський національний технічний університет ім. Юрія Кондратюка, пр. Першотравневий, 24, м. Полтава, Україна, 36011  
E-mail: [vas.eugene@gmail.com](mailto:vas.eugene@gmail.com)

**Малюшицький Олександр Володимирович**, кандидат технічних наук, старший викладач, кафедра архітектури та міського будівництва, Полтавський національний технічний університет ім. Юрія Кондратюка, пр. Першотравневий, 24, м. Полтава, Україна, 36011  
E-mail: [malush.alexander@gmail.com](mailto:malush.alexander@gmail.com)

**Васильєв Анатолій Володимирович**, кандидат технічних наук, доцент, кафедра технології машинобудування, Полтавський національний технічний університет ім. Юрія Кондратюка, пр. Першотравневий, 24, м. Полтава, Україна, 36011  
E-mail: [vas.anatoly@gmail.com](mailto:vas.anatoly@gmail.com)

УДК 629.56:004.652

DOI: 10.15587/2313-8416.2018.121892

## АНАЛІТИЧНА МОДЕЛЬ ФУНКЦІОНУВАННЯ СУДНА НА ОСНОВІ ПОБУДОВИ ІНФОРМАЦІЙНОЇ СИСТЕМИ ЗАВАНТАЖЕНОСТІ

© Ю. О. Казмиренко

*Запропоновано аналітичну модель функціонування судна, яка включає у себе розробку нової інформаційної системи завантаженості та розв'язання оптимізаційної задачі щодо ефективного розміщення модуля біологічного захисту при транспортуванні радіоактивних речовин разом з іншими вантажами за критеріями мінімізації сталійного часу лінійного рейсу. Оптимізацію виконано шляхом розв'язання класичної задачі про ранець, для реалізації якої застосовано генетичний алгоритм*

**Ключові слова:** модель функціонування судна, інформаційна система, оптимізаційна задача, сталійний час, радіоактивні вантажі

### 1. Вступ

Інформаційна підтримка є невід'ємною складовою вирішення проектних завдань суднобудування. Розрахунки остійності та міцності ґрунтуються на відомостях про розташування вантажів, проте їх виконання у ручному режимі являє собою труднощі та призводить до системних похибок. Застосування імітаційного моделювання з розробкою моделі функціонування судна дозволяє уявляти його експлуатацію на етапах переходу за маршрутом та знаходження у портах відправлення і призначення [1], розглядаючи задачу синтеза статистичної моделі як об'єкт для управління його завантаженням з використанням інтелектуальних систем.

### 2. Аналіз літературних даних і постановка проблеми

В умовах діяльності порту задачі максимальної завантаженості судна розв'язуються фахівцями з управління за допомогою методів ситуаційного моделювання [2]. Це дозволяє зручно розташовувати вантажі на конкретному судні, виходячи з його маршруту. Проте враховуючи, що останнім часом спостерігається тенденція зростання будівельної вартості суден та витрат на їх утримання, вирішення завдань, пов'язаних із завантаженням та розміщенням вантажів, доцільно розглядати на етапах проектування та вважати суднобудівними.

Процес математичного моделювання функціонування судна в умовах лінійних (послідовних) рей-

сів, описаний у роботі [3], ґрунтується на теорії ймовірності, де результат наведений у вигляді сукупності основних функціональних операцій та відмов, що дає змогу аналізувати аварійні ситуації. Проте розроблена модель не враховує зміни та розподіл навантажень від транспортного обладнання (контейнерів, тари з вантажем тощо). У роботі [4] запропонована імітаційна модель транспортування вантажів трамповим судном, яка враховує випадкові зміни навантаження у портах прийому–доставки, але не розглядає економічних показників, які є важливими як проектними, так і експлуатаційними критеріями. В основу проектного аналізу суден [5], покладено принципи максимальної експлуатаційної ефективності, які на відміну від принципів мінімізації будівної вартості розглядають задачі оптимального проектування з позицій ефективності комерційного судна в умовах конкурентного середовища, де ціннісні критерії мають загальний і порівняльний характер. Це дає змогу ще на початкових стадіях проектування задавати певні морехідні якості, але не передбачає обробки та систематизації інформації щодо властивостей вантажів, тари або контейнерів, у які вони упаковані, характеристики судна, зокрема його розмірення, що вимагає розробки і застосування нових спеціалізованих інформаційних систем.

Розробка існуючих програмних продуктів [6] ґрунтується на розв'язанні оптимізаційних задач за допомогою симплекс-методу [7], що дозволяє обробляти великий обсяг теоретичного матеріалу, отримуючи при цьому спрощені рішення для знаходження цільової функції. Таким чином, розглядаючи задачу функціонування судна як міждисциплінарну, слід відмітити, що розширення можливостей всебічної і об'єктивної оцінки з обґрунтуванням та вибором оптимального варіанту завантаження потребує розробки програмного забезпечення, за допомогою якого стає можливою перевірка міцності судна, моделювання у автоматичному режимі комплектації та розташування вантажів у вантажних відсіках і приміщеннях. Проте загальні алгоритми не можуть бути застосовані для суховантажних суден, на яких одночасно транспортуються такі небезпечні вантажі як радіоактивні матеріали та сипучі речовини, зокрема мінеральні добрива. Задачі проектування та розробки вантажних операцій вимагають розглядати загальну міцність судна з урахуванням його повної або неповної завантаженості та враховувати фізико-хімічні властивості речовин та умови їх пакування.

Розв'язання статичної задачі оптимального планування розподілу навантажень можливе за допомогою методів механіки суцільних середовищ, застосовуючи розрахунки балансу мас і балансу площ [8], що вимагає побудови деревоподібної декомпозиції простору допустимих рішень [9]. Однією із класичних задач дискретної оптимізації вважаються задачі про ранець [10], постановка і розв'язання якої для судна, що транспортує радіоактивні речовини, дасть змогу знайти оптимальне рішення щодо завантаженості, враховуючи необхідні умови міцності.

### 3. Ціль та задачі дослідження

Мета дослідження полягає у розробці аналітичної моделі функціонування суховантажного судна

для транспортування радіоактивних вантажів, в основу якої покладено інформаційну підтримку та принципи управління завантаженістю.

Для досягнення мети були поставлені наступні задачі:

1) на основі аналізу проектної ситуації сформулювати задачу щодо ефективного розташування радіоактивних вантажів на суховантажному судні;

2) розробити нову інформаційну систему, яка б дозволила на етапах проектування та експлуатації судна регулювати розподіл вантажів і транспортних засобів та перевіряти при цьому дотримання умовам міцності;

3) застосувати для оптимального розташування вантажів задачу про ранець;

4) розглянути реалізацію аналітичної моделі функціонування суховантажного судна на прикладі одночасного транспортування радіоактивних вантажів разом з іншими вантажами.

### 4. Аналіз проектної ситуації і постановка задачі про ранець

Радіоактивні вантажі (РАВ) відносяться до 7-го класу небезпеки та згідно з Правилами МАГАТЕ повинні бути відокремлені від інших вантажів та персоналу [11]. Враховуючи сучасний стан видобування радіоактивних корисних копалин в Україні [12] та попит на продукцію з них у європейських країнах у роботі розглянуто транспортування уранового рудного концентрату – порошкоподібної речовини з насипною щільністю близько  $2300 \text{ кг/м}^3$ . Урановий концентрат пакується у сталеві бочки об'ємом 210 л, які для перевезень водним транспортом у два ряди завантажують в ISO-контейнери. У свою чергу контейнери відокремлюються від інших вантажів модулями біологічного захисту, кожна з панелей якого складається з бетонної плити товщиною 200 мм, облицьованої з внутрішнього боку листом вуглецевої сталі, на яку нанесено шар метал-скляного захисного покриття [13]. Розрахунки геометричних розмірів модуля біологічного захисту (рис. 1) виконані за умовами розміщення в середині нього двох 20-ти футових високих контейнерів.

На основі досліджень, виконаних автором у напрямку «вантажі→судна-претенденти→модель функціонування», транспортування РАВ розглянуто на прикладі судна серії Beluga, у трюмі якого планується розташувати завантажений модуль біологічного захисту (БЗ). Постановку оптимізаційної задачі зведене щодо ефективного розміщення модуля біологічного захисту як великої вантажної одиниці на судні разом з іншими вантажами за критеріями мінімізації сталійного часу (*англ. Laytime*) з дотриманням умов міцності судна. Для цього сформульовано класичну задачу про ранець (*англ. Knapsack*), основні сфери застосування якої належать до планування і управління виробничими і транспортними системами, що дає змогу розв'язувати задачі багатокритеріальної оптимізації зі змінним середовищем шляхом підбору, комбінування і варіації параметрів. Для розв'язання застосовано метод генетичного алгоритму [10, 14], який дозволяє шляхом варіювання розташування графів вирішувати завдання проектування і конструювання.

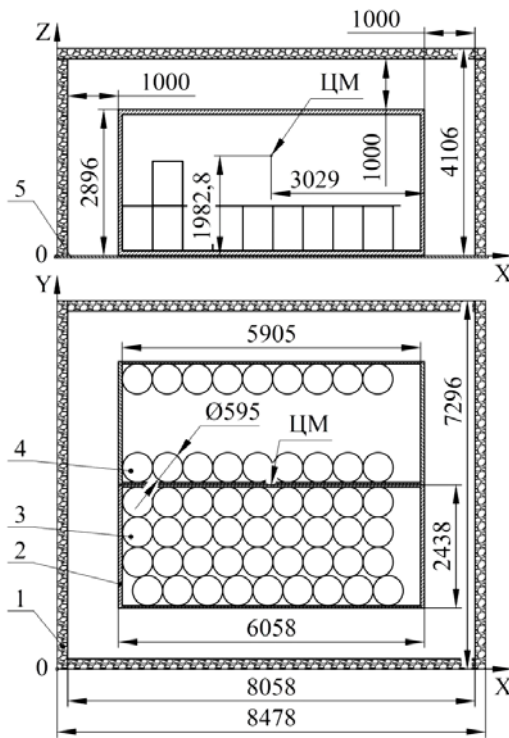


Рис. 1. Розрахункова схема укомплектування модуля біологічного захисту: 1 – стінка модуля; 2 – стінка контейнера; 3 – бочки першого шару укладки; 4 – бочки другого шару укладки; 5 – днище; ЦМ – центр мас

За цільову функцію (1) обрано мінімізацію сталійного часу – термін (у торговельному мореплаванні), протягом якого здійснюється завантаження судна без додаткових до суми фрахту платежів. Задачу розв’язано через введення до розрахунків показника норм навантаження шляхом монтажу у трюм судна елемента біологічного захисту та додатковим завантаженням іншими вантажами. Модель процесу аналізу даних побудовано у вигляді системи рівнянь (2), де чиста вантажопідйомність  $D_{ч}$  і вантажомісткість  $W$  є функціями характеристик вантажу, геометричних розмірів та розташування вантажних приміщень суховантажного судна (3)

$$t_{ст} = \sum_{j=1}^m t_{j ст} = \sum_{j=1}^m \frac{\sum_{i=1}^{i \leq n} x_{ji}}{N_{ji}} \rightarrow \min, \quad (1)$$

$$\begin{cases} \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^n x_{ji} = D_{ч}, \\ \sum_{j=1}^m \sum_{i=1}^n u_i x_{ji} = W, \\ x_{ji} > 0, \end{cases} \quad (2)$$

$$i = \overline{1, n}; j = \overline{1, m}, \quad (3)$$

де  $t_{ст}$  – сталійний час судна;  $t_{j ст}$  – час обробки  $j$ -го трюму;  $x_{ji}$  – кількість  $i$ -го вантажу в  $j$ -му трюмі;  $N_{ji}$  – норма навантаження  $i$ -го вантажу в  $j$ -й трюм;  $m$  – кількість вантажних приміщень;  $n$  – кількість вантажів;

$D_{ч}$  – чиста вантажопідйомність судна;  $W$  – вантажомісткість судна;  $u_i$  – питомий навантажувальний обсяг вантажу.

Як граничні умови введено функції перевірки відповідності комбінації вантажу у трюмі обов’язковим критеріям завантаження.

$$\Phi_1(x_1, x_2, \dots, x_n) = true; \quad (4)$$

$$\Phi_2(x_1, x_2, \dots, x_n) = \bar{P};$$

$$\Phi_3(x_1, x_2, \dots, x_n) = \bar{S};$$

$$\Phi_4(x_1, x_2, \dots, x_n) = d_{ом};$$

$$\Phi_5(x_1, x_2, \dots, x_n) = +h_k;$$

$$\Phi_n.$$

де  $\Phi_1(x_1, x_2, \dots, x_{mn})$  – функція сумісності вантажів, параметрами якої є властивості  $j$ -го вантажу. Функція повинна повертати результат true, тобто вантажі повинні бути сумісні для перевезення в одному приміщенні;  $\Phi_2(x_1, x_2, \dots, x_n)$  – функція визначення послідовності завантаження трюму відповідно до портів заходу. Функція повинна повертати вектор  $\bar{P}$ , тобто послідовність завантаження вантажу;  $\Phi_3(x_1, x_2, \dots, x_n)$  – функція перевірки диференту судна на оптимальність при заданому розміщенні вантажу в трюмі;  $\Phi_4(x_1, x_2, \dots, x_n)$  – функція перевірки остійності судна; результат повинен бути додатнім числом;  $\Phi_n$  – інші функції перевірки дотримання критеріїв завантаження.

Таким чином, на етапі початкового проектування враховуються властивості вантажів, особливості їх обробки і вантажних операцій, дотримання умов міцності.

Задачу розв’язано для умов лінійного рейсу, що є доцільним для вантажопотоків великих обсягів.

## 5. Результати досліджень та їх обговорення

### 5.1. Побудова алгоритму та створення програми розрахунків завантаженості судна

Етапи розв’язання поставленої задачі включають у себе визначення питомих показників (табл. 1) та сукупності відповідних моментів [15].

Розподілення маси трюмів  $\sum Q_{mp}$  і твіндеків  $\sum Q_{me}$  визначається шляхом розв’язання системи рівнянь [15]

$$\begin{cases} \sum Q_{тр} + \sum Q_{тв} = D_{ч}; \\ \sum Q_{тр} * z_{тр} + \sum Q_{тв} * z_{тв} = M_{ст.з}. \end{cases} \quad (5)$$

Відповідність умовам міцності визначається за відношенням фактичної напівсуми моментів сил дедвейта без урахування знаку його оптимального згинального значення  $M_{опт}$  ( $M_{опт}=0,9 \dots 1,1$ )

$$K_{\text{опт}} = \frac{0,5(\sum Q_j X_{ij} + \sum G_{3,i} X_{3,i})}{M_{\text{опт}}}, \quad (6)$$

$$M_{\text{опт}} = K_{\text{с.п.}} \cdot D_p \cdot L_{\text{мн}} + 0,5(\kappa_2^n - \kappa_2^b) \cdot \delta \cdot B_{\text{макс}} \cdot L^{2,3} - \kappa_0 \cdot D_0 \cdot L_{\text{мн}}, \quad (7)$$

де  $K_{\text{с.п.}}=0,0315+0,0895 \cdot \delta$  – коефіцієнт, який враховує дію сил підтримки;  $\delta$  – коефіцієнт загальної повноти (визначається за кривими теоретичного креслення);  $\kappa_2^n, \kappa_2^b$  – коефіцієнти, які враховують додаткові

згинальні моменти при постановці судна на хвилю (на підшві та вершині відповідно  $\kappa_2^n=0,036$ ;  $\kappa_2^b=0,0325$ );  $\kappa_0$  – коефіцієнт, який враховує розташування машинного відділення ( $\kappa_0=0,11$ ).

Перевірка умов місцевої міцності здійснюється виходячи з відношення фактичного навантаження до технічно допустимого

$$K_m = \frac{P_{\text{ф}}}{P_{\text{доп}}} \leq 1. \quad (8)$$

Алгоритм програми розрахунку наведено на рис. 2.

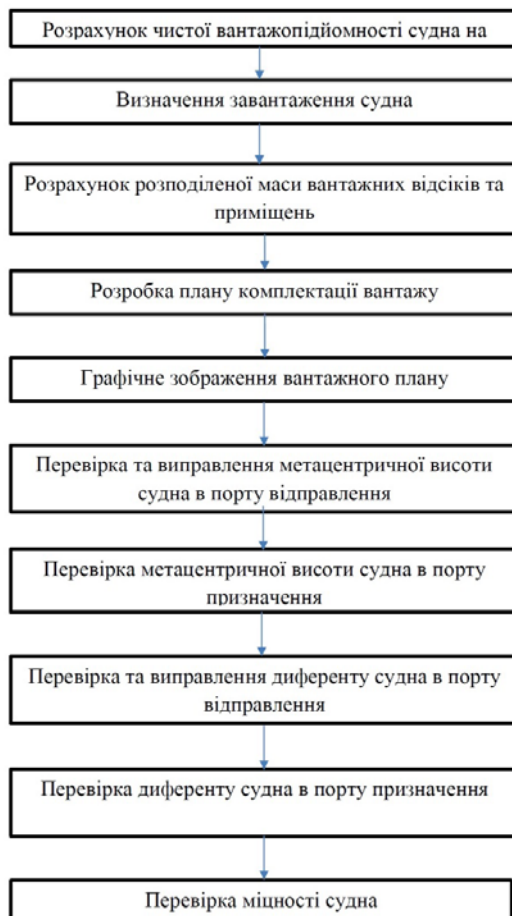


Рис. 2. Алгоритм програми розрахунків завантаженості судна

Таблиця 1

Побудова алгоритму розрахунків

Показники	Формули для розрахунків
Питомі показники	
Питома навантажувальна площа	$\mu_b = \frac{S_b}{Q_b}$ , де $Q_b$ – маса вантажу (зокрема маса всього елемента БЗ); $V_b$ – об’єм; $S_b$ – площа горизонтальної проекції (у даному випадку обмежена контуром модуля БЗ)
Сукупність моментів	
Момент оптимального диференту	$M_{d_{\text{опт}}} = D_p x_c - D_0 x_0 + d_{\text{опт}} M_x - \sum G_{3_j} x_{3_j}$ , де $D_p$ – водотоннажність судна, т; $D_p = D_0 + G_3 + \sum Q_i$ ; $D_0$ – маса судна порожнем, $x_g$ – абсциса центра ваги судна, визначається за кривими елементів теоретичного креслення; $x_0$ – абсциса центра ваги судна порожнем; $d_{\text{опт}}$ – оптимальний диферент; $M_x$ – питомий диферентуючий момент; $\sum G_{3_j} x_{3_j}$ – момент відносно міделя, що утворений рейсовими запасами, розподіленими по $j$ -тим відсікам судна
Момент від змінних та постійних навантажень відносно кілю	$M_{\text{ст}_z} = D_p (z_m - h_{\text{опт}}) - D_0 z_0 - \sum G_{3_j} z_{3_j}$ , де $z_m$ – апліката поперечного метacentра, визначається за кривими елементів теоретичного креслення; $h_{\text{опт}}$ – оптимальне значення метацентричної висоти; $z_0$ – апліката центра ваги судна порожнем; $\sum G_{3_j} z_{3_j}$ – сумарний статичний момент від рейсових запасів відносно кілю
Статичний момент відносно міделя від усіх навантажень	$M_{\text{ст}_x} = D_0 x_0 + \sum Q_{ij} x_{ij} + \sum G_{3_j} x_{3_j}$ , де $Q_{ij}$ – маса $i$ -тої партії вантажу у $j$ -тому вантажному приміщенні; $x_{ij}$ – абсциса центра ваги партії вантажу у $j$ -тому вантажному приміщенні
Диферентуючий момент	$M_{\text{диф}} = D_p \cdot c$ , де $c = x_g - x_c$ – плече диферентуючої пари сил Абсциса центра ваги завантаженого судна визначається як $x_g = \frac{M_{\text{ст}_x}}{D_p}$

Виконання усіх перелічених задач реалізовано за допомогою окремих відповідних модулів, розроблених за допомогою мови програмування Java [16]. Формалізація області допустимого стану представлена у вигляді документації по судну з базою даних.

5. 2. Проектування інформаційної системи

В основу проектування структури бази даних (БД) покладені завдання мінімізації дублювання даних і спрощення процедур їх обробки та поновлення, що реалізовано за допомогою побудови фізичної моделі (рис. 3).

Згідно з розробленою моделлю, дані, що обробляються, подаються у вигляді таблиць, де як записи виступають основні атрибути об’єктів. Основним елементом інформаційної системи є інформативно-пошуковий масив документального типу. Розроблена БД має віддалений доступ та є дворівневою, протестована за допомогою генератора даних. Серверна частина виконує обслуговування та управління базою даних, відповідає за

цілісність і збереження даних, забезпечує операції введення–виведення при доступі клієнта до інформації. Клієнтська частина системи управління базами даних забезпечує інтерфейс зв'язку користувача з базою да-

них: перетворює запити в команди запитів до серверної частини. У базу даних можуть заноситися відомості про вантаж та його пакування, тип та розмірення судна та його маршрут (рис. 4).

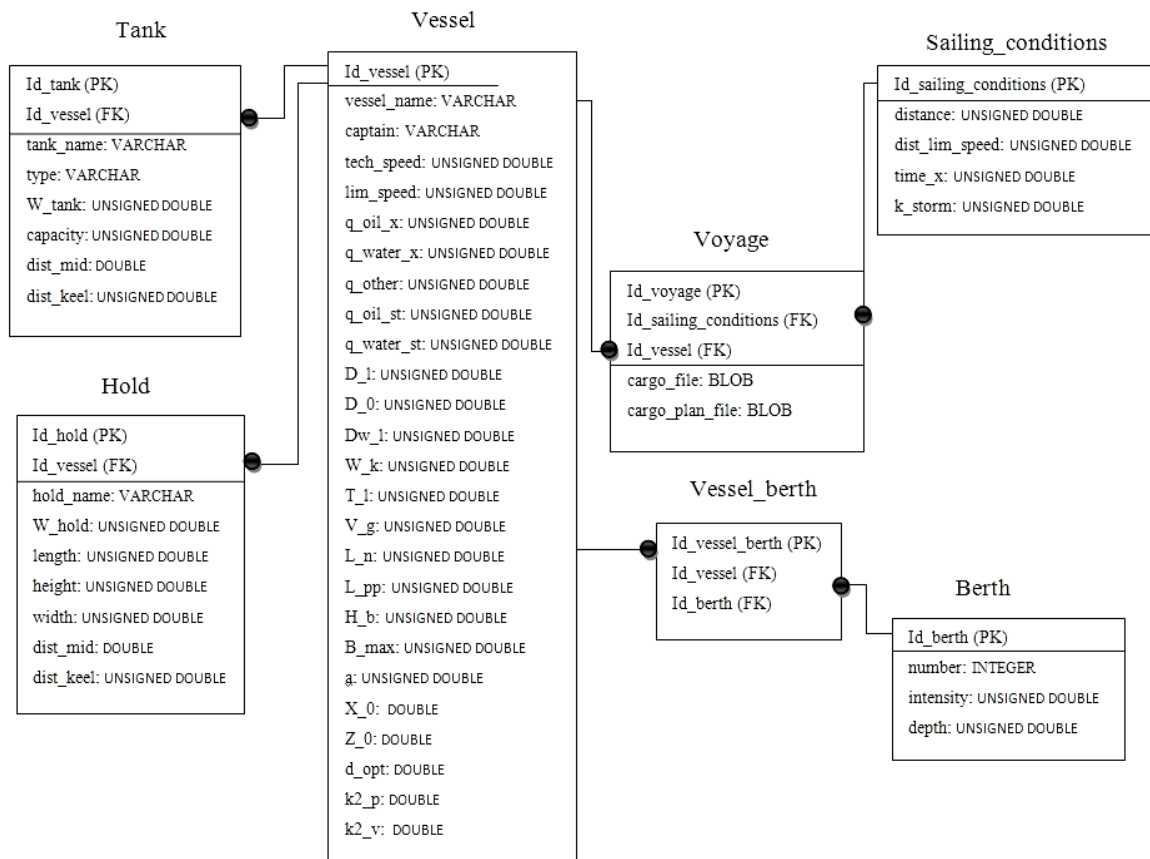


Рис. 3. Фізична модель бази даних інформаційної системи завантаженості судна

Данные о судне

Судно:

Длина:

Ширина:

Осадка:

**+**

Данные о грузе

Груз:

Удельный погрузочный объем:

Количество груза:

**+**

Данные об условиях рейса

Порт отправления:

Порт назначения:

**+**

Рис. 4. Діалогове вікно користувача (скріншот російською мовою)

Описи даних, накопичених у таблицях, дають змогу моделювати проекти і логістичні процеси як в умовах планування, так і оперативного управління.

### 5. 3. Приклад реалізації задачі

Реалізація моделі функціонування судна продемонстрована на прикладі транспортування двох



видів небезпечних вантажів – уранового рудного концентрату і аміачної селітри (гранульованого добрива, упакованого у поліетиленові мішки по 50 кг) за лінійним маршрутом Одеса–Генуя. Вибір маршруту обґрунтований об'ємами транспортування уранових концентратів до країн Південної Європи та пов'язаний з певним попитом на подільні елементи як вихідну сировину для ядерного пального.

Оціночні розрахунки міцності показали, що розташування спроектованого елемента (рис. 5) у

трюмі суховантажного судна не порушує умов загальної і місцевої міцності.

Отримані результати можуть бути застосовані для техніко-економічного обґрунтування монтажу на суховантажних суднах елементу біологічного захисту модульного типу, необхідного для ізолювання твердих радіоактивних вантажів.

Перспективи подальших досліджень пов'язані з апробацією розробленої моделі для інших видів суден.

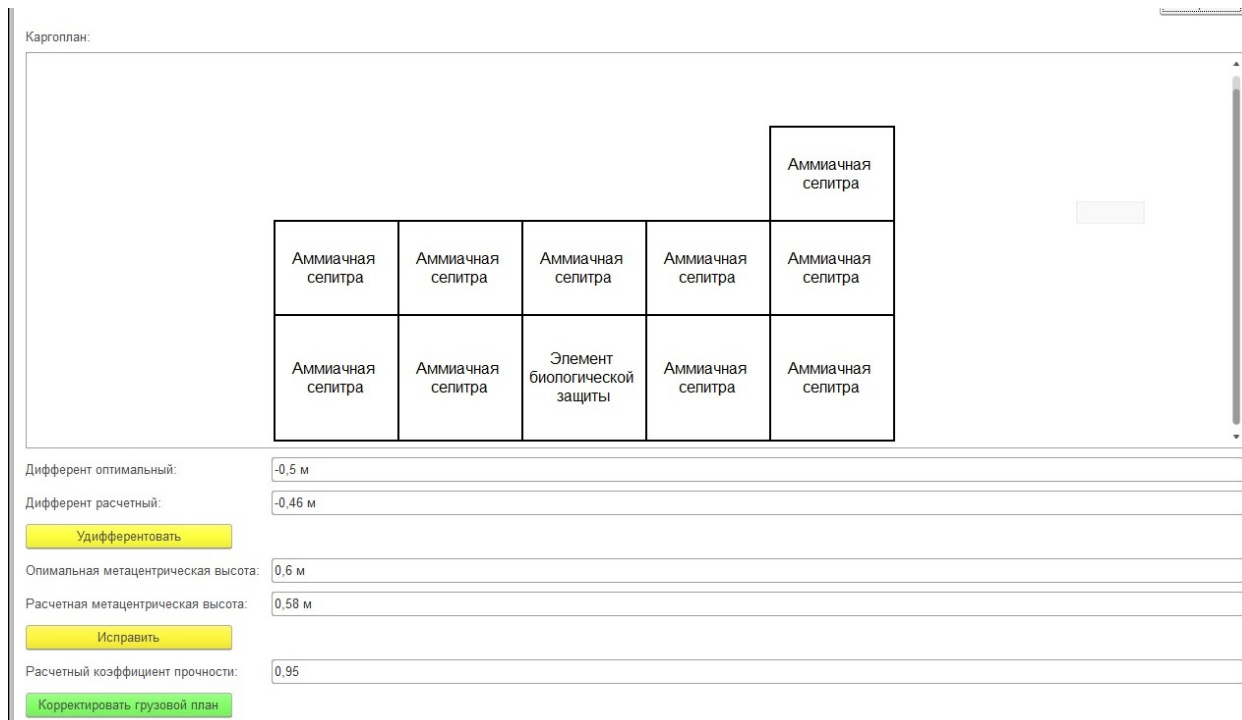


Рис. 5. Результати оптимального розташування вантажів: діалогове вікно (скріншот російською мовою)

## 6. Висновки

В результаті теоретичних досліджень розроблено аналітичну модель функціонування суховантажного судна для транспортування радіоактивних вантажів, в основу якої покладено інформаційну підтримку та принципи управління завантаженістю. Для чого у статті:

1) проаналізовано проектну ситуацію щодо визначення геометричних розмірів модуля біологічного захисту та його ефективного розташування у трюмі суховантажного судна;

2) розроблено нову інформаційну систему, яка дає змогу формувати та додавати інформацію про вантаж, судно та умови рейсу; розраховувати і корегува-

ти вантажний план судна; визначати та перевіряти метацентричну висоту і диферент судна; формувати звіт з результатами розрахунків;

3) в основу математичної моделі і проектування інформаційної системи покладено класичну задачу про ранець, для реалізації якої застосовано генетичний алгоритм; за цільову функцію обрано мінімізацію сталійного часу з граничними умовами у вигляді функцій перевірки за критеріями міцності і завантаження;

4) реалізацію моделі розглянуто на прикладі суховантажного судна серії Beluga для випадку одночасного транспортування уранового рудного концентрату і аміачної селітри.

## Література

1. Кельтон В. Д., Лоу А. М. Имитационное моделирование. Классика CS. Санкт-Петербург: Питер; Киев: Издательская группа ВНУ, 2004. 847 с.
2. Вентцель Е. С. Теория вероятностей: учебник. Москва: Наука, 1969. 576 с.
3. Некрасов В. А., Панкова О. В. Модель функционирования судна, работающего в режиме последовательных рейсов // Збірник наукових праць НУК. 2009. № 1 (424). С. 57–69.
4. Микоша Н. Н. Имитационная модель транспортирования грузов траповым судном // Збірник наукових праць НУК. 2009. № 1 (424). С. 61–65.
5. Панкова О. В., Некрасов В. А. Особенности эксплуатации судов в режиме последовательных рейсов // Науковий вісник ХДМІ. 2010. № 1 (2). С. 50–55.
6. Гайчєня А. В. Формирование исходных данных компьютерной грузовой программы судна Гайчєня // Водный транспорт. 2014. № 2. С. 49–55.

7. Грешилов А. А. Математические методы принятия решений. Москва: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2014. 647 с.
8. Жилин П. А. Рациональная механика сплошных сред. Санкт-Петербург: Изд-во политехн. ун-та, 2012. 584 с.
9. Keller H., Pfershy U., Pisinger D. Knapsack Problems. Heidelberg: Springer Verlag, 2004. 546 p. doi: 10.1007/978-3-540-24777-7
10. Колпаков Р. М., Посыпкин М. А. Верхняя и нижняя оценки трудоемкости метода ветвей и границы для задачи о ранце. Труды ИСА РАН, 2008. Т. 32. С. 137–158.
11. Снопков В. И. Перевозка грузов морем: справочное пособие. Москва: Транспорт, 1986. 312 с.
12. Основні типи рідкометалевих родовищ і рудопроявів західної частини Кіровоградського блоку [Текст] / Іванов Б. Н. та ін. // Збірник наукових праць УкрДГРІ. Київ: УкрД-ГРІ, 2002. С. 101–107.
13. Казимиренко Ю. А. Перспективные материалы, способы и технологические направления формирования конструкций биологической защиты судов и плавучих сооружений для радиоактивных грузов // Proceedings of Azerbaijan State Marine Academy. 2017. № 2. С. 39–44.
14. Zhu W., Lim A. A new iterative-doubling Greedy–Lookahead algorithm for the single container loading problem. European Journal of Operational Research. 2012. Vol. 222, Issue 3. P. 408–417. doi: 10.1016/j.ejor.2012.04.036
15. Лазарев В. Н., Юношева Н. В. Проектирование конструкций судового корпуса и вопросы прочности судов: учебник. Ленинград: Судостроение, 1989. 320 с.
16. Сеттер Р. В. Изучаем Java на примерах и задачах. Москва: Наука и техника, 2016. 240 с.

*Рекомендовано до публікації д-р техн. наук*

*К. В. Кошкін*

*Дата надходження рукопису 21.12.2017*

**Казимиренко Юлія Олексіївна**, кандидат технічних наук, доцент, кафедра інформаційних управляючих систем та технологій, Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова, пр. Героїв України, 9, м. Миколаїв, Україна, 54025  
E-mail: u.a.kazimirenko@gmail.com