

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ КОРАБЛЕБУДУВАННЯ
імені адмірала Макарова

НГУЕН ГУЙ ХОАНГ

УДК 629.541.4

**ВИЗНАЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНИХ ГОЛОВНИХ ЕЛЕМЕНТІВ
ШВИДКОХІДНОГО ПАСАЖИРСЬКОГО СУДНА**

Спеціальність 05.08.03 – Конструювання та будування суден

АВТОРЕФЕРАТ
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Миколаїв – 2014

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана в Національному університеті кораблебудування (НУК) імені адмірала Макарова Міністерства освіти і науки України.

Науковий керівник – доктор технічних наук, професор
Нєкрасов Валерій Олександрович,
Національний університет кораблебудування
імені адмірала Макарова,
завідувач кафедри теорії та проектування
суден.

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор
Дихта Леонід Михайлович,
Чорноморський державний університет
імені Петра Могили,
завідувач кафедри прикладної та вищої
математики;

кандидат технічних наук, доцент
Давидов Ігор Пилипович,
Одеська національна морська академія,
доцент кафедри теорії та устрою судна.

Захист відбудеться " 24 " листопада 2014 р. о 14⁰⁰ годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 38.060.02 Національного університету кораблебудування імені адмірала Макарова за адресою: 54025, м. Миколаїв, проспект Героїв Сталінграда, 9, ауд. 360.

З дисертацією можна ознайомитися в бібліотеці Національного університету кораблебудування імені адмірала Макарова за адресою: 54025, м. Миколаїв, проспект Героїв Сталінграда, 9.

Автореферат розісланий " 23 " жовтня 2014 р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради,
доктор технічних наук, професор

Коростильов Л.І.

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність дослідження. В даний час пасажирські судна України та В'єтнаму в основному є морально і фізично застарілими. Тому оновлення пасажирського флоту новими швидкохідними судами відіграє важливу роль у забезпеченні потреб цих країн у морських і річкових пасажирських перевезеннях.

За статистичними даними за останні 20 років в загальному числі побудованих швидкохідних пасажирських суден лідирують два архітектурно-конструктивних типа – однокорпусні судна і катамарани. Однокорпусні судна, завдяки своїй простій конструкції, недорогій вартості споруди, простоті та ефективності обслуговування в портах і на лініях, займають значну нішу в забезпеченні світових пасажирських та автомобільно - пасажирських перевезень і в певних їхніх областях успішно конкурують з іншими типами суден та іншими видами транспорту. У цих же областях транспортних перевезень пасажирський флот України та В'єтнаму повинен бути оновлений і поповнений новими однокорпусними швидкохідними пасажирськими суднами (ОШПС).

Проектування ОШПС у порівнянні з традиційними водотоннажними суднами ускладнюється із-за неоднозначності і складності гідродинамічних процесів, що мають місце при зростанні швидкості ходу, обумовлюючим зміну режимів плавання – від водотоннажного до перехідного і, далі, – до глісирування. На вибір розрахункового режиму руху істотно впливають погодні умови району експлуатації і вирішення проблеми ефективності перевезень в цьому районі. Тому для забезпечення ефективності, надійності і комфортності майбутнього ОШПС необхідно спільне рішення внутрішньої і зовнішньої задачі його проектування. Однією з найважливіших задач проектування такого судна є визначення його оптимальних головних елементів. Отримання оптимального проекту судна з безлічі можливих варіантів ґрунтується на положеннях системного аналізу і застосуванні засобів обчислювальної техніки, використанні нової методології оптимізації рішення задачі проектування судна.

В даний час практично відсутні систематичні дослідження і прикладні програми, присвячені формулюванню і вирішенню завдання визначення оптимальних головних елементів однокорпусних швидкохідних пасажирських суден на початкових стадіях проектування з урахуванням випадкових умов експлуатації та оперативної спроможності суден.

У зв'язку з цим **актуальність теми** дисертації визначається:

- необхідністю оновлення пасажирських флотів в Україні та В'єтнамі новими швидкохідними суднами;
- недостатністю систематичних досліджень, присвячених постановці та вирішенню задачі вибору оптимальних головних елементів однокорпусних швидкохідних пасажирських суден на основі рішення задач їх функціонування;
- відсутністю оцінки ефективності ОШПС, що працюють з простими і складними рейсами в умовах ринкової економіки за рахунок ретельного обліку випадковості факторів експлуатації при їх проектуванні;
- відсутністю прикладних програм, які на початкових етапах проектування давали б можливість визначати основні елементи ОШПС, орієнтуючи процес

проектування на досягнення найбільшої ймовірності виконання цими суднами основних функціональних операцій, найбільшої технічної досконалості і найбільшої ефективності експлуатації.

Таким чином, підвищення ефективності ОШПС за допомогою розробки науково обґрунтованих методів визначення їх головних елементів є важливою науковою задачею, яка має велике практичне значення в суднобудуванні.

Наукове значення результатів дисертаційної роботи полягає в тому, що формулювання і рішення узагальненої задачі функціонування, вибір критерію ефективності та розробка методу пошуку характеристик оптимального проекту однокорпусного швидкохідного пасажирського судна є актуальними невирішеними проблемами сучасної теорії проектування суден.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертація виконана відповідно до "Концепції розвитку транспортно-дорожнього комплексу України на середньостроковий період до 2020 року", державною програмою "Розвиток морської економіки та суднобудування В'єтнаму", в рамках науково-дослідної роботи "Створення систем автоматизованого проектування сучасних суден В'єтнаму".

Дисертація включає результати досліджень, які отримані при виконанні прикладних держбюджетних науково-дослідних робіт "Рішення сучасних проблем функціонування суден" (№ ДР 0103U001795) та "Розробка методики оцінки параметричної надійності судна на початкових етапах його проектування" (№ ДР 0111U002319) Міністерства освіти і науки України, де здобувач брав участь як виконавець.

Об'єктом дослідження є вдосконалення методів вибору оптимальних головних елементів і характеристик ОШПС.

Предметом дослідження є головні елементи ОШПС, які визначаються на основі максимізації комбінації показників функціональної та економічної ефективності.

Метою дисертаційної роботи є розробка методу визначення оптимальних головних елементів і характеристик ОШПС на початкових стадіях його проектування.

Основні задачі наукового дослідження. Для досягнення поставленої мети необхідно розв'язати наступні задачі:

1. Визначити стан швидкохідного пасажирського флоту України, В'єтнаму та світу і створити базу даних по сучасним однокорпусним швидкохідним пасажирським суднам з отриманням відповідних статистичних залежностей.

2. Розробити модель функціонування ОШПС, що працює з простими і складними рейсами і підібрати метод розв'язку задач функціонування, орієнтований на визначення показників ефективності виконання судном сукупності основних функціональних операцій.

3. Розробити економічну модель ОШПС, в якій визначаються його економічні показники.

4. Розробити модель технічних і морехідних якостей ОШПС.

5. Сформулювати і розв'язати оптимізаційну задачу визначення головних елементів і характеристик ОШПС.

6. Розробити комплекс прикладних програм визначення головних елементів ОШПС на початкових стадіях проектування.

Методи дослідження. Задачі функціонування судна і визначення його ефективності сформульовані і вирішені за допомогою апарату теорії марківських процесів, теорії масового обслуговування та методів імітаційного моделювання. Задача вибору оптимальних основних елементів і характеристик судна вирішена за допомогою методів нелінійного програмування та теорії оптимізації. Для оцінки похибки обчислень використані методи теорії похибок.

Дисертаційна робота ґрунтується на працях вітчизняних та закордонних вчених в області теорії корабля, теорії проектування суден, зокрема оптимізаційного проектування. Велике наукове і практичне значення в цих галузях мають роботи В. В. Ашика, А. В. Броннікова, М. М. Бунькова, А. В. Бондаренко, А. М. Ваганова, А. Н. Вашедченко, А. И. Гайковича, Л. М. Дихти, И. Т. Егорова, В. И. Краєва, Б. З. Леві, А. Г. Ляховицького, В. О. Некрасова, В. М. Пашина, Ю. М. Садовникова, Г. В. Соболева, В. П. Соколова, О. І. Соломенцева, Б. А. Царьова, О. М. Faltinsen, I. Grubisic, D. Radojicic, K. J. Rawson, D. Savitsky та інших.

На захист виносяться основні результати роботи – сукупність теоретичних, методичних і практичних питань, пов'язаних із задачею визначення основних елементів і характеристик однокорпусного швидкохідного пасажирського судна, які викладені у висновках відповідних розділів.

Наукова новизна полягає в наступному:

1. На основі обробки бази даних по сучасним однокорпусним швидкохідним пасажирським суднам довжиною до 70 м, пасажиромісткістю до 1000 чол., швидкістю руху 25...45 вуз, кількістю ярусів надбудов до 3, дальністю плавання до 500 миль уперше побудована сукупність регресійних рівнянь, яка дозволяє здійснювати наближені оцінки основних елементів таких суден на початкових стадіях їх проектування.

2. Вперше створені і обґрунтовані за ознаками подальшого ефективного розв'язку задач функціонування ОШПС моделі його інженерних, морехідних і економічних якостей. Ці моделі побудовані на основі розроблених методів розрахунку навантаження мас і їх координат центру ваги, площі і плеча парусності, площ приміщень і палуб, а також методів оцінки остійності судна у водотоннажному і неводотоннажному режимах плавання. Вони визначають його міцність, непотоплюваність і комфортність, враховують матеріал корпусу, варіанти розміщення пасажирів в залежності від кількості ярусів надбудов, вплив погодних умов району плавання, особливості економіки побудови і експлуатації судна.

3. Вперше за допомогою теорії масового обслуговування розроблена узагальнена модель функціонування групи ОШПС, працюючих з простими і складними рейсами на регулярній лінії за заданим розкладом щодня або в певні дні, яка враховує стохастичні умови експлуатації ОШПС.

4. Вперше розроблено метод оцінки ефективності і надійності цих суден на проміжках часу їх продуктивного використання і життєвого періоду, за допомогою методів імітаційного моделювання розв'язано сукупність стохастичних задач функціонування групи ОШПС.

5. За допомогою використання комбінації методів нелінійного програмування та імітаційного моделювання вдосконалено метод оптимізації основних елементів і характеристик ОШПС, який при використанні на початкових стадіях проектування забезпечує підвищення їх ефективності та надійності.

Практична значимість роботи:

– розроблена методика може бути використана на етапах розробки техніко-експлуатаційних вимог та техніко-експлуатаційних обґрунтувань сучасних ОШПС, а також для визначення основних елементів та характеристик суден цього типу на початкових стадіях їх проектування;

– розроблений комплекс прикладних програм "Optimization of the Main Elements of High Speed Passenger Ship – OMEHSPS" забезпечує проведення дослідження ефективності ОШПС і отримання рішення конкретної задачі вибору основних характеристик ОШПС на початкових стадіях його проектування;

– результати розрахунків, які виконані за допомогою цього комплексу програм, можуть бути використані в проектно-конструкторських і науково-дослідних організаціях для обґрунтування вибору проектних характеристик ОШПС і вибору найбільш ефективних варіантів перспективного ОШПС.

Впровадження результатів дисертації. Розроблена методика визначення головних елементів швидкохідного пасажирського судна і комплекс програм "ОМЕHSPS" впроваджено і використано в порядку дослідної експлуатації на ТОВ "АЛА", ПП "Торола Дизайн Групп", у навчальному процесі НУК (м. Миколаїв, Україна), а також в "Науковому і технологічному інституті В'єтнаму" (м. Ханой, В'єтнам).

Особиста участь здобувача. Дисертаційна робота є закінченим комплексним дослідженням. Всі теоретичні та практичні результати дисертації було отримано здобувачем особисто.

У наукових працях, опублікованих у співавторстві, автору належать наступні результати: [1] – розроблені формули для визначення кількості перевезених пасажирів і тривалості прямого складного рейсу швидкохідних пасажирських суден з урахуванням стохастичних факторів; [8] – сформулювало і розв'язано оптимізаційну задачу вибору головних розмірів однокорпусного швидкохідного пасажирського судна.

Апробація роботи. Результати дисертаційної роботи доповідались і одержали позитивну оцінку на Всеукраїнських науково-технічних конференціях з міжнародною участю "Сучасні технології проектування, побудови, експлуатації і ремонту суден, морських технічних засобів і інженерних споруд" (Україна, м. Миколаїв, НУК, 23-25 травня 2012 р., 23-24 травня 2013 р.), III Міжнародній науково-технічній конференції "Інновації в суднобудуванні та океанотехніка" (Україна, м. Миколаїв, НУК, 4-6 жовтня 2012 р.), V Міжнародній науково-практичній конференції "Сучасні інформаційні та інноваційні технології на транспорті" (Україна, м. Херсон, ХДМА, 28-30 травня 2013 р.), Міжнародній науково-практичній конференції "Современные проблемы и пути их решения в науке, транспорте, производстве и образовании '2013'" (Україна, м. Одеса, 18-29 червня 2013 р.), IV Міжнародній науково-технічній конференції "Інновації в

суднобудуванні та океанотехніка" (Україна, м. Миколаїв, НУК, 9-11 жовтня 2013 р.), Міжнародній науково-практичній конференції "Научные исследования и их практическое применение. Современное состояние и пути развития '2013'" (Росія, м. Иваново, 1-12 жовтня 2013 р.), Міжнародній науково-практичній конференції "Современные направления теоретических и прикладных исследований '2014'" (Росія, м. Иваново, 18-30 березня 2014 р.), Всеукраїнській науково-технічній конференції "Сучасні технології проектування, побудови, експлуатації і ремонту суден, морських технічних засобів і інженерних споруд" (Україна, м. Миколаїв, НУК, 21-23 травня 2014 р.).

Публікації. За темою дисертаційної роботи опубліковано 20 наукових праць, з них 6 статей [2-7] без співавторів та 2 статті [1,8] у співавторстві в збірниках наукових праць, що рекомендуються Переліком ДАК України; 1 стаття [9] в іноземному науковому журналі В'єтнаму "The transport journal"; 11 матеріалів та тез доповідей (7 міжнародних та 4 всеукраїнських) конференцій [10-20] без співавторів.

Структура та обсяг дисертації. Дисертація складається з вступу, п'яти розділів, висновку, списку використаних джерел літератури й чотирьох доповнень. Дисертація містить 155 сторінок основного тексту матеріалу, 70 малюнків, 8 таблиць, 147 найменувань літературних джерел. Обсяг додатків складає 50 сторінок.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обґрунтовано актуальність теми дисертації, визначено мету й задачі дослідження, показано наукову новизну та практичну значимість роботи, наведено положення, що виносяться на захист.

У першому розділі розглянуто сучасний стан та перспективи розвитку швидкохідних пасажирських суден, проаналізовано умови розвитку та необхідність оновлення пасажирського флоту в Україні і В'єтнамі.

На основі створеної здобувачем бази даних по характеристиках 60 проектів сучасних однокорпусних швидкохідних пасажирських суден, побудованих в різних регіонах світу, було проведено аналіз їх основних елементів і характеристик, в результаті якого отримано ряд наступних регресійних рівнянь:

$$L = 2,812(N_{\text{пас}})^{0,442}; L_{\text{пп}} = 0,982L - 0,589; L_p = 1,081L - 0,467;$$

$$L_{\text{нб}} = 1,1236L + 0,113 \text{ або } L_{\text{нб}} = 3,402(N_{\text{пас}})^{0,422} \text{ або } L_{\text{нб}} = 0,142N_{\text{пас}} + 9,914 \text{ при}$$

$$N_{\text{яр}} = 1; L_{\text{нб}} = 0,044N_{\text{пас}} + 22,51 \text{ при } N_{\text{яр}} = 2; L_{\text{нб}} = 0,039N_{\text{пас}} + 33,09 \text{ при } N_{\text{яр}} = 3;$$

$$B_{\text{нб}} = 1,432B - 1,475 \text{ або } B_{\text{нб}} = 1,476(N_{\text{пас}})^{0,283} \text{ або } B_{\text{нб}} = 0,018N_{\text{пас}} + 3,493 \text{ при}$$

$$N_{\text{яр}} = 1; B_{\text{нб}} = 0,006N_{\text{пас}} + 5,318 \text{ при } N_{\text{яр}} = 2; B_{\text{нб}} = 0,002N_{\text{пас}} + 8,120 \text{ при } N_{\text{яр}} = 3;$$

$$H = 0,973(N_{\text{пас}})^{0,172}; T = 0,381(N_{\text{пас}})^{0,206}; L_{\text{нб}} / B_{\text{нб}} = 5,806(Fr_{\nabla})^{0,22};$$

$$B_{\text{нб}} / T = 8,712(Fr_{\nabla})^{0,36}; H/T = 3,259(Fr_{\nabla})^{0,26}; \Delta = 0,45N_{\text{пас}} - 1,694;$$

$$DWT = 0,719\Delta + 2,928; P_{\text{пор}} = 0,280\Delta - 2,928; GT = 0,123L_{\text{нб}}B_{\text{нб}}HN_{\text{яр}} + 36,24;$$

$$NT = 0,823GT - 91,79; \sum N_e = \frac{v_s^3 \Delta^{2/3}}{1000} + 793,6; N_{\text{ек}} = \text{округлення}(2,710e^{0,002N_{\text{пас}}}),$$

де $N_{\text{пас}}$ – пасажиромісткість судна, чол.; L – довжина судна по конструктивній ватерлінії (КВЛ), м; $L_{\text{нб}}$ – довжина судна найбільша, м; $L_{\text{пп}}$ – довжина судна між перпендикулярами, м; L_p – довжина судна "по скуле", м; $B_{\text{нб}}$ – ширина судна найбільша, м; B – ширина судна по КВЛ, м; H – висота борту, м; T – осадка судна, м; Fr_v – число Фруда за об'ємною водотоннажністю; $N_{\text{яр}}$ – кількість ярусів надбудов судна, шт.; v_s – експлуатаційна швидкість судна, вуз; Δ – водотоннажність судна, т; DWT – дедвейт судна, т; $P_{\text{пор}}$ – маса судна порожнем, т; $N_{\text{ек}}$ – кількість членів екіпажу, чол.; GT – валова місткість судна, м³; NT – чиста місткість судна, м³; $\sum N_e$ – потужність головних двигунів, кВт.

Ці формули можуть бути використані як для визначення основних елементів і характеристик ОШПС в першому наближенні при грубій оцінці головних розмірів, так і для формування початкової точки пошуку оптимальних значень елементів судна цього типу в оптимізаційній задачі проектування.

За результатами виконаного огляду наукової літератури і узагальнення досвіду проектування і експлуатації ОШПС сформульовані питання, що потребують подальшого дослідження, поставлені основні завдання дисертаційної роботи.

У цьому розділі також викладена постановка оптимізаційної задачі визначення головних елементів ОШПС. При постановці цього завдання обґрунтовується використання стохастичних уявлень, які дають можливість враховувати імовірнісний характер явищ, які супроводжують створення та експлуатацію судна. Тому в якості цільової функції задачі пошуку оптимальних характеристик ОШПС було використано спеціалізований критерій "вартість-ефективність", запропонований у вигляді

$$F(X, U) = \Pi_E = [\Pi_{\text{ж.ц.}}]I_E,$$

де Π_E – загальний показник ефективності судна; $[\Pi_{\text{ж.ц.}}]$ – математичне сподівання прибутку від експлуатації судна за його життєвий цикл або показник економічної ефективності судна; I_E – показник функціональної ефективності судна, який визначається ймовірністю виконання швидкохідним пасажирським судном сукупності своїх основних функціональних операцій.

У другому розділі розроблені модель функціонування і економічна модель судна.

Модель функціонування судна. В якості сценарію використання ОШПС вибирається умовно регулярний простий і складний круговий рейс, який представлений на рис. 1.

Згідно з рис. 1, до складу основних задач функціонування швидкохідного пасажирського судна входять: посадка пасажирів на судно в портах; перевезення їх між портами і висадка пасажирів в портах.

Під час кругового рейсу судно потрапляє в різні аварійні ситуації, що завершуються або аварійним ремонтом або загибеллю як судна, так і пасажирів. Аварії укрупнено поділяються на такі типи: зіткнення з іншим судном; посадка на мілину; пожежа і вибух; інші типи (перекидання, дефект корпусу і так далі).

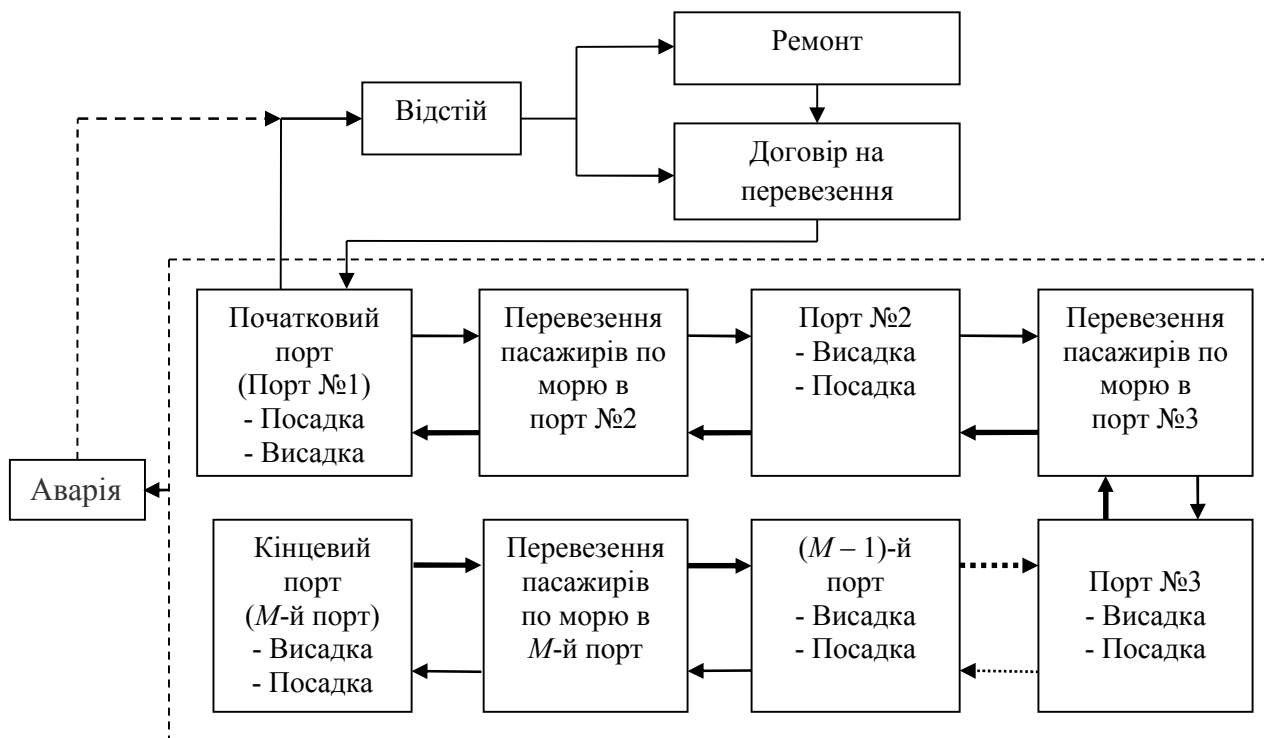


Рис. 1 – Схема основних операцій кругового рейсу судна

Посадку, висадку і перевезення пасажирів необхідно виконувати в задані терміни і забезпечувати можливість доставки максимальної кількості пасажирів з найбільшою надійністю.

Таким чином, показник функціональної ефективності I_E виконання задач функціонування швидкохідним пасажирським судном визначається формулою

$$I_E = \prod_{i=1}^4 p_i ,$$

де p_1 – ймовірність виходу суден в рейс залежить від погодних умов у момент початку рейсу; p_2 – ймовірність виконання рейсу, яка визначається ймовірністю безаварійної експлуатації суден; p_3 – ймовірність обслуговування пасажиропотоку, яка формулюється в залежності від пасажиропотоку, пасажиромісткості та режиму роботи суден; p_4 – ймовірність прибуття суден без запізнення.

Ймовірність виходу суден в рейс залежить від умови погоди і обчислюється за виразом

$$p_1 = \int_0^{(h_{3\%})_{кр}} f(h_{3\%}) dh_{3\%} ,$$

де $f(h_{3\%})$ – щільність ймовірності висот хвиль 3%-ної забезпеченості довготривалого розподілу характеристик хвилювання в районі обслуговування судна; $(h_{3\%})_{кр}$ – максимальна висота хвилі режиму хвилювання, при якому допускається виконання операцій посадки, перевезення та висадки пасажирів.

Ймовірність виконання рейсу визначається формулою

$$p_2 = p_{по} p_{пе} p_{ви} ,$$

де $p_{\text{по}}$, $p_{\text{пе}}$, $p_{\text{ви}}$ – відповідно ймовірність виконання операції посадки, висадки і перевезення пасажирів.

Значення $p_{\text{по}}$, $p_{\text{пе}}$, $p_{\text{ви}}$ розраховуються по залежностях:

$$p_{\text{по}} = \prod_{i=1}^M p_{i,\text{по}} = \prod_{i=1}^M (1 - p_{i,\text{по}}^{\text{зітк}} - p_{i,\text{по}}^{\text{міл}} - p_{i,\text{по}}^{\text{пож}} - p_{i,\text{по}}^{\text{ін}});$$

$$p_{\text{пе}} = \prod_{i=1}^{M-1} p_{i,\text{пе}} = \prod_{i=1}^{M-1} (1 - p_{i,\text{пе}}^{\text{зітк}} - p_{i,\text{пе}}^{\text{міл}} - p_{i,\text{пе}}^{\text{пож}} - p_{i,\text{пе}}^{\text{ін}});$$

$$p_{\text{ви}} = \prod_{i=1}^M p_{i,\text{ви}} = \prod_{i=1}^M (1 - p_{i,\text{ви}}^{\text{зітк}} - p_{i,\text{ви}}^{\text{міл}} - p_{i,\text{ви}}^{\text{пож}} - p_{i,\text{ви}}^{\text{ін}}),$$

де $p_{i,\text{по}}$, $p_{i,\text{ви}}$, $p_{i,\text{пе}}$ – відповідно ймовірність виконання операції посадки, висадки пасажирів в i -му порту і перевезення пасажирів між i -м та $(i+1)$ -м портами; $p_{i,\text{по}}^{\text{зітк}}$, $p_{i,\text{по}}^{\text{міл}}$, $p_{i,\text{по}}^{\text{пож}}$, $p_{i,\text{по}}^{\text{ін}}$ – відповідно ймовірність аварії від зіткнення з іншими судами, від посадки на мілину, пожежі та інших причин при посадці пасажирів в i -му порту; $p_{i,\text{пе}}^{\text{зітк}}$, $p_{i,\text{пе}}^{\text{міл}}$, $p_{i,\text{пе}}^{\text{пож}}$, $p_{i,\text{пе}}^{\text{ін}}$ – відповідно ймовірність аварії від зіткнення з іншими судами, від посадки на мілину, пожежі та інших причин при перевезенні пасажирів між i -м та $(i+1)$ -м портами; $p_{i,\text{ви}}^{\text{зітк}}$, $p_{i,\text{ви}}^{\text{міл}}$, $p_{i,\text{ви}}^{\text{пож}}$, $p_{i,\text{ви}}^{\text{ін}}$ – відповідно ймовірність аварії від зіткнення з іншими судами, від посадки на мілину, пожежі та інших причин при висадці пасажирів в i -му порту. Ці ймовірності знаходяться за статистичними даними про аварії суден у розглянутому районі їх експлуатації.

Передбачається, що N представляє групу однокорпусних швидкохідних пасажирських суден, які перевозять пасажирів за визначеним розкладом. Кількість прибуття пасажирів на причал і тимчасові інтервали між їх надходженнями, кількість пасажирів, що ввійшли і вийшли в порту, а також час обслуговування пасажирів є випадковими величинами. Пасажири, які прибули на посадку, коли на суднах не залишається вільних місць, чекають наступні рейси. Тому система N суден може розглядатися згідно теорії масового обслуговування як багатоканальна система обслуговування без обмежень на час очікування. Вхідний потік вимог – пасажиропотік, що підкоряється закону Пуассона. Число каналів обслуговування – число суден. Моменти обслуговування – моменти приходу суден у порт. Час обслуговування – інтервал між послідовними прибуттями суден у порти.

У зв'язку з цим ймовірність обслуговування пасажиропотоку визначається відношенням кількості перевезених пасажирів $N^{\text{пере}}$ до кількості вимог $N^{\text{вим}}$ за життєвий період судна:

$$p_3 = N^{\text{пере}} / N^{\text{вим}}.$$

Ймовірність прибуття суден без запізнення обчислюється за формулою:

$$p_4 = \int_0^{t_{0,5p\text{max}}} f(t_{0,5p}) dt_{0,5p},$$

де $t_{0,5p\text{max}}$ – максимальна допустима величина тривалості полурейсу $t_{0,5p}$, год.;

$f(t_{0,5p})$ – щільність ймовірності випадкової величини $t_{0,5p}$.

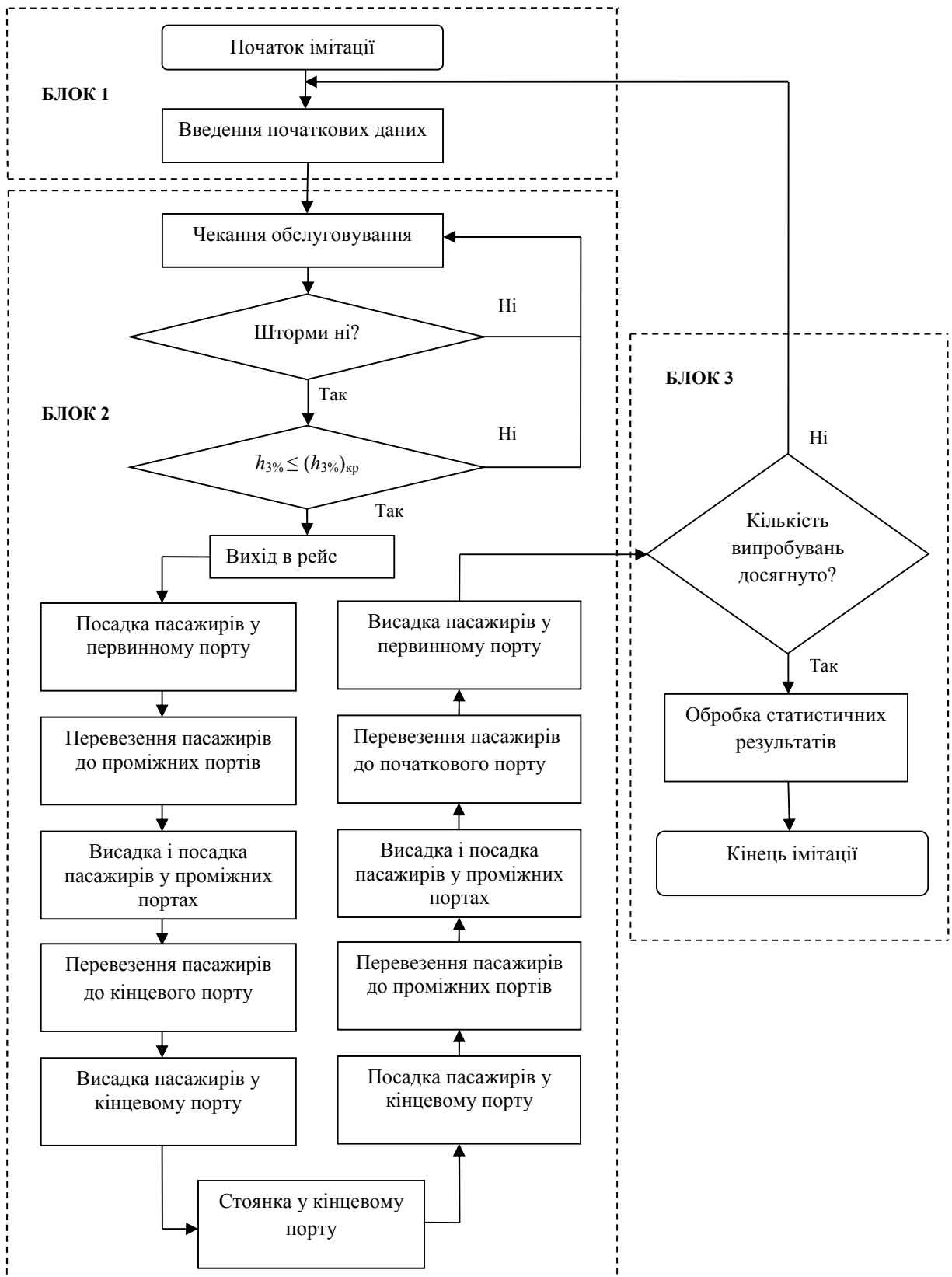


Рис. 2 – Схема імітаційного моделювання етапів рейсу ОШПС

Випадкова величина тривалості полурејсу визначається як сума випадкових величин часу посадки $t^{по}$, висадки $t^{ви}$ пасажирів, ходового часу між портами t^x і часу маневру $t^{мн}$ в одному напрямку рейсу, тобто $t_{0,5p} = t^{по} + t^{ви} + t^x + t^{мн}$. Час,

необхідний для переходу судна між портами визначається за формулою: $t^x = S_i / \bar{v}_i$, де \bar{v}_i – середня швидкість руху судна, S_i – відстань між i -м та $(i+1)$ -м портами.

Для обчислення ймовірних характеристик p_1, p_3, p_4 був використаний метод імітаційного моделювання.

Схема імітаційного моделювання етапів рейсу представлена на рис. 2. Ця схема складається з 3 блоків.

Блок 1 – блок "початкових даних", в якому моделюються погодні умови в районі експлуатації (швидкість вітру, висота хвилі 3-відсоткової забезпеченості і тривалість шторму), статистичні дані по аваріям та ін.

Блок 2 – блок "моделювання рейсу", в якому проводиться перевірка на можливість виходу судна в рейс за погодними умовами. Якщо морехідність судна дозволяє виконувати рейс, то моделюються пасажиропотік, кількість прибулих пасажирів на причали, процес вибору пасажирів з черги на обслуговування, процес посадки пасажирів на судно, перевезення пасажирів між портами, висадки пасажирів з судна, а також час маневру, час стоянки судна в кінцевому порту та ін. В іншому випадку судно чекає поліпшення погоди. Процес повторюється до тих пір, поки не закінчиться задане число випробувань.

Блок 3 – блок "вихідних даних", в якому виконується статистична обробка результатів моделювання і визначаються імовірнісні характеристики даних випадкових величин, серед яких: середній час простоїв, середній час перевезень пасажирів у рейсі, середня тривалість рейсу, середня кількість перевезених пасажирів за рейс та ін.

Алгоритм визначення кількості перевезених пасажирів за рейс $N_p^{\text{пере}}$ та тривалості рейсу t_p . Умовно позначаються: $N_{i,j}$ – кількість пасажирів, які прибули між послідовним моментами обслуговування в i -й порт на j -й рейс; $N_{i,j}^{\text{вн}}$ – кількість пасажирів, що вийшли у i -му порту з j -го рейсу; $t_{i,j}^{\text{мн}}$ – час маневру (час підходу до причалу, часу швартування, часу відходу і т.д.) у i -му порту при j -му рейсі.

Прийнято припущення, що випадкові величини $N_{i,j}, N_{i,j}^{\text{вн}}$ підкоряються розподілу Пуассона, а $t_{i,j}^{\text{мн}}$ – нормальному розподілу, при якому кількість пасажирів, що увійшли $N_{i,j}^{\text{вб}}$, кількість пасажирів в черзі у i -му порту $N_{i,j}^{\text{чеп}}$, кількість вільних місць на судні в момент приходу до причалу i -го порту $N_{i,j}^{\text{впл}}$ для j -го рейсу, також час посадки, висадки пасажирів і ходовий час у прямому напрямку рейсу визначаються відповідними співвідношеннями.

- У порту №1:

$$N_{1,j}^{\text{вб}} = \min(N_{1,j} + N_{1,j-1}^{\text{чеп}}; N_{\text{пас}});$$

$$N_{1,j}^{\text{чеп}} = \max(N_{1,j} + N_{1,j-1}^{\text{чеп}} - N_{\text{пас}}; 0); N_{1,j}^{\text{впл}} = \max(N_{\text{пас}} - N_{1,j} - N_{1,j-1}^{\text{чеп}}; 0),$$

де $N_{1,j-1}^{\text{чеп}}$ – кількість пасажирів в черзі від попереднього рейсу, чол.

Час посадки пасажирів визначається залежно від кількості пасажирів, що увійшли і «норми» посадки (висадки) A , чол./год.: $t_{1,j}^{yB} = N_{1,j}^{yB} / A$.

Ходовий час судна при перевезенні пасажирів від порту №1 до порту №2 обчислюється за формулою: $t_{1,j}^x = S_1 / \overline{v_1}$.

- У i -х портах, $i = 2 \dots M-1$:

$$N_{i,j}^{yB} = \min(N_{i-1,j}^{вiл} + N_{i,j}^{вi} ; N_{i,j-1}^{чep} + N_{i,j});$$

$$N_{i,j}^{чep} = \max(N_{i,j-1}^{чep} + N_{i,j} - N_{i-1,j}^{вiл} - N_{i,j}^{вi} ; 0); N_{i,j}^{вiл} = \max(N_{i-1,j}^{вiл} + N_{i,j}^{вi} - N_{i,j-1}^{чep} - N_{i,j}; 0),$$

де $N_{i-1,j}^{вiл}$ – кількість вільних місць в момент приходу до причалу i -го порту, чол.;

$N_{i,j-1}^{чep}$ – кількість пасажирів в черзі від попереднього рейсу, чол.

Час посадки, висадки пасажирів і ходовий час відповідно розраховуються по залежностях: $t_{i,j}^{yB} = N_{i,j}^{yB} / A$; $t_{i,j}^{вi} = N_{i,j}^{вi} / A$; $t_{i,j}^x = S_i / \overline{v_i}$.

- У M -му порту:

У цьому порту всі пасажирів, що залишилися на судні від посадок в попередніх портах, виходять, тому час висадки пасажирів визначається за виразом:

$$t_{M,j}^{вi} = \left(\sum_{i=1}^{M-1} N_{i,j}^{yB} - \sum_{i=2}^{M-1} N_{i,j}^{вi} \right) / A.$$

У зворотному напрямку кількість пасажирів, що увійшли, кількість пасажирів в черзі, кількість вільних місць на судні в момент приходу до порту, час посадки, висадки пасажирів і ходовий час визначаються аналогічно прямому напрямку. Після того як величини обох напрямків підсумовуються виходить кількість перевезених пасажирів за рейс і тривалість рейсу.

Економічна модель. У цій моделі розраховуються сукупності витрат на будову і експлуатацію, також сукупний дохід і прибуток від експлуатації за життєвий період судна.

Випадкова величина вартості побудови судна розраховується за формулою

$$C_{п} = C_{кор} + C_{ey} + C_{ел} + C_{уст} + C_{доп} + C_{р},$$

де $C_{кор}$, C_{ey} , $C_{ел}$, $C_{уст}$, $C_{доп}$ и $C_{р}$ – відповідно витрати на створення корпусу і надбудови судна, енергетичної установки, електричної установки, устаткування, допоміжних систем і виконання робіт по будівництву.

Вартість проектування $C_{пр} = (0,05 \dots 0,10) C_{п}$.

Витрати на утилізацію $C_{у} = q_{у} D_{пор}$, де $q_{у}$ – вартість 1 тони водотоннажності судна порожнем – $D_{пор}$.

Експлуатаційні витрати судна за життєвий період знаходяться за формулою

$$C_{ек} = C_{пере} + C_{пост},$$

де $C_{пере}$ – перемінні витрати; $C_{пост}$ – постійні витрати.

Перемінні експлуатаційні витрати включають в себе наступні складові:

$$C_{пере} = C_{пор} + C_{пал} + C_{мас},$$

де $C_{пор}$ – витрати у порту; $C_{пал}$ – витрати на паливо; $C_{мас}$ – витрати на мастило.

Постійні експлуатаційні витрати включають в себе наступні складові:

$$C_{пост} = C_{екiп} + C_{рем} + C_{стра} + C_{амор} + C_{адм},$$

де $C_{екіп}$ – витрати на утримання екіпажу; $C_{рем}$ – витрати на ремонт і постачання; $C_{стра}$ – витрати на страхування; $C_{амор}$ – амортизаційні витрати; $C_{адм}$ – адміністративно-управлінські, берегові витрати.

Сукупність витрат на експлуатацію на проміжку часу, рівному життєвому періоду, визначається за виразом

$$P_{ж.ц.} = C_{ек} + C_y + C_{кр},$$

де $C_{кр}$ – ставки за кредитами, що видаються банком (якщо пропонується брати в банку кредити на придбання судна).

Ставки по кредитах за весь період кредитування обчислюється за формулою

$$C_{кр} = C_{0кр} T_{кр} K_{кр},$$

де $C_{0кр}$ – кредити, що видаються банком; $T_{кр}$ – строк кредитування, років; $K_{кр}$ – річна процентна вставка по кредитах, %.

Сукупний дохід і прибуток від експлуатації за життєвий цикл розраховуються за формулами

$$P_{ж.ц.} = D_{ж.ц.} - R_{ж.ц.}; D_{ж.ц.} = D_{рейс} N_{р.ж.}; D_{рейс} = \left(\sum_i^M \sum_k^M n_{ik} S_{ik} \right) N_p^{пере} C_0;$$

$$n_{ik} = 0 \text{ и } S_{ik} = 0 \text{ при } i = k,$$

де $D_{рейс}$ – отриманий дохід за рейс; $N_{р.ж.}$ – число виконаних рейсів суднами протягом життєвого циклу; M – число портів; n_{ik} – відсоток перевезених пасажирів за рейс суднами від i -го порту до k -го порту; S_{ik} – відстань між i -м та $(i+1)$ -м портами; C_0 – базова вартість проїзду, дол./чол.милю.

У третьому розділі розроблена модель інженерних і морехідних якостей судна, в якій наведені алгоритми розрахунку потужності енергетичної установки, місткості, навантаження мас, центру ваги і центру величини судна, а також остійності, непотоплюваності, комфортності і міцності судна.

- *Розрахунок потужності енергетичної установки*

Повний опір руху судна R , кН складається з наступних компонентів:

$$R = R_{CW} + R_{AP} + R_{AA} + R_{AW},$$

де R_{CW} – опір голого корпусу судна на тихій воді, кН; R_{AP} – опір виступаючих частин, кН; R_{AA} – опір повітря, кН; R_{AW} – додатковий опір судна на хвилюванні, кН.

Опір голого корпусу судна на тихій воді визначається за допомогою емпіричного методу D. Radojčić. Додатковий опір руху судна на хвилюванні обчислюється за допомогою наближених формул D. Savitsky.

Необхідна розрахункова потужність головного двигуна, кВт

$$N_e = \frac{0,514 R v_s}{Z_p \eta_p \eta_k \eta_v \eta_{ред}},$$

де η_p – коефіцієнт корисної дії (ККД) рушіїв; η_k – коефіцієнт впливу корпусу; η_v – ККД валопроводів, $\eta_{ред}$ – ККД редукторів; Z_p – кількість двигунів.

- *Розрахунок місткості судна*

Забезпечення місткості пасажирського ОШПС виконується шляхом розв'язку рівняння місткості у формі необхідних площ:

$$S_{\Pi} = \sum_{i=1}^n S_{\Pi i}, \text{ м}^2,$$

де S_{Π} – необхідна сумарна площа приміщень, м^2 ; $S_{\Pi i}$ – необхідна площа i -го приміщення, м^2 ; n – кількість розміщуваних приміщень на судні. Значення S_i обчислюються на основі обробки статистичних даних по ОШПС в залежності від його розмірів і числа ярусів надбудови.

- *Розрахунок навантаження мас судна*

Навантаження мас судна представлено водотоннажністю порожнем і дедвейтом:

$$\Delta = P_{\text{пор}} + DWT.$$

Водотоннажність порожнем судна $P_{\text{пор}}$ розраховується за виразом

$$P_{\text{пор}} = P_{\text{кор}} + P_{\text{еу}} + P_{\text{ел}} + P_{\text{ео}} + P_{\text{дс}} + P_{\text{об}} + P_{\text{спц}} + P_{\text{зв}},$$

де $P_{\text{кор}}$ – маса корпусу та надбудов, т; $P_{\text{еу}}$ – маса енергетичної установки, т; $P_{\text{ел}}$ – маса електричної системи, т; $P_{\text{ео}}$ – маса електронного обладнання, т; $P_{\text{дс}}$ – маса допоміжних систем, т; $P_{\text{об}}$ – маса обладнання, т; $P_{\text{спц}}$ – маса спеціальних систем, т; $P_{\text{зв}}$ – запас водотоннажності, т. Ці складові навантаження водотоннажності порожнем судна визначаються за регресійним залежностям з урахуванням матеріалу корпусу і надбудов судна, а також району його плавання.

Дедвейт судна обчислюється за формулою

$$DWT = P_{\text{пас}} + P_{\text{ек}} + P_{\text{пал}} + P_{\text{вод}} + P_{\text{про}},$$

де $P_{\text{пас}}$, $P_{\text{ек}}$, $P_{\text{пал}}$, $P_{\text{вод}}$, $P_{\text{про}}$ відповідно є маси пасажирів з багажем, екіпажу, палива, води і провізії, які визначаються за Правилами санітарії.

- *Розрахунок центру ваги і центру величини судна*

Координати центру ваги судна знаходяться за відомими формулами:

$$x_g = \sum_i P_i x_{gi} / \Delta; \quad z_g = \sum_i P_i z_{gi} / \Delta,$$

де P_i , x_{gi} , z_{gi} – відповідно маси складових навантаження, абсциси від транця і аплікати їх центру ваги. Координати центру ваги складових навантаження розраховуються залежно від загального розташування судна, у тому числі від кількості ярусів надбудов та варіанта розміщення пасажирів (на палубах або на другому дні і палубах).

Абсциса від транця і апліката центру величини судна обчислюється в результаті обробки статистичних даних ОШПС або за формулою В.Л. Поздюніна, м:

$$x_c = 0,384 L_{\text{нб}} + 0,157 \text{ або } x_c = 0,457 L - 0,154;$$

$$z_c = 0,694 T - 0,023 \text{ або } z_c = C_w T / (C_b + C_w),$$

де C_b – коефіцієнт загальної повноти судна; C_w – коефіцієнт повноти площі ватерлінії.

- *Розрахунок остійності судна*

Визначення характеристик остійності високошвидкісного пасажирського судна при малих і великих кутах крену виконано за методами теорії корабля з використанням параметричної моделі його корпусу. Для оцінки остійності ОШПС в дисертаційній роботі використані такі формули:

– критерію погоди, параметрів діаграми статистичної остійності, а також кута крену від скупчення пасажирів на верхній палубі у одного борта $\theta_{\text{пас}}$, які відповідають вимогам чинних Правил Класифікаційного товариства;

– початкової метацентричної висоти судна, яка обчислюється по залежності $h_{\text{displ}} = z_c + r - z_g$, де r – поперечний метацентричний радіус судна, м, може бути представлений у вигляді $r_1 = aB^2 / T$, тут $a_2 = C_w^2 / (11,8C_b)$;

– виправленої метацентричної висоти судна в неводотоннажному режимі h_{semi} , м, яка визначається за методикою Єгорова І. Т. та інших;

– кута крену на циркуляції в неводотоннажному режимі, який розраховується за методикою Г. В. Соболева;

– кута крену на тихій воді від дії бічного вітру в неводотоннажному режимі, який визначається формулою

$$\theta_B = \frac{p_v A'_v z'_v}{\Delta h_{\text{semi}}},$$

де $p_v = 500(v_w/26)^2$ – тиск постійного вітру, Па; v_w – швидкість вітру, м/с, відповідна найгіршим передбачуваним умовам; A'_v – площа парусності при швидкості судна v , м²; z'_v – плече парусності, м. Значення A'_v і z'_v знаходяться в результаті розрахунку ходовості і обробки статистичних даних ОШПС залежно від розмірів, швидкості, кута диференту судна, також варіанта розміщення пасажирів і числа ярусів надбудови судна.

- *Оцінка непотоплюваності судна*

На основі обробки статистичних даних по ОШПС отримані наступні залежності, які мають місце в тому випадку, якщо непотоплюваність цих суден забезпечується відповідно до вимог Класифікаційного товариства:

$$n_{\text{пере}} = \text{ОкругленняВгору}(0,214L_{\text{нб}} - 1,106);$$
$$l_{\text{пас}} = 0,363L_{\text{нб}} + 2,102; H_{\text{гл}} \geq 1,8T,$$

де $n_{\text{пере}}$ – кількість поперечних перебірок, шт; $l_{\text{пас}}$ – довжина пасажирського відсіку в корпусі судна (при розміщенні пасажирів на другому дні), м; $H_{\text{гл}}$ – висота головної палуби, м. Їх використовуються для оцінки непотоплюваності ОШПС на початкових стадіях його проектування.

У подальших стадіях проектування, коли інформація по відсіках і цистернах судна стає повністю відомою, більш деталізована перевірка непотоплюваності ОШПС може бути проведена за імовірнісним індексом поділу на відсіки.

- *Визначення допустимого надводного борту*

Значення мінімально допустимого надводного борту на міделі визначається відповідно до Міжнародної конвенції про вантажну марку морських суден і має наступний вигляд, м:

$$F_{\text{min}} = F_{\text{баз}} k_{C_{bF}} + k_{\text{над}} + k_{H_F},$$

де $F_{\text{баз}}$ – базисний надводний борт, м; $k_{C_{bF}}$ – поправка на коефіцієнт загальної повноти; $k_{\text{над}}$ – поправка на довжину надбудов, м; k_{H_F} – поправка на висоту борта до головної палуби, м.

- *Оцінка комфортності судна*

Для оцінки комфортності пасажирських перевезень в дисертаційній роботі розраховуються:

- вертикальне прискорення із забезпеченістю 1% в центрі ваги судна, визначається по Правилам Норвезького Бюро Верітас;
- період бортової хитавиці $T_\theta = 2c(B/\sqrt{h_{displ}})$, де c – емпіричний коефіцієнт;
- показник MSI (Motion Sickness Incidence) – схильності до "морської хвороби", визначається у відповідності з рекомендаціями О'Нанлон и McCauley.

- *Оцінка міцності судна*

Для оцінки загальної міцності розроблена конструкція типових конструктивних мідель-шпангоутів ОШПС для різних матеріалів корпусу, різних варіантів розміщень пасажирів і кількостей ярусів надбудов судна. Для кожного конструктивного рішення складені формули для критеріїв загальної поздовжньої міцності, відповідні вимогам Правил класифікації та побудови швидкісних суден.

У четвертому розділі здійснене формулювання і складання алгоритму та приведені рішення оптимізаційної задачі вибору головних елементів ОШПС.

Формулювання оптимізаційної задачі (ОЗ). В якості цільової функції задачі оптимізації ОШПС використаний критерій типу "витрати-ефективність" і сама задача сформульована у вигляді:

$$\text{Знайти } F(X,U) = \Pi_E = [P_{\text{ж.п.}}]I_E = [D_{\text{ж.п.}} - P_{\text{ж.п.}}] I_E \rightarrow \max,$$

при одночасному виконанні тривіальних $(x_i)_{\min} \leq x_i \leq (x_i)_{\max}$, $(i = 1, \dots, n)$ і функціональних обмежень $G_j(X,U) \geq A_j$, $(j = 1, \dots, m)$, де $U(u_1, u_2, \dots, u_m)$ – вектор параметрів задачі проектування; $X(x_1, x_2, \dots, x_n)$ – вектор незалежних змінних.

В якості незалежних змінних (вектор X) оптимізаційної задачі проектування ОШПС приймаються

$$X = (x_1 = L, x_2 = B, x_3 = H, x_4 = T, x_5 = C_b, x_6 = v_s).$$

Тривіальними обмеженнями до незалежних змінних в задачі оптимізації ОШПС є:

1. Прийняті допустимі значення незалежних змінних: $15 \leq L \leq 50$ м; $4 \leq B \leq 9$ м; $1,8 \leq H \leq 4,5$ м; $0,7 \leq T \leq 1,7$ м; $0,40 \leq C_b \leq 0,55$; $25 \leq v_k \leq 45$ уз.
2. Вимоги до головних розмірів судна (якщо вони існують), залежать від умов побудови і характеристик району експлуатації.

Система функціональних обмежень в ОЗ проектування ОШПС виражає вимоги до ефективності і безпеки експлуатації, також до комфортності судна. Ці обмеження представлені в табл. 1.

У табл. 1 позначені: N_ϕ – фактична потужність головного двигуна, кВт; S_Π^* – сумарна розташована площа палуб, м²; ДСО – діаграма статичної остійності; $[S_{\theta_{\max}}] = 0,055$ м.рад при $\theta_{\max} \geq 30^\circ$; $[S_{\theta_{\max}}] = 0,055 + 0,001(30 - \theta_{\max})$ м.рад при $15^\circ \leq \theta_{\max} \leq 30^\circ$, тут θ_{\max} – кут крену відповідно максимальному плечу діаграми статичної остійності, град; $S_{\theta_{\max}}$, $S_{30^\circ-40^\circ}$ – площа ДСО відповідно між 0° та θ_{\max} , 30° та 40° , м.рад; σ_{\max} – максимальне нормальне напруження в міделі корпусу, МПа; $[\sigma]$ – допустиме нормальне напруження, МПа; $a_{RMS}^{\text{пав}}$ – середньоквадратичне значення

вертикального прискорення, що діє на пасажирів, m/c^2 ; $[a_{RMS}^{п\text{ас}}]$ – допустиме значення величини $a_{RMS}^{п\text{ас}}$, m/c^2 , визначається за стандартами ISO 2631/3: $[a_{RMS}^{п\text{ас}}] = 0,1g$ при $t_{0,5p} = 0,5$ год.; $[a_{RMS}^{п\text{ас}}] = 0,08g$ при $t_{0,5p} = 1,0$ год.; $[a_{RMS}^{п\text{ас}}] = 0,05g$ при $t_{0,5p} = 2$ год.; $[a_{RMS}^{п\text{ас}}] = 0,03g$ при $t_{0,5p} = 8$ год.; $g = 9,81 m/c^2$ – прискорення вільного падіння.

Таблиця 1 – Функціональні обмеження ОЗ

1. Обмеження виражають вимоги до ефективності експлуатації	
по ходовості	$N_{\phi} \geq N_e$
по плавучості судна	$\varepsilon_1 = (\Delta - \sum P_i) / \Delta \leq 0,01$
по місткості	$S_{\Pi}^* \geq S_{\Pi}$
2. Обмеження виражають вимоги до безпеки експлуатації	
за критерієм погоди	$K_{погод} \geq 1$
за параметрами ДСО	$\theta_{max} \geq 15^\circ$; $S_{30^\circ-40^\circ} \geq 0,03 \text{ м.рад}$; $S_{\theta_{max}} \geq [S_{\theta_{max}}]$
по метацентричній висоті	$h_{semi} \geq 0,15 \text{ м}$
по куту крену $\theta_{п\text{ас}}$	$\theta_{п\text{ас}} \leq 10^\circ$
по куту крену $\theta_{в}$	$\theta_{в} \leq 10^\circ$
по куту крену $\theta_{ц}$	$\theta_{ц} \leq 8^\circ$
за загальним кутом крену	$\theta_{в} + \theta_{ц} \leq 12^\circ$
по непотоплюваності	$H - T \geq F_{min}$; $H_{гл} \geq 1,8T$
по міцності	$k_3 = [\sigma] / \sigma_{max} \geq 1$
3. Обмеження виражають вимоги до комфортності судна	
по вертикальним прискоренням	$a_{RMS}^{п\text{ас}} \leq [a_{RMS}^{п\text{ас}}]$
за величиною MSI	$MSI \leq 10\%$
по плавності бортової качки	$T_{\theta} \geq 6 \text{ с}$

Рішення оптимізаційної задачі. За допомогою розроблених моделей інженерних і морехідних якостей судна побудовано математичну модель ОШПС.

На основі розробленої математичної моделі ОШПС та сформованого за допомогою методів імітаційного моделювання, способу розв'язання стохастичної задачі його функціонування створена укрупнена блок-схема алгоритму рішення оптимізаційної задачі визначення основних елементів ОШПС. Ця схема представлена на рис. 3. Вона складається з трьох блоків: блоку вихідних даних, блоку моделі судна і блоку оптимізації.

У блок початкових даних відповідно до завдання на проектування вносяться технічні дані, економічні дані і дані для оптимізаційної процедури.

У другий блок входять математична модель судна, модель функціонування і економічна модель судна. Тут розв'язується система рівнянь проектування, обчислюються параметри форми корпусу та інші характеристики судна і здійснюється перевірка їх адекватності. У цьому блоці за допомогою методу Монте-Карло обчислюються показник ефективності виконання ОШПС своїх завдань

функціонування та економічний показник судна. В результаті цих обчислень визначається загальний показник ефективності ОШПС.

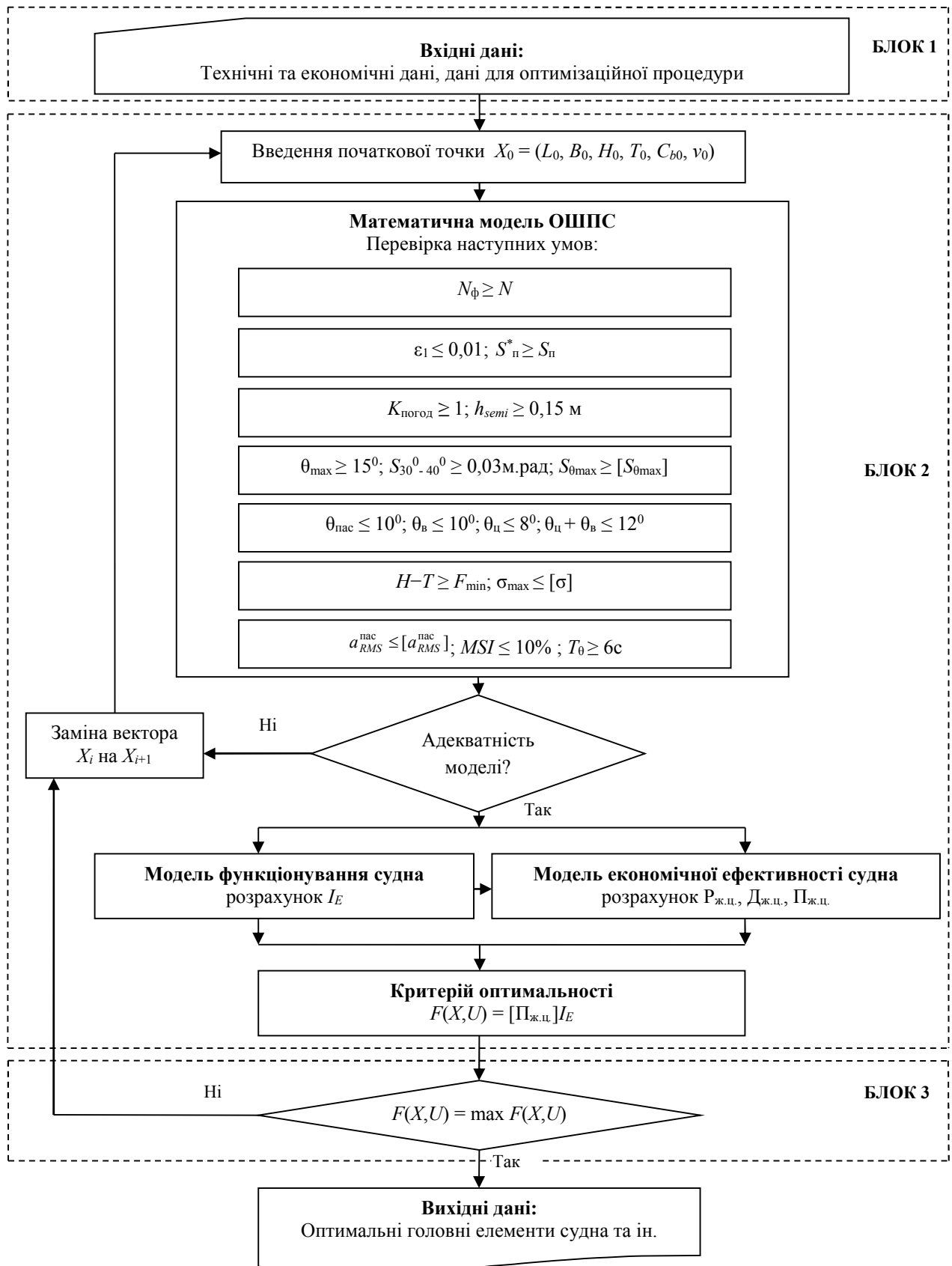


Рис. 3 – Укрупнена блок-схема алгоритму рішення оптимізаційної задачі визначення оптимальних головних елементів ОШПС

Третій блок визначає процедуру оптимізації, відповідно до якої пошук рішення сформульованої задачі здійснюється за допомогою відомого методу Пауелла із застосуванням методу зовнішніх штрафних функцій.

На основі створених алгоритмів визначення основних елементів ОШПС розроблено комплекс програм "ОМЕHSPS", призначений для його практичного використання в сучасних системах автоматизованого проектування суден. Описаний метод оптимізації основних характеристик ОШПС та аналізу поверхні відгуку цільової функції був реалізований на мові програмування Delphi. За допомогою комплексу програм "ОМЕHSPS" можна проводити різноманітні дослідження, які супроводжують процес проектування однокорпусних швидкохідних пасажирських суден, і отримувати результати вирішення конкретних завдань.

У п'ятому розділі наведено результати розв'язання ОЗ визначення основних елементів однокорпусного швидкохідного пасажирського судна. Розглянута лінія в цьому завданні: Дошон - Кат Ба - Бай Чаї.

У процесі виконання ОЗ отримані результати, які представлено в таблиці 2.

Таблиця 2 – Оптимальний варіант судна і близький проект з існуючих

Параметр	Оптимальний варіант	Близький проект з існуючих
L , м	18,48	17,27
B , м	4,42	4,20
T , м	0,94	0,75
H , м	2,08	2,05
C_b	0,442	0,40
v_s , уз	30,92	25
$\sum Ne$, кВт	2x840	2x530
Мореплавність, бал.	3	3
Пасажиромісткість, чол.	67	49
$N_{яp}$, шт.	1	1
Площа палуби, м ²	78,51	67,23
Площа пасажирського салону, м ²	31,65	26,92
Кут зовнішньої кілеватості β_Θ , град.	18,32	15,60
Середня кількість перевезених пасажирів за рейс $\bar{N}_p^{перe}$, чол.	232	196
Δ , т	34,82	22,52
P_1	0,67	0,67
P_2	0,98	0,98
P_3	0,83	0,70
P_4	1,0	1,0
$П_E$, млн. \$	5,689	3,393

У додатках наведені: база даних за характеристиками сучасних однокорпусних швидкохідних пасажирських суден, алгоритм і коди оптимізації комплексу програм "ОМЕНСПС", приклад вирішення задачі оптимізації головних елементів ОШПС за допомогою комплексу програм "ОМЕНСПС" і акти про впровадження результатів дисертації.

ОСНОВНІ РЕЗУЛЬТАТИ І ВИСНОВКИ

Дисертаційна робота присвячена вирішенню актуальної задачі – підвищення техніко-економічної ефективності створення та експлуатації сучасних однокорпусних швидкохідних пасажирських суден, призначених для поповнення пасажирських флотів України та В'єтнаму.

Основні результати дисертаційної роботи:

1. На основі обробки за допомогою апроксимаційних методів бази даних характеристик сучасних однокорпусних швидкохідних пасажирських суден з найбільшою довжиною корпусу до 70 м, пасажиромісткістю до 1000 чол., швидкістю руху 25 ... 45 вуз., кількість ярусів надбудов до 3, дальністю плавання до 500 миль побудована сукупність регресійних рівнянь, що дозволяє здійснювати оцінку значень основних елементів таких суден на початкових стадіях їх проектування.

2. Створені і обґрунтовані за ознаками подальшого ефективного розв'язку задач функціонування ОШПС моделі його інженерних, морехідних і економічних якостей. Ці моделі побудовані на основі розроблених методів розрахунку навантаження мас і їх координат центру ваги, площі і плеча парусності, площ приміщень і палуб, а також методів оцінки остійності судна у водотоннажному і неводотоннажному режимах плавання. Вони визначають його міцність, непотоплюваність і комфортність, враховують матеріал корпусу, варіанти розміщення пасажирів в залежності від кількості ярусів надбудов, вплив погодних умов району плавання, особливості економіки побудови і експлуатації судна.

3. Розроблено модель функціонування ОШПС, що працює з простими і складними рейсами на регулярній лінії за заданим розкладом щодня або в певні дні. Реалізована можливість моделювання роботи групи N суден на лінії за різними схемами експлуатації.

4. За допомогою теорії масового обслуговування розроблено загальний метод визначення кількості перевезених пасажирів з урахуванням стохастичних параметрів експлуатації ОШПС, що працює з простими і складними рейсами.

5. За допомогою методу імітаційного моделювання розв'язана сукупність стохастичних задач функціонування ОШПС, що працює з простими і складними рейсами та удосконалено методи оцінки ефективності і надійності цього судна на проміжках часу його продуктивного використання та життєвого періоду.

6. За допомогою використання комбінації методів нелінійного програмування та імітаційного моделювання удосконалено метод оптимізації основних елементів і характеристик ОШПС, який при використанні на початкових стадіях проектування забезпечує підвищення їх ефективності та надійності.

7. За допомогою методів нелінійного програмування та імітаційного моделювання вперше розроблено методику стохастичної оптимізації основних елементів і характеристик ОШПС, яка реалізована в прикладному програмному продукті "OMENSPS".

8. Результати розрахунків, виконаних за допомогою комплексу програм "OMENSPS", можуть бути використані в проектно-конструкторських і науково-дослідних організаціях для обґрунтування вибору проектних характеристик ОШПС і вибору його найбільш ефективних варіантів перспективного ОШПС.

ПЕРЕЛІК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ПО ТЕМІ ДИСЕРТАЦІЇ

В основних наукових фахових виданнях:

1. Нгуен, Г.Х. Определение количества перевезенных пассажиров и продолжительности прямого сложного рейса быстроходного пассажирского судна с учетом стохастических факторов [Текст] / Г.Х. Нгуен, В.А. Некрасов // Збірник наукових праць НУК. – Миколаїв: НУК, 2013. – № 1. – С.27 – 29.

2. Нгуен, Г.Х. Определение нагрузки масс однокорпусных быстроходных пассажирских судов [Текст] / Г.Х. Нгуен // Науковий вісник ХДМА. – Херсон: ХДМА, 2013. – № 2. – С.55 – 60.

3. Нгуен, Г.Х. Определение площади и плеча парусности однокорпусных быстроходных пассажирских судов [Текст] / Г.Х. Нгуен // Збірник наукових праць НУК. – Миколаїв: НУК, 2013. – № 3. – С.20 – 25.

4. Нгуен, Г.Х. Определение характеристик начальной поперечной остойчивости однокорпусных быстроходных судов, эксплуатирующихся в переходном режиме [Текст] / Г.Х. Нгуен // Збірник наукових праць НУК. – Миколаїв: НУК, 2013. – № 2. – С.29 – 31.

5. Нгуен, Г.Х. Определения экономических показателей быстроходных пассажирских судов на начальных этапах проектирования [Текст] / Г.Х. Нгуен // Збірник наукових праць ОНМА "Судовождение". – Одеса: Издательство "Информ", 2013. – Выпуск № 22. – С.164 – 173.

6. Нгуен, Г.Х. Решение задачи функционирования быстроходных пассажирских судов методом имитационного моделирования [Текст] / Г.Х. Нгуен // Научно-виробничний журнал ОНМУ "Проблеми техніки". – Одеса: ОНМУ, 2013. – № 2. – С.146 – 155.

7. Нгуен, Г.Х. Решение оптимизационной задачи определения главных элементов однокорпусного быстроходного пассажирского судна [Электронный ресурс] / Г.Х. Нгуен // Вісник НУК. – Миколаїв: НУК, 2013. – №3. – Режим доступ: <http://ev.nuos.edu.ua>.

8. Некрасов, В. О. Определение оптимальных характеристик быстроходного пассажирского судна [Электронный ресурс] / В.О. Некрасов, Г.Х. Нгуен // Вісник НУК. – Миколаїв: НУК, 2012. – №2. – С.23 – 29. – Режим доступ: <http://ev.nuos.edu.ua>.

9. Nguyễn Huy Hoàng. Development of a method to optimize the main elements of a high-speed passenger ship [Текст] / Н.Н. Nguyễn // Научный журнал “The transport journal”. – Ханой, 2013. – №5. – С.34 – 35.

Праці, які додатково відображають наукові результати дисертації:

10. Нгуен, Г.Х. Математическое моделирование сложных рейсов быстроходных пассажирских судов [Текст] / Г.Х. Нгуен // Сучасні інформаційні та інноваційні технології на транспорті (MINTT – 2013): Матеріали п'ятої Міжнародної науково-практичної конференції. – Херсон: ХДМА, 2013. – Том 1. – С.139 – 141.

11. Нгуен, Г.Х. Модель функционирования быстроходных пассажирских судов, работающих с прямыми сложными рейсами [Текст] / Г.Х. Нгуен // Інновації в суднобудуванні та океанотехніці: Матеріали III міжнародної науково-технічної конференції. – Миколаїв: НУК, 2012. – С.130 – 132.

12. Нгуен, Г.Х. Определение вертикальных ускорений на волнении быстроходного пассажирского судна [Текст] / Г.Х. Нгуен // Сучасні технології проектування, побудови, експлуатації і ремонту суден, морських технічних засобів і інженерних споруд: Матеріали Всеукраїнської науково-технічної конференції з міжнародною участю. – Миколаїв: НУК, 2013. – С.182 – 185.

13. Нгуен, Г.Х. Определение общего показателя эффективности быстроходных пассажирских судов [Электронный ресурс] / Г.Х. Нгуен // Сучасні технології проектування, побудови, експлуатації і ремонту суден, морських технічних засобів і інженерних споруд: Матеріали Всеукраїнської науково-технічної конференції. – Миколаїв: НУК, 2014. – Режим доступ: <http://conference.nuos.edu.ua>.

14. Нгуен, Г.Х. Определение площадей палуб и помещений однокорпусных быстроходных пассажирских судов [Текст] / Г.Х. Нгуен // Збірник наукових праць Sworld “Научные исследования и их практическое применение. Современное состояние и пути развития ‘2013’”: Матеріали міжнародної науково-практичної конференції. – Іваново: Маркова АД, 2013. – Випуск 3, Том1. – С.53 – 55.

15. Нгуен, Г.Х. Определение сопротивления движению глиссирующих катеров [Текст] / Г.Х. Нгуен // Сучасні технології проектування, побудови, експлуатації і ремонту суден, морських технічних засобів і інженерних споруд: Матеріали Всеукраїнської науково-технічної конференції з міжнародною участю. – Миколаїв: НУК, 2012. – С.108 – 110.

16. Нгуен, Г.Х. Определение центра тяжести однокорпусных быстроходных пассажирских судов на начальных стадиях проектирования [Электронный ресурс] / Г.Х. Нгуен // Сучасні технології проектування, побудови, експлуатації і ремонту суден, морських технічних засобів і інженерних споруд: Матеріали Всеукраїнської науково-технічної конференції. – Миколаїв: НУК, 2014. – Режим доступ: <http://conference.nuos.edu.ua>.

17. Нгуен, Г.Х. Оценка общей прочности быстроходных однокорпусных пассажирских судов [Текст] / Г.Х. Нгуен // Збірник наукових праць Sworld “Современные проблемы и пути их решения в науке, транспорте, производстве и образовании ‘2013’”: Матеріали міжнародної науково-практичної конференції. – Одеса: Купрієнко, 2013. – Випуск 2, Том 2. – С.45 – 49.

18. Нгуен, Г.Х. Перспективы развития мирового быстроходного пассажирского флота [Текст] / Г.Х. Нгуен // Збірник наукових праць Sworld “Современные направления теоретических и прикладных исследований ‘2014’”: Матеріали міжнародної науково-практичної конференції. – Іваново: Маркова АД, 2014. – Випуск 1, Том 1. – С.38 – 40.

19. Нгуен, Г.Х. Применение метода нелинейного программирования к решению задачи оптимизации главных элементов однокорпусных быстроходных пассажирских судов [Текст] / Г.Х. Нгуен // Збірник наукових праць Sworld “Научные исследования и их практическое применение. Современное состояние и пути развития ‘2013’”: Матеріали міжнародної науково-практичної конференції. – Іваново: Маркова АД, 2014. – Випуск 3, Том 1. – С.46 – 49.

20. Нгуен, Г.Х. Статистический метод выбора главных характеристик однокорпусных быстроходных пассажирских судов [Текст] / Г.Х. Нгуен // Інновації в суднобудуванні та океанотехніці: Матеріали IV міжнародної науково-технічної конференції. – Миколаїв: НУК, 2013. – С.132 – 134.

АНОТАЦІЯ

Нгуен Г. Х. Визначення оптимальних головних елементів швидкохідного пасажирського судна. – На правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.08.03 – конструювання та будування суден. – Національний університет кораблебудування імені адмірала Макарова, Миколаїв, 2014 .

Метою дисертаційної роботи є розробка методу визначення оптимальних головних елементів і характеристик однокорпусного швидкохідного пасажирського судна (ОШПС) на початкових стадіях його проектування.

У дисертації розроблена модель функціонування групи ОШПС і розв'язана сукупність стохастичних задач її функціонування на основі використання теорії масового обслуговування та методу імітаційного моделювання.

Створені та обґрунтовані за ознаками подальшого ефективного розв'язку завдань функціонування ОШПС моделі його інженерних, морехідних і економічних якостей.

За допомогою методів нелінійного програмування та імітаційного моделювання розроблено методику оптимізації основних елементів і характеристик ОШПС, яка реалізована в прикладному програмному продукті "OMENSPS"

Ключові слова: однокорпусне швидкохідне пасажирське судно, оптимізаційна задача, задача функціонування судна, імітаційне моделювання, теорія масового обслуговування, метод Пауелла, штрафна функція.

АННОТАЦИЯ

Нгуен Г. Х. Определение оптимальных главных элементов быстроходного пассажирского судна. – На правах рукописи.

Диссертация на соискание учёной степени кандидата технических наук по специальности 05.08.03 – конструирование и постройка судов. – Национальный университет кораблестроения имени адмирала Макарова, Николаев, 2014.

Целью диссертационной работы является разработка метода определения оптимальных главных элементов и характеристик однокорпусного быстроходного пассажирского судна на начальных стадиях его проектирования.

Для достижения указанной цели в диссертации построена совокупность регрессионных уравнений, построенных на основе обработки созданной базы данных характеристик современных однокорпусных быстроходных пассажирских судов. Таким образом, обеспечена возможность расчёта исходной точки задачи оптимизации главных элементов судов, а также экспресс-оценки основных характеристик таких судов на начальных стадиях их проектирования.

Разработана обобщённая модель функционирования однокорпусного быстроходного пассажирского судна, работающего с простыми и сложными рейсами на регулярной линии по заданному расписанию ежедневно или в определённые дни. С помощью метода имитационного моделирования решена совокупность стохастических задач функционирования судна такого типа и усовершенствованы оценки его эффективности и надёжности.

Разработана экономическая модель однокорпусного быстроходного пассажирского судна, в которой определяются его экономические показатели.

Разработана модель технических и мореходных качеств однокорпусного быстроходного пассажирского судна, в которой содержатся методы расчёта ходкости, нагрузки масс, центровки, вместимости судна, методы оценки остойчивости в водоизмещающем и неводоизмещающих режимах, непотопляемости, комфортности, и прочности с учётом количества ярусов надстроек, варианта размещения пассажиров, погодных условий в районе плавания и материала корпуса судна.

С помощью использования комбинации методов нелинейного программирования и имитационного моделирования разработан метод оптимизации основных элементов и характеристик однокорпусного быстроходного пассажирского судна, который реализован в прикладном программном продукте "OMENSPS".

Результатом выполненных расчётов является численное значение главных элементов судна, при которых обеспечивается его максимальная эффективность, высокий уровень технического совершенства, безопасность и комфортность, а следовательно, и высокая конкурентоспособность.

Ключевые слова: однокорпусное быстроходное пассажирское судно, оптимизационная задача, задача функционирования судна, имитационное моделирование, теория массового обслуживания, метод Пауэлла, штрафная функция.

SUMMARY

Nguyen H. H. Determination of the optimal basic elements of high-speed passenger ship.– Manuscript.

Thesis for the degree of candidate of technical sciences in specialty 05.08.03 – design and construction of ships.– National University of Shipbuilding named after admiral Makarov, Nikolayev, 2014.

The aim of the thesis is to develop a method for determining the optimal main elements and characteristics of a mono-hull high-speed passenger ship (MHPS) in the initial stages of its design.

In the thesis the model of the group MHPS and solved set of stochastic problems of its operation based on the use of queuing theory and simulation method.

Established and justified models engineering, maritime and economic qualities of MHPS on grounds of subsequent effective solving problem of its functioning.

Using the methods of nonlinear programming and simulation optimization technique first developed the basic elements and characteristics MHPS, which is implemented in the application software product "OMEHSPS".

Keywords: Monohull fast passenger ship, an optimization task, task of functioning ship, simulation, queuing theory, Powell's method, the penalty function.

Замовлене. Підписано до друку 21.10.2014. Формат 60x90/16.
Папір офсетний. Друк трафаретний. Гарнітура "Таймс".
Ум. дрку. арк. 1,5. Обл.-вид.арк. 1,0
Наклад 100 прим. Замовлення № 181

Надруковано в друкарні ПП "РАЛ-поліграфія".
54052, м. Миколаїв, пр. Корабелів, 2/2;
тел. (0512) 67-08-28, ел. пошта: gal.print@gmail.com