

ОПТИМІЗАЦІЯ ПАРАМЕТРІВ МОДЕЛІ ВАРТОСТІ ЖИТТЄВОГО ЦИКЛУ СУДНА ПРОГРАМНИМ КОМПЛЕКСОМ IOSO NM

Пізнцалі Л. В., Александровська Н. І.

ВСТУП

Основним завданням управління вартістю життєвого циклу (ЖЦ) судна є не тільки розробка параметричної моделі оцінки вартості ЖЦ судна, а й оптимізація параметрів вартості.

У роботах авторів¹ параметрична модель вартості складної технічної системи, якою є судно, отримала подальший розвиток. Вона відрізняється урахуванням витрат і доходів від утилізації, що дозволяє визначати економічно обґрунтований момент утилізації судна.

Автори зазначають, що натеper особливу актуальність набуває проблема оптимізації параметрів вартості ЖЦ.

У найпростішому випадку задача оптимізації полягає у знаходженні екстремуму (мінімуму або максимуму) дійсної функції шляхом систематичного вибору вхідних значень з дозволеного набору та обчислення значення функції².

Метою багатокритеріальної оптимізації є моделювання вибору, тобто оцінка якості різних варіантів і виявлення переваг між ними на основі їх алгоритмічної обробки відповідно до моделі.

Допустимі рішення формуються на основі інформації про реальну ситуацію і наявних в завданні обмежень, а також на основі досвіду особи, що приймає рішення (ОПР), експертів і консультантів.

Серед методів пошуку оптимальних рішень не існує універсального, придатного для вирішення будь-якої задачі оптимізації. Вибір методу залежить від вихідних даних і переваг ОПР.

¹ Ludmila V. Pizintsali, Nadegda I. Aleksandrovska. Economically Optimum Service Life of the Ship and the Value of its Life Cycle. *Eastern European Scientific Journal*. 2016. Nr. 2 (ISSN 2199-7977). P. 189–192. www.auris-veriag.de. DOI: 10.12851/EESJ201604C06ART01; Пізнцалі Л.В., Шахов А.В. Управление стоимостью жизненного цикла судна: монография. Херсон: ФОП Гринь Д.С. 2016. 124 с. ISBN 978-966-930-100-0.

² Оптимізація – Вікіпедія. URL: <https://uk.wikipedia.org/wiki/Оптимізація>.

Як і методи багатокритеріальної оптимізації, що мають свої переваги і недоліки, програмні системи (MOVI (Multicriteria Optimization and Vector Identification), PFV (Pareto Front Viewer). «ВИБОР-12М», «ДИСО», «СИМОП», «Парето», «СВИРЬ», GAMS (Generalized Algebraic Modeling System), Easy-Opt, ParadisEO-MOEO, IOSO NM та ін.) є більш-менш ефективними для вирішення конкретного завдання оптимізації.

Рішення задач багатокритеріального відбору або пошуку оптимального рішення серед безлічі альтернатив з використанням автоматизованих систем підтримки прийняття рішення передбачає виділення безлічі Парето з вихідної безлічі альтернатив³. При цьому в безліч Парето увійдуть всі варіанти рішення, оптимальні за бінарним відношенням Парето, тобто мають хоча б за одним критерієм максимальне значення і не поступаються іншим рішенням за іншими критеріями.

Багато параметрична оптимізація за допомогою безлічі Парето в порівнянні з широко використовуваними одновимірними потенційними характеристиками систем дає якісно нову інформацію для аналізу проектних рішень.

Від аналогів програмний комплекс IOSO відрізняє те, що внаслідок рішення задачі оптимізації в багатокритеріальній постановці користувач отримує задане їм число Парето оптимальних рішень, рівномірно розподілених у просторі критеріїв.

Програмна система багатокритеріальної оптимізації IOSO NM, що вибрана авторами, повністю задовольняє вимогам до сучасного програмного забезпечення – надійність, безпека, сумісність, зручний інтерфейс тощо).

1. Виникнення передумов проблеми та формулювання проблеми

Актуальність проблеми насамперед визначена тим, що стрімкий розвиток світової економіки в останні десятиліття призвів до значного скорочення ЖЦ складних технічних систем. Аналогічний тренд спостерігається і у основного елемента матеріально-технічної бази водного транспорту – морського і річкового флотів. Так, якщо ще нещодавно багато судноплавних компаній з успіхом експлуатували судна, вік яких складав 30 і більше років, то після кризи 2009 року зустріти на ринку морських перевезень судна

³ Черноруцкий И. Г. Методы принятия решений. Теория принятия решений. Санкт-Петербург : БХВ-Петербург, 2005. 416 с.

старше 10–15 літнього віку досить складно. Головна причина таких змін у політиці судновласників – економічна. За величиною експлуатаційних витрат «старі» судна стають неконкурентоздатними (великі витрати паливно-мастильних матеріалів і чисельність екіпажу, ремонтні витрати та інше).

Сьогодні, при широкому розвитку системного аналізу в теорії і практиці управління, при розробці, конструюванні, експлуатації та ремонту складних, багаторівневих багатокомпонентних штучних систем, якими є засоби водного транспорту – морські судна, виникають проблеми, що належать не тільки до властивостей їх складових частин (елементів, підсистем, зав'язків), а й до закономірностей функціонування судна у цілому – проблеми забезпечення і управління їх ЖЦ. Складність управління ЖЦ полягає у тому, що ним керує велика кількість різних організацій, але принцип їх менеджменту знаходиться у полі загального компромісу, саме тому перехід до управління ЖЦ судна дозволяє знаходити взаємоприйнятні, компромісні рішення.

Основним завданням управління вартістю ЖЦ судна є розробка параметричної моделі оцінки вартості ЖЦ судна та оптимізація параметрів вартості.

Оцінювання вартості ЖЦ судна являє собою процес економічного аналізу сумарної вартості проектування, побудови, експлуатації та ремонту, вартості палива та утилізації судна. Цей аналіз може бути проведений як для ЖЦ судна в цілому, так і для окремих його складників у різних комбінаціях.

Основною метою оцінювання вартості ЖЦ судна має бути отримання вихідних даних для вироблення рішень, що приймаються на всіх або окремих етапах і стадіях життєвого циклу судна. Важливим завданням, розв'язуваної при побудові моделі вартості життєвого циклу судна, є виявлення витрат, здатних надавати найбільш істотний вплив на вартість ЖЦ судна.

Для рішення вищезазначених проблем, на думку авторів, велику актуальність має оптимізація параметрів моделі вартості життєвого циклу судна.

Оптимізаційні задачі використовують з метою мінімізації витрат і максимізації прибутку під час ремонтно-відновлювальних робіт судових технічних засобів; при рішенні зниження ваги деталей суден, дотримуючи при цьому високі вимоги до міцності і надійності; оптимізують технологічні процеси різання корпусу судна під час утилізації для того, щоб домогтися максимальної кількості металобрухту за мінімального впливу на навколишнє середовище та ін.

Автори пропонують використовувати для оптимізації параметрів вартості ЖЦ судна програмний комплекс IOSO NM.

2. Аналіз наукових досліджень і публікацій

Серед основних напрямів дослідження використання програмної системи IOSO NM можуть бути визначені:

– проблеми багатокритеріальної оптимізації за допомогою безліч Парето⁴. Зокрема, в роботі⁵ розглядаються можливості і перспективи багатокритеріальної оцінки параметрів системи за допомогою методів і програмних комплексів багатокритеріальної оптимізації. Вказані сайти, на яких доступні програмні системи для розв'язання багатокритеріальних задач. Розглянуто деякі програми для однокритеріальної оптимізації, які застосовні для оцінки скалярізованої багатокритеріальної задачі; у роботі⁶ дається постановка задачі багатокритеріальної оптимізації, наводиться

⁴ Хабаров Д.С. Обзор программных комплексов многокритериальной оптимизации. *Прикладная информатика*. № 2. 2013. С. 102–112. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/obzor-programmnyh-kompleksov-mnogokriterialnoy-optimizatsii/viewer>. ; Белоус В.В., Грошев С.В., Карпенко А.П., Шибитов И.А. Программные системы для оценки качества Парето-аппроксимации в задаче многокритериальной оптимизации. *Наука и образование: электронный научно-технический журнал. МГТУ им. Н.Э. Баумана*. 2014. С. 300–314; Карпенко А.П., Семенихин А.С., Митина Е.В. Популяционные методы аппроксимации множества Парето в задаче многокритериальной оптимизации. *Наука и образование: электронный научно-технический журнал. МГТУ им. Н. Э. Баумана*. 2012. С. 1–32.; Муратов А.В., Яковлев К.А. Разработка модифицированного эволюционного алгоритма решения задач многокритериальной оптимизации на всех этапах жизненного цикла парка транспортно-технологических машин. *Вестник Воронежского государственного технического университета*. 2010. С. 1–6. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/razrabotka-modifitsirovannogo-evolyutsionnogo-algoritma-resheniya-zadach-mnogokriterialnoy-optimizatsii-na-vseh-etapah-zhiznennogo>; А. Е. Щеляев, М. К. Митрофанов. Задачи оптимизации технических изделий и процессов. *Автоматизация проектирования*. 2009. № 4. С. 78–80.

⁵ Хабаров Д.С. Обзор программных комплексов многокритериальной оптимизации. *Прикладная информатика*. № 2. 2013. С. 102–112. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/obzor-programmnyh-kompleksov-mnogokriterialnoy-optimizatsii/viewer>.

⁶ Белоус В.В., Грошев С.В., Карпенко А.П., Шибитов И.А. Программные системы для оценки качества Парето-аппроксимации в задаче многокритериальной оптимизации. *Наука и образование: электронный научно-технический журнал. МГТУ им. Н. Э. Баумана*. 2014. С. 300–314.

короткий огляд методів вирішення цього завдання на основі її Парето-апроксимації, представляються основні відомі індикатори якості апроксимації. Основним змістом роботи є огляд відомих програмних систем, орієнтованих на вирішення завдання Парето-апроксимації, які реалізують різні алгоритми оцінки якості цієї апроксимації; робота⁷ являє собою огляд чисельних методів наближеної побудови безлічі Парето в задачі багатокритеріальної оптимізації; розглядається п'ять класів методів – «наївні» методи, методи перемикаються цільових функцій, методи агрегації цільових функцій, методи на основі ранжирування агентів популяції, інші методи; у статті⁸ розглядається розробка гібридного еволюційного алгоритму для вирішення задач багатокритеріальної оптимізації на всіх етапах життєвого циклу складних технічних систем; в роботі⁹ розглянуто рішення гідродинамічної задачі в FlowVision НРС за допомогою програмного комплексу багатокритеріальної багато дисциплінарної оптимізації IOSO NM (розробник – компанія «Сигма Технологія»).

– проблеми вибору показників ефективності. Так, у роботі¹⁰ обґрунтовується вибір показника ефективності інформаційної підтримки життєвого циклу корабля. В якості такого показника пропонується використовувати коефіцієнт системної готовності корабля.

Проведений авторами аналіз наукових досліджень і публікацій показав, що параметрична оптимізація параметрів моделі вартості ЖЦ судна з використанням програмного комплексу IOSO NM раніше не проводилася.

⁷ Карпенко А.П., Семенихин А.С., Митина Е.В. Популяционные методы аппроксимации множества Парето в задаче многокритериальной оптимизации. *Наука и образование: электронный научно-технический журнал. МГТУ им. Н. Э. Баумана.* 2012. С. 1–32.

⁸ Муратов А.В., Яковлев К.А. Разработка модифицированного эволюционного алгоритма решения задач многокритериальной оптимизации на всех этапах жизненного цикла парка транспортно-технологических машин. *Вестник Воронежского государственного технического университета.* 2010. С. 1–6. URL:<https://cyberleninka.ru/article/n/razrabotka-modifitsirovannogo-evolyutsionnogo-algoritma-resheniya-zadach-mnogokriterialnoy-optimizatsii-na-vseh-etapah-zhiznennogo>.

⁹ Щеляев А. Е., Митрофанов М. К. Задачи оптимизации технических изделий и процессов. *Автоматизация проектирования.* 2009. № 4. С. 78–80.

¹⁰ Третьяков О.В. Об одном подходе к оценке эффективности информационной поддержки процессов жизненного цикла корабля. *Программы продукты и системы.* № 2 (107). 2014. С. 92–97.

3. Оптимізація параметрів програмним комплексом IOSO NM

Для багатопараметричної оптимізації параметрів моделі вартості ЖЦ судна використовувався програмний комплекс IOSO NM.

IOSO (англ. *Indirect Optimization on the base of Self-Organization*) – програмний комплекс багатокритеріальної оптимізації, що розробила компанія Сігма Технологія.

Програмний комплекс має наступні особливості¹¹:

- висока ефективність вирішення складних багато параметричних завдань, що дозволяє істотно скоротити терміни вирішення цих завдань;

- простота використання процедур оптимізації. Реалізовані адаптивні алгоритми не вимагають попередніх налаштувань і завдання параметрів, що дозволяє їх використовувати фахівцям, що не володіють спеціальними знаннями в теорії оптимізації.

- вирішення багатокритеріальних задач нелінійної оптимізації (10 і більше критеріїв);

- визначення найбільш ефективних рішень щодо сукупності різних критеріїв, включаючи багатоцільове оптимальне управління;

- вирішення завдань багатодисциплінарної оптимізації за рахунок інтеграції в одному проекті різних розрахункових модулів;

- мінімізація необхідної кількості визначень цільової функції (число обчислень по математичній моделі, або проведення експериментів) при пошуку оптимального технічного рішення для реальних об'єктів і систем;

- визначати безпосередньо Парето безліч для складної топології цільових функцій (включаючи неопуклі багато екстремального) без використання загортальних критеріїв;

Структуру програмного комплексу IOSO NM представлено на фото (рис. 1).

Під час розробки проекту будь-якої технічної системи, будь то судовий двигун внутрішнього згорання, морське судно, морська платформа, літак або автомобіль, здійснюється одна і та ж послідовність дій (рис. 2): розробка базової концепції проекту; інтеграція комплексу математичних моделей для розрахунку основних показників ефективності; оцінка безлічі альтернативних варіантів для задоволення вимогам, що пред'являються.

¹¹ Сігма Технологія. Програмный комплекс IOSO NM.
URL:https://www.iosotech.com/ru/ioso_nm.htm.

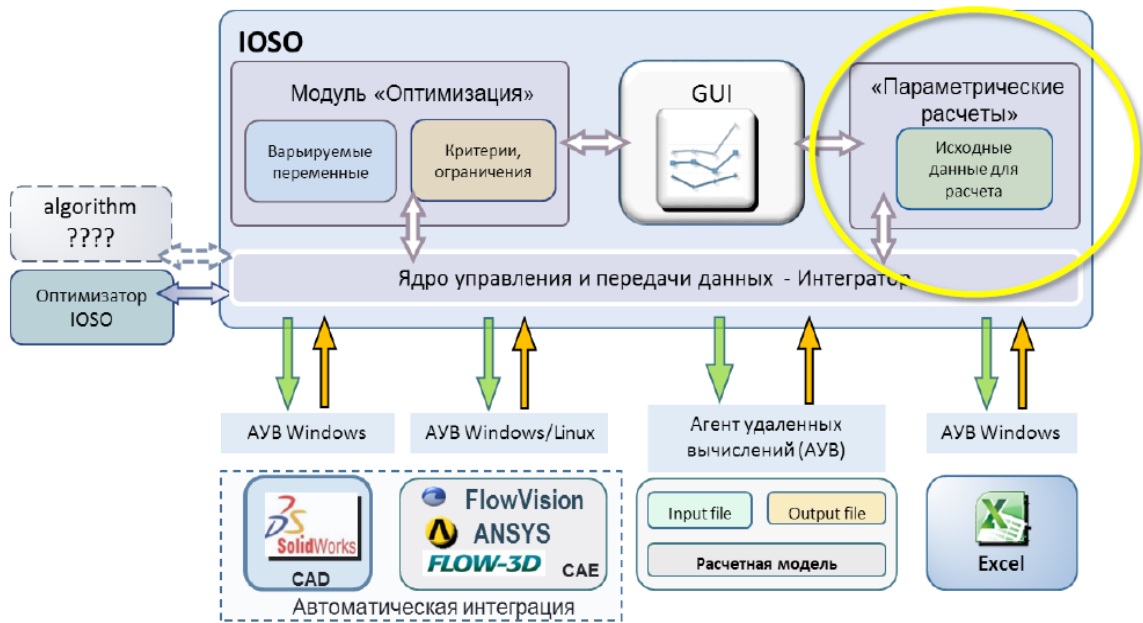


Рис. 1. Фото структури програмного комплексу IOSO NM
Джерело: [11]



Рис. 2. Послідовність дій під час розробки проекту
Джерело: [11]

IOSO NM дозволяє легко здійснювати інтеграцію усіх математичних моделей, що потрібні, в єдиний розрахунковий блок та автоматизувати процес пошуку альтернативних оптимальних технічних рішень проблеми, що розглядаємо. Зручний інтерфейс IOSO NM дозволяє здійснити інтеграцію без написання додаткових програм. Можна сказати, що це перший крок настройки проекту дослідження параметрів моделі вартості судна.

Далі, після налаштування проекту дослідження, призначаються незалежні і залежні змінні, діапазони зміни незалежних перемінних, критерії оптимізації і обмежувальні параметри (рис. 3, 4, 5). Можна сказати, що це другий крок роботи з IOSO NM – постановка задачі оптимізації.

№	ID	Имя	Модель	Формат	Тип	Определение
1	IV1	Сс	Модель Microsoft Excel	34.1	Независимый	35500000<IV1<45500000
2	IV2	Сз	Модель Microsoft Excel	34.1	Независимый	3197810<IV2<6482923
3	IV3	Ст	Модель Microsoft Excel	34.1	Независимый	39251737<IV3<69321663
4	IV4	Ср	Модель Microsoft Excel	34.1	Независимый	13845000<IV4<17745000

Рис. 3. Вхідні параметри та їх обмеження

Третім кроком є сама оптимізація та аналіз результатів. Процес рішення задачі оптимізації вартості судна повністю автоматизовано і не потребує утручання користувача.

Табличні та графічні форми, що представляють результати, дозволяють оперативне аналізувати інформацію про хід рішення та коректувати постановку задачі. Накопичення інформації про рішення дозволяє вирішувати кожну наступну задачу швидше, ніж попередню.

№	ID	Имя	Модель	Критерий	Ограничение	Диапазон
1	RS1	F	Модель Microsoft Excel	Минимизировать	↓	Не ограничивать

Рис. 4. Вихідний параметр

Далі були виконані наступні дії

1. *Завдання горизонтів планування.*

Були задані горизонти планування: 5, 10, 15 років (рис. 5);

2. *Визначення обмежень.*

Використовуючи рівняння регресії (1)¹²:

$$C_C = a_0 + a_1 DW + a_2 N_e - a_3 T, \quad (1)$$

де C_C – вартість судна, \$;

DW – дедвейт, тис. т;

N_e – потужність головної енергетичної установки, МВт;

T – вік судна на момент реалізації;

a_0, a_1, a_2, a_3 – параметри регресивної моделі, визначалися обмеження у вартості судна, відповідно при 5, 10 і 15 роках експлуатації (рис. 5) за допомогою засобів пакету Microsoft Excel.

Наименование параметра	Обознач.	Ед. изм.	Тип	Минимум	Значение	Максимум
Горизонт планирования	DW	лет	статич.	10,00		
Дедвейт	DW	тыс. тонн	статич.	50,00		
Мощность главной СЭУ	Ne	МВт	статич.	15,00		
Возраст судна	Tc	лет	статич.	10,00	5	15
Коэффициенты регрессии	a0	-	статич.	3000000,00		
	a1	-	статич.	800000,00		
	a2	-	статич.	500000,00		
	a3	-	статич.	1000000,00		
Стоимость судна	Cc	\$	-	45500000,00	40500000,00	35500000,00
Коэффициент FS на момент приобретения	FS	-	статич.	0,0	0,10	0,6
Среднее снижение FS за год	DFS	-	статич.	0,02	0,02	0,02
Численность экипажа	Nzk	чел	-	20	24,00	30
Средняя зарплата члена экипажа	Zzk	\$(чел*месц)	динамич.	4000	4000,00	5000
Средний годовой уровень инфляции	I	%	статич.	2		4
Коэффициент дисконтирования	Kd	-	динамич.	1,05	1,10	1,2
Затраты на зарплату экипажа	Czk	\$	-	5893567,234	4441458,69	2907100,49
Прочие эксплуатационные затраты	Csk1	\$	-	5893567,234	444145,67	290710,05
Суммарные эксплуатационные затраты	Cskc	\$	-	6482923,96	4895604,66	3197210,54
Паспортный эффективный расход топлива	Ge	кг/(ВТ*ч)	статич.	0,17	0,20	0,22
Действительный удельный расход топлива	G	кг/(ВТ*ч)	-	0,23	0,31	0,40
Суммарный расход топлива	Gsum	тонн	-	163548,90	222085,13	288840,26
Цена топлива	Ztop	\$/т	-	200,00		
Затраты на горюче-смазочные материалы	Csgm	\$	-	39251737,04	53300431,03	69321663,02
Затраты на текущий ремонт	Ztr	\$	-	11375000,00	10125000,00	8875000,00
Затраты на СЗ и заводские ремонты	Zscz	\$	-	6370000,00	5670000,00	4970000,00
Затраты на ремонт				17745000,00	15795000,00	13845000,00
Затраты на утилизацию				10000000,00	10000000,00	10000000,00
Доходы от утилизации				10000000,00	10000000,00	10000000,00
Целевая функция				108979681,00	114481036,40	121064473,56

Рис. 5. Таблица складу варійованих змінних в MS Excel

Розроблено авторами

Основною проблемою під час багатокритеріальної оптимізації є неоднозначність вибору «оптимального рішення». Під оптимальним рішенням задачі багатокритеріальної оптимізації слід розуміти одне з ефективних (Парето оптимальних) рішень.

¹² Пизинцали Л.В., Шахов А.В. Управление стоимостью жизненного цикла судна : монография. Херсон : ФОП Гринь Д.С. 2016. 124 с. ISBN 978-966-930-100-0.

Для формалізації цієї задачі і записи її на математичній мові потрібно передусім визначити цільові функції.

Цільова функція – функція, що зв’язує мету (змінну, що оптимізується) з керованими змінними в задачі оптимізації. У широкому сенсі цільова функція – це математичний вираз деякого критерію якості одного об’єкту (рішення, процесу і т. д.) в порівнянні з іншим¹³.

Іншими словами, цільова функція – це кількісна міра продуктивності системи та величина, яку ми хочемо мінімізувати або максимізувати: час, прибуток, вартість судна, вартість ремонту, вартість палива. Цільова функція залежить від змінних величин, що варіюються в процесі оптимізації так, щоб отримати оптимальне рішення (рис. 5).

Цільовою функцією (вихідним параметром) при рішенні нашої проблеми (рис. 4) є – модель, вартість ЖЦ судна (2)¹⁴:

$$C_{\Sigma} = C_C + \sum_{t=1}^T \left[\frac{1}{(1+k)^t} \cdot C_E \right] + \sum_{t=1}^T \left[\frac{(1+I_T)^t}{(1+k)^t} \cdot C_T \right] + \sum_{t=1}^T \left[\frac{1}{(1+k)^t} \cdot C_P \right] + \frac{C_U}{(1+k)^T}, \quad (2)$$

де C_C – витрати на проектування та будівництво ЗВТ (судна), його введення в експлуатацію;

C_E – витрати на експлуатацію (вміст екіпажу, страхування, податок на майно, витрати на забезпечення функціонування у період експлуатації);

C_T – витрати на паливно-мастильні матеріали (паливо), що розраховуються з урахуванням власного значення інфляції – ІТ;

C_P – витрати на ремонт, включаючи вартість змінно-запасних частин і ремонтних матеріалів;

C_U – вартість утилізації до моменту виведення судна з експлуатації;

k – коефіцієнт дисконтування;

T – термін ЖЦ судна;

t – поточний рік.

Інтеграцію моделі в платформі IOSO представлено на рис. 6.

¹³ Цільова функція. *Вікіпедія*. URL: <https://uk.wikipedia.org> › wiki ›

¹⁴ Пизинцали Л.В., Шахов А.В. Управление стоимостью жизненного цикла судна: монография. Херсон : ФОП Гринь Д.С. 2016. 124 с. ISBN 978-966-930-100-0.

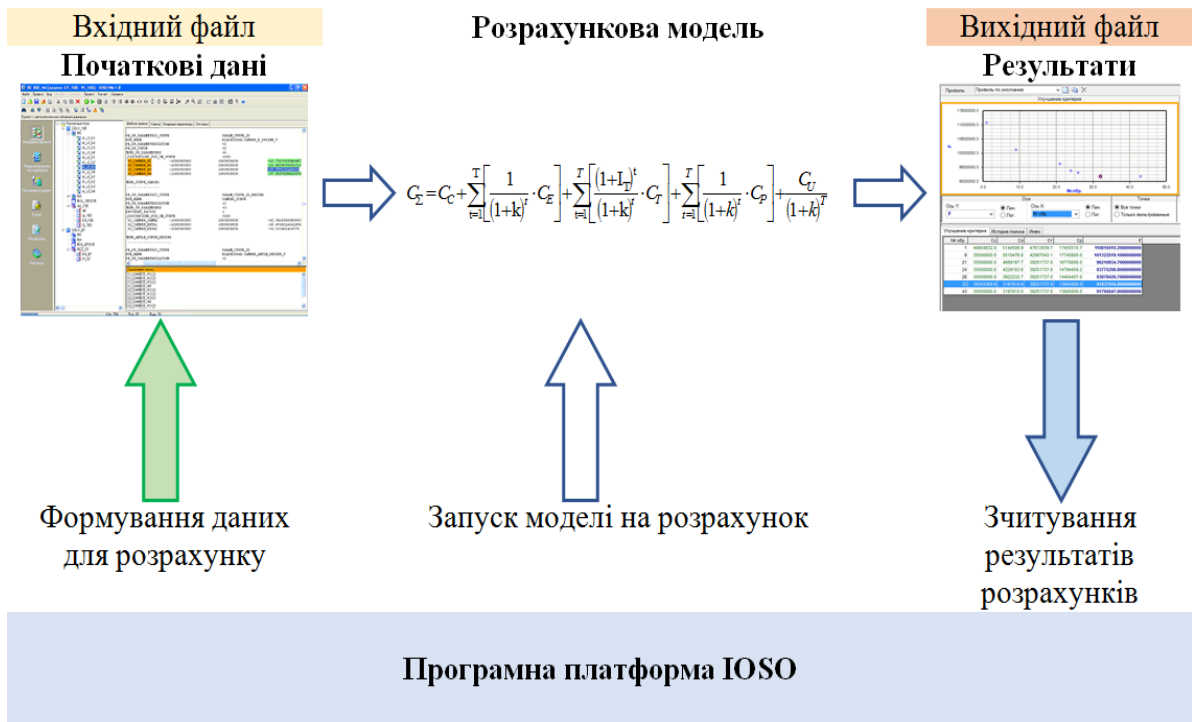


Рис. 6. Інтеграція моделі в платформі IOSO

Розроблено авторами

3. Виконання оптимізації показників ефективності за рахунок варіювання вхідних параметрів.

Задавався склад варійованих змінних, діапазони їх зміни (рис. 5).

4. Проведення моделювання.

При проведенні моделювання виконано 1500 ітерацій.

Оптимізацію параметрів представлено на рис. 7, 8, 9, 10 а результати моделювання на рис. 11.

5. Проведення аналізу отриманих рішень та пошук оптимального рішення.

Таблична і графічна форми представлення результатів оптимізації дозволили провести аналіз отриманих рішень.

Існують принципові труднощі в оцінці двох або більше варіантів, особливо якщо їх оцінювати безумовно. Під час безумовної оптимізації автори визначали краще рішення, а свідомо не вигідні рішення відсіювали. В результаті залишаються непогані рішення, і ми отримуємо безліч – безліч Парето.

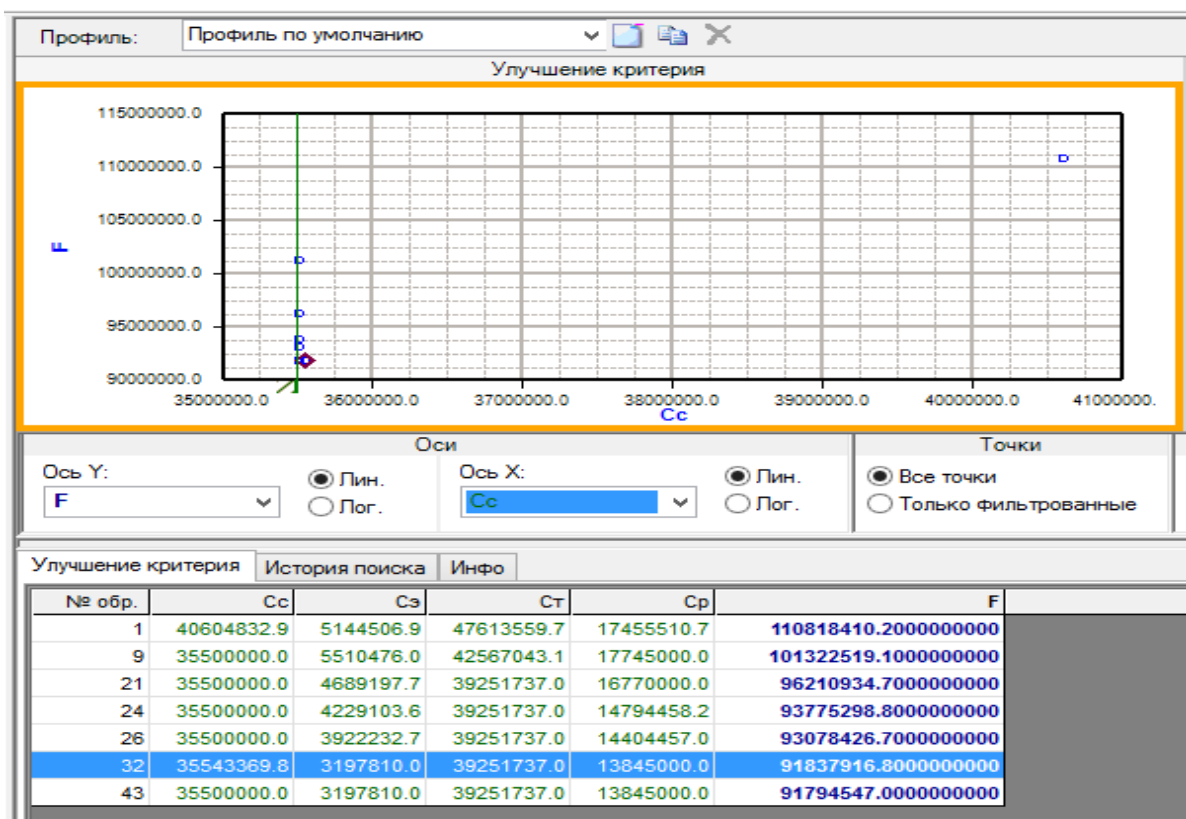


Рис. 7. Оптимізація параметру C_c

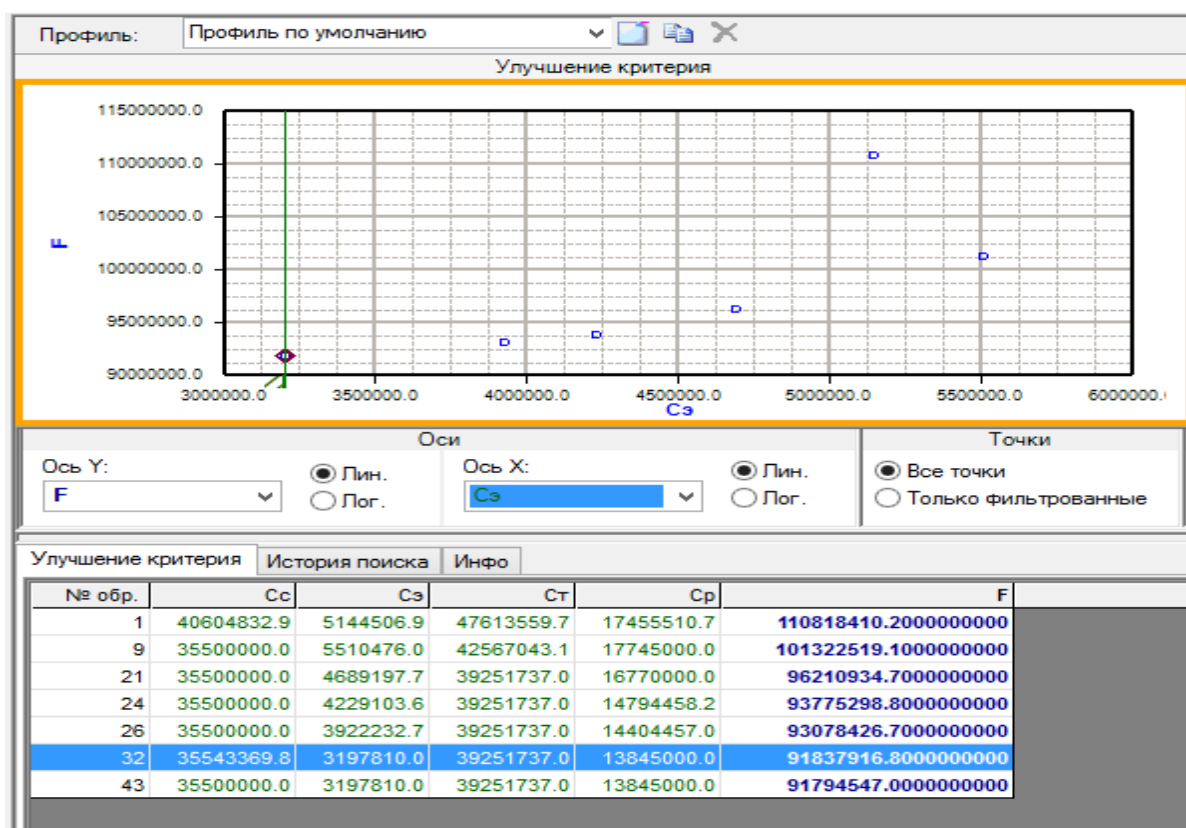


Рис. 8. Оптимізація параметру $C_э$

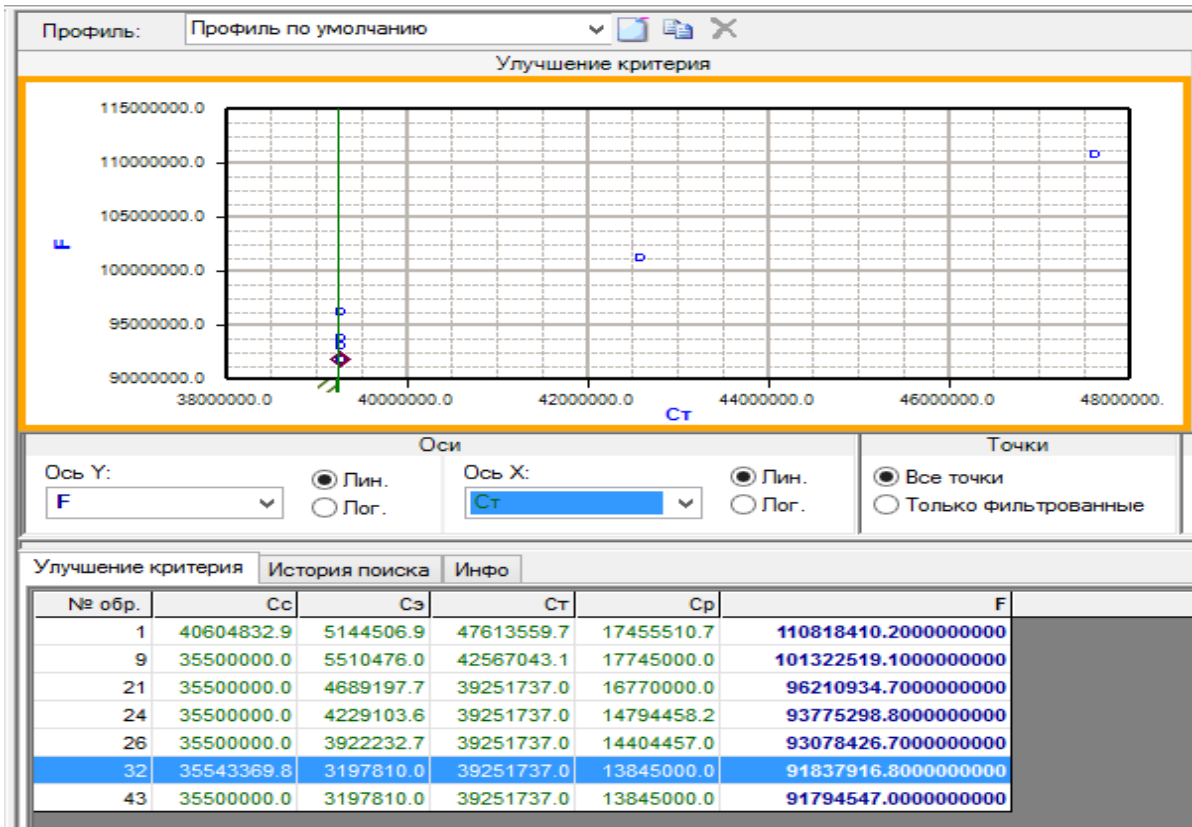


Рис. 9. Оптимізація параметру $С_T$

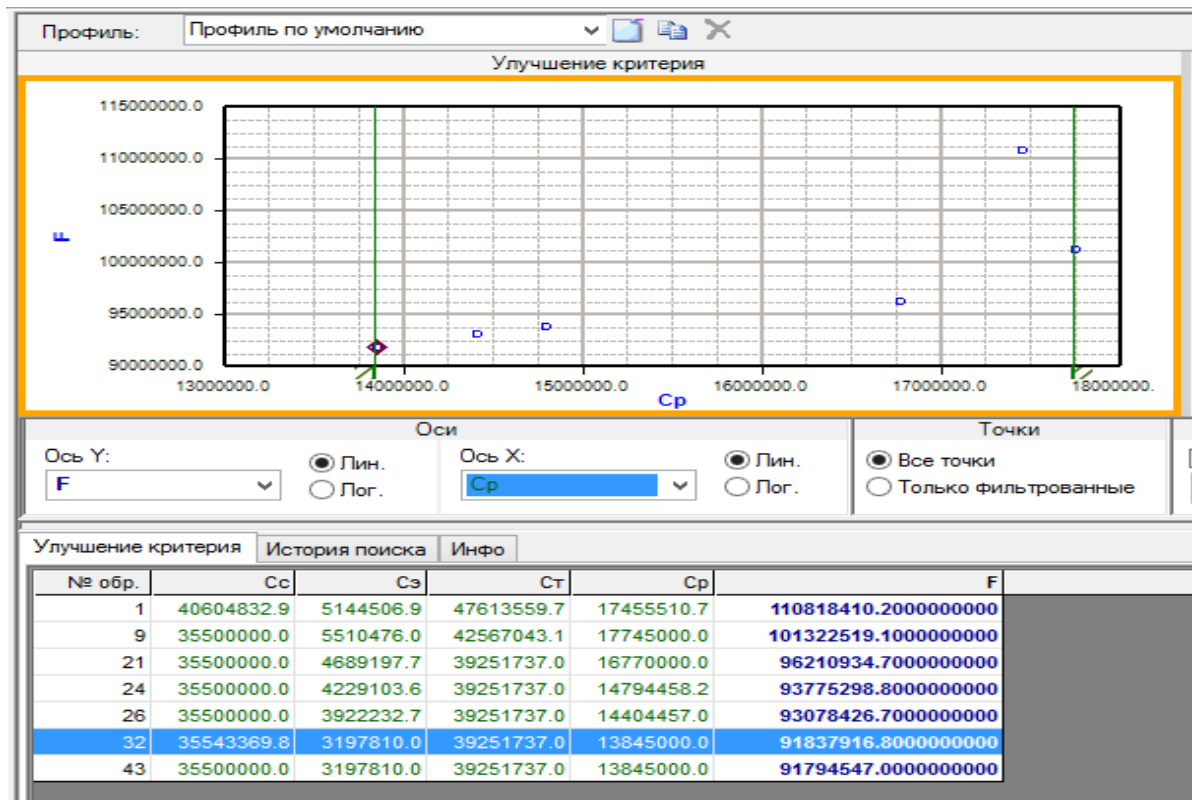


Рис. 10. Оптимізація параметру $С_P$

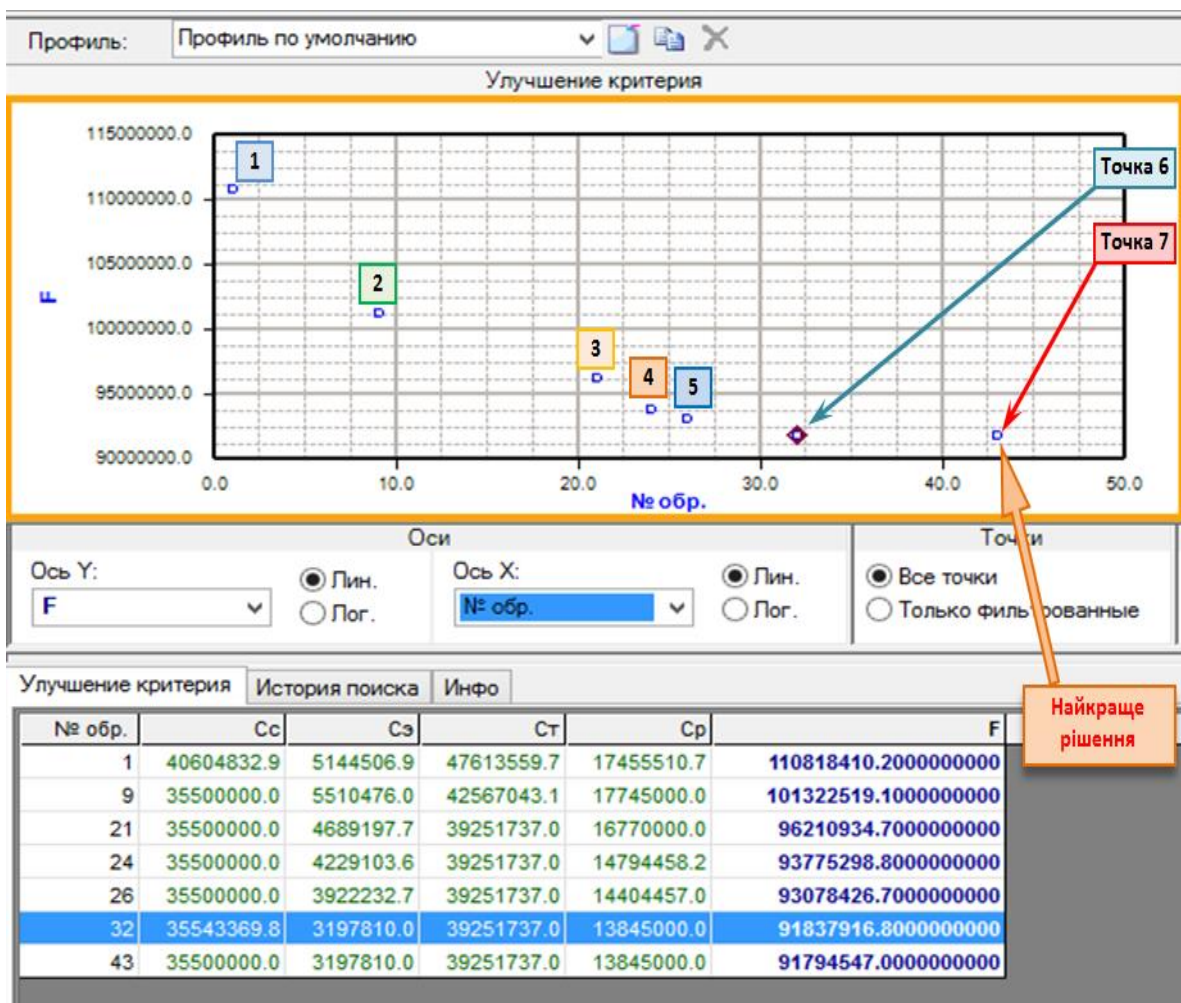


Рис. 11. Результати моделювання

Для знаходження найкращого рішення автори вводили деякі умови, наприклад, переваги за витратами палива, віком або за вартістю судна, або за витратами під час експлуатації.

З семи виділених оптимальних рішень (точок) потрібно вибрати один оптимальний варіант. Для цього необхідно провести порівняння за двома або більш критеріями. Вибір одного рішення з Парето-безлічі складне завдання, тому нерідко важливою особливістю системи є можливість прийняття рішень ОПР.

Аналіз, проведений авторами – ОПР, показує, що такою точкою є точка 7 (рис. 11).

За однакової вартості судна (віці судна) – точки: 2, 3, 4, 5, 7 і однакових витратах на паливо, в точках 2, 3, 4, 5 – вище витрати на експлуатацію і ремонт, ніж у точці 7.

Серед суден 15-річного віку цей варіант (точка 7) оптимальний для судновласника з перспективою експлуатації судна ще 10–15 років.

Автор звертає увагу, що під час порівняння точки 6 з точкою 7 за однакових витрат на експлуатацію, паливо і ремонт в точці 6 декілька вище вартість судна, але воно і молодше, тому, якщо для судновласника різниця у вартості судна 43 269 \$ неістотна, то як оптимальне рішення можна вибрати і точку 6.

ВИСНОВКИ

У пакеті IOSO NM використовуються потужні структурно-параметричні методи оптимізації, які володіють низькою чутливістю до топології цільових функцій і дозволяють успішно вирішувати завдання для гладких унімодалних, багато екстремальних і таких, що не диференціюються, функцій. Це дозволяє не замислюватися про математичні особливості вирішуваного завдання і бути упевненим в коректності отриманого рішення¹⁵.

У роботі отримано Парето-безліч оптимальних рішень вартості життєвого циклу судна при фіксованому віці судна – 5, 10, 15 років.

Результати рішення оптимізаційної задачі в багатокритеріальній постановці демонструють високу ефективність програмного продукту IOSO NM для цієї задачі.

На підставі отриманих рішень судновласник може вирішувати цілий ряд завдань:

- проектування нового судна і технологічного процесу будівництва судна;
- оптимізацію тривалості експлуатаційного періоду;
- знаходження моменту утилізації судна;
- проектування стратегії технічного обслуговування і ремонту;
- визначення вартості продажу (купівлі судна) для продовження його експлуатації або утилізації та ін.

Роботи з програмною системою IOSO NM при розв'язанні даної проблеми, підтвердила вимоги до сучасного програмного забезпечення – надійність, безпека, зручний інтерфейс та ін.

Особливістю роботи з цією програмою є можливість прийняття рішення ОПР.

Аналіз отриманих результатів, проведений авторами, показав, що найбільший вплив на вартість життєвого циклу судна мають такі складники моделі, як витрати на паливо та експлуатацію.

¹⁵ Сигма Технологія. Программный комплекс IOSO NM. URL: https://www.iosotech.com/ru/ioso_nm.htm.

АНОТАЦІЯ

Ця стаття розглядає процес прийняття рішення оптимізаційної задачі визначення вартості життєвого циклу судна, ціль якої знайти таке значення вартості життєвого циклу судна, що дає судновласнику оцінити можливість подальшої експлуатації судна або утилізації.

Визначення вартості життєвого циклу судна є складною задачею, що потребує використання багатокритеріальних методів оптимізації з метою визначення оптимального співвідношення параметрів вартості ЖЦ судна для ефективного функціонування судна на протязі ЖЦ.

Для багатопараметричної оптимізації параметрів моделі вартості судна використовувався програмний комплекс IOSO NM.

ЛІТЕРАТУРА

1. Ludmila V. Pizintsali, Nadegda I. Aleksandrovska. Economically Optimum Service Life of the Ship and the Value of its Life Cycle. Eastern European Scientific Journal. 2016. Nr. 2 (ISSN 2199-7977). P. 189–192. www.auris-veriag.de. DOI 10.12851/EESJ201604C06ART01.

2. Пизинцали Л.В., Шахов А.В. Управление стоимостью жизненного цикла судна: Монография. Херсон : ФООП Гринь Д.С. 2016. 124 с. ISBN 978-966-930-100-0.

3. Оптимізація – Вікіпедія. URL: <https://uk.wikipedia.org> > wiki > Оптимізація.

4. Черноруцкий И.Г. Методы принятия решений. Теория принятия решений. Санкт-Петербург : БХВ-Петербург, 2005. 416 с.

5. Хабаров Д.С. Обзор программных комплексов многокритериальной оптимизации. *Прикладная информатика*. № 2. 2013. С. 102–112. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/obzor-programmnyh-kompleksov-mnogokriterialnoy-optimizatsii/viewer>.

6. Белоус В.В., Грошев С.В., Карпенко А.П., Шибитов И.А. Программные системы для оценки качества Парето-аппроксимации в задаче многокритериальной оптимизации. *Наука и образование: электронный научно-технический журнал. МГТУ им. Н. Э. Баумана*. 2014. С. 300–314.

7. Карпенко А.П., Семенихин А.С., Митина Е.В. Популяционные методы аппроксимации множества Парето в задаче многокритериальной оптимизации. *Наука и образование: электронный научно-технический журнал. МГТУ им. Н. Э. Баумана*. 2012. С. 1–32.

8. Муратов А.В., Яковлев К.А. Разработка модифицированного эволюционного алгоритма решения задач многокритериальной оптимизации на всех этапах жизненного цикла парка транспортно-технологических машин. Вестник Воронежского государственного технического университета. 2010. С. 1–6. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/razrabotka-modifitsirovannogo-evolyutsionnogo-algoritma-resheniya-zadach-mnogokriterialnoy-optimizatsii-na-vseh-etapah-zhiznennogo>.
9. Щеляев А. Е., Митрофанов М. К.. Задачи оптимизации технических изделий и процессов. *Автоматизация проектирования*. 2009. №4. С. 78–80.
10. Третьяков О.В. Об одном подходе к оценке эффективности информационной поддержки процессов жизненного цикла корабля. *Программы продукты и системы*. №2 (107). 2014. С. 92–97.
11. Сигма Технология. Программный комплекс IOSO NM. URL: https://www.iosotech.com/ru/ioso_nm.htm.
12. Цільова функція – Вікіпедія. URL: <https://uk.wikipedia.org/wiki/>.

Information about the authors:

Pizintsali Liudmyla Viktorivna,

Candidate of Technical Sciences,

Associate Professor at the Department

of Maintenance and Repair of Ships

Odesa National Maritime University

34, Mechnikov str., Odesa, 65029, Ukraine

Aleksandrovska Nadiia Ihorivna,

Candidate of Technical Sciences,

Associate Professor at the Department of Ship Power Plants

Odesa National Maritime University

34, Mechnikov str., Odesa, 65029, Ukraine