

Проектирование и конструкция судов

DOI: <http://www.dx.doi.org/10.24866/2227-6858/2021-1-3>
УДК 629.562

В.Г. Бугаев, Дам Ван Тунг, Ю.В. Бондаренко

БУГАЕВ ВИКТОР ГРИГОРЬЕВИЧ – д.т.н., профессор (автор, ответственный за переписку),
ORCID 0000-0001-8778-620X, v_bugaev@mail.ru
ДАМ ВАН ТУНГ – аспирант, damvantung@mail.ru
БОНДАРЕНКО ЮЛИЯ ВАЛЕРЬЕВНА – аспирант, Julia_Bond1993@mail.ru
Политехнический институт
Дальневосточный федеральный университет
Владивосток, Россия

Оптимизация характеристик и элементов рыболовных судов с учетом случайных факторов их функционирования

Аннотация: В проектировании и эксплуатации рыболовных судов накоплен значительный опыт, однако до сих пор нет детальных исследований ряда аспектов взаимодействия с внешней стохастической средой такой сложной системы, как судно. Так, актуальная задача для Социалистической Республики Вьетнам – создание адекватной методики проектирования рыболовных судов. Использование оптимизационно-имитационных методов и процедур на начальных стадиях проектирования позволяет повысить адекватность математических моделей и получить более информативные вероятностные критерии для принятия решения. В статье рассматриваются основы методики и математической модели оптимизации характеристик и элементов рыболовных судов с учетом стохастических и динамических факторов внешней среды по критерию вероятности безотказной работы. Этот критерий ориентирован на введение идеальной точки (достигнутого уровня) и нахождение наиболее близкого к ней Парето-оптимального решения.

Ключевые слова: оптимизация, рыболовное судно, имитационная модель, эксплуатационная надежность

Введение

На ранних стадиях проектирования рыболовных судов производится поиск оптимальных (с точки зрения выбранного критерия) характеристик и элементов: грузоподъемность, скорость, главные размерения, производительность технологического оборудования и др. От того, насколько удачно определены эти значения, зависит экономическая эффективность судов в период их эксплуатации. Особенности функционирования судов во многом связаны с гидрометеорологическими условиями, сезоном промысла, характеристиками промыслового района и рядом других факторов, в том числе стохастического и динамического характера. Для подобных исследований применение оптимизационных и имитационных методов чрезвычайно актуально и эффективно [1, 3, 4].

А.И. Раков достаточно подробно рассмотрел особенности оптимизации характеристик рыболовных судов автономного и экспедиционного плавания, а также взаимодействующих судов группового плавания, особое внимание уделил исследованиям уловов рыбы за один промысловый цикл, а также законам их распределения на различных видах лова (траловым, кошельковым, ярусным, дрифтерным) [8].

В последнее время все большую популярность приобретает имитационное моделирование: разработано большое количество имитационных моделей для различных уровней исследований технико-экономических, производственных и транспортных процессов [4, 10, 11, 12].

© Бугаев В.Г., Дам Ван Тунг, Бондаренко Ю.В., 2021

Статья: поступила: 17.11.2020; рецензия: 22.01.2021; принята: 09.02.2021; финансирование:
Дальневосточный федеральный университет.

Дальнейшее развитие методов проектирования и оптимизации судов связано с решением задач многокритериальной оптимизации, суть которых: выбор варианта судна из Парето-оптимального множества на основе субъективной информации о вероятности безотказной работы. Эти вопросы были рассмотрены и исследованы в трудах И.В. Максимея и др. [4].

В.Е. Рожков разработал методику проектирования промысловых судов, учитывающую надежность их функционирования в стохастической внешней среде [9]. В качестве критерия при решении задачи оптимизации характеристик он использовал вероятность безотказной работы по экономическим параметрам: задача является многокритериальной, ее решение представляет область Парето в пространстве критериев.

В последние годы (2010–2019) во Вьетнаме начали появляться современные методы проектирования и оптимизации характеристик и элементов рыболовных судов для прибрежного и удаленного районов промысла, наибольший интерес представляют работы авторов Зыонг Ван Тхань, Май Куок Чыонг, Нго Дык Тханг, Нгуен Вьет Хоан [2, 5–7]. Однако эти методы, ориентированные на математические модели традиционного типа, не учитывают случайные факторы и не включают имитационное моделирование процесса функционирования судов.

Цель настоящей работы – создание методики и разработка математической модели оптимизации характеристик и элементов рыболовных судов для Социалистической Республики Вьетнам с учетом стохастических и динамических факторов внешней среды.

Прежде всего нам необходимо разработать:

- математическую модель проектирования судна;
- имитационную модель функционирования судна в условиях промысла в исключительной экономической зоне Вьетнама;
- оптимизационно-имитационную модель обоснования характеристик и элементов судов для Вьетнама на основе надежности их функционирования.

Описание модели. Задача оптимизации характеристик и элементов судна формулируется следующим образом: необходимо найти такой вектор $X = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ оптимизируемых переменных, при котором критерий эффективности (вероятность безотказной работы) достигает экстремального значения в стохастической внешней среде C

$$P_{CT}(X, C) = \max \prod_{j=1}^m P_j(X, C)$$

и выполняются требования, предъявляемые к судну, заданные ограничениями

$$Y_k(X, C) \geq a_k, \quad k = 1, \dots, m_k,$$

$$x_{i_{\max}} \geq x_i \geq x_{i_{\min}}, \quad i = 1, \dots, n,$$

где $P_j(X, C)$ – вероятность удовлетворения j -го условия работоспособности (прибыль, срок окупаемости), а

$$P_j(X, C) = P\{y_j(X, C) \geq a_j\}, \quad j = 1, \dots, m$$

определяется с помощью имитационной модели функционирования судна;

$Y_k(X, C)$ – ограничения (требования к мореходным и эксплуатационным качествам);

a_k, a_j – значения параметра, определяющего границу допустимой области;

j, k, i – индексы условия работоспособности, ограничения и неизвестной;

m, m_k, n – количество условий работоспособности, ограничений и неизвестных.

Ориентация при проектировании рыболовных судов на среднесрочные условия промысла может вызвать определенные экономические потери в изменившейся вероятностной и динамической среде. Тогда определяющим дополнительным требованием, предъявляемым к судну, является его высокая надежность и безопасность плавания в изменившихся условиях.

Данные о надежности функционирования, выраженные через вероятность безотказной работы $P_{CT}(X, C)$ и реализованные с помощью имитационной (ИМ) и оптимизационной моделей (ОМ), являются основой выбора наилучшего варианта судна из Парето-оптимального множества [9]. Вероятность $P_{CT}(X, C)$ – это вероятность того, что параметры работоспособности находятся в границах допустимой области под воздействием случайных факторов в течение времени $t \in [0, T]$ [1].

В состав комплексной модели оптимизации характеристик и элементов судна входят (рис. 1): модель внешней среды (случайных факторов); математическая модель проектирования судна (ММПС); имитационная модель (ИМ) функционирования судна в условиях промысла; оптимизационная модель (ОМ) обоснования характеристик и элементов судна на основе надежности его функционирования.

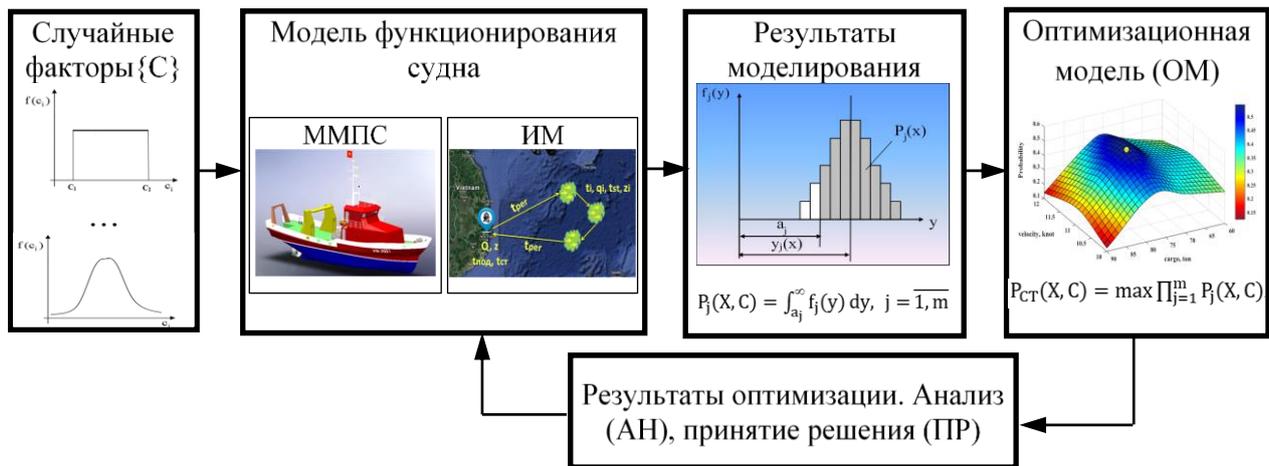


Рис. 1. Укрупненная схема математической модели оптимизации судна. Здесь и далее рисунки авторов статьи

Модель внешней среды (случайных факторов). Элементы векторов входных воздействий, воздействий внешней среды, внутренних и выходных параметров являются элементами непересекающихся подмножеств и могут носить как детерминированный, так и стохастический характер, а в некоторых случаях – и характер неопределённости.

Модель функционирования судна включает в себя математическую модель проектирования судна и имитационную модель, в основу которой положены особенности функционирования судна в заданной внешней среде с учетом его характеристик и элементов. В данном случае осуществляется моделирование процесса функционирования судна под воздействием стохастических факторов внешней среды с заданными для данного района промысла законами и параметрами их распределения.

Математическая модель проектирования судна представляет собой совокупность аналитических, логических и алгоритмических зависимостей, описывающих качества судна и его технико-экономические показатели (рис. 2). С помощью математической модели на основе начального вектора характеристик и элементов разрабатывается исходный вариант судна, который в дальнейшем подвергается оптимизации с точки зрения выбранного критерия и условий эксплуатации.

Имитационная модель предназначена для моделирования промысловых процессов с привлечением проектируемых судов на предполагаемых направлениях эксплуатации с учетом связей с внешней средой (рис. 2). Для имитационного моделирования характерна имитация элементарных событий, составляющих исследуемый процесс, с сохранением их логической структуры и последовательности протекания во времени с учетом воздействия стохастических и динамических факторов.

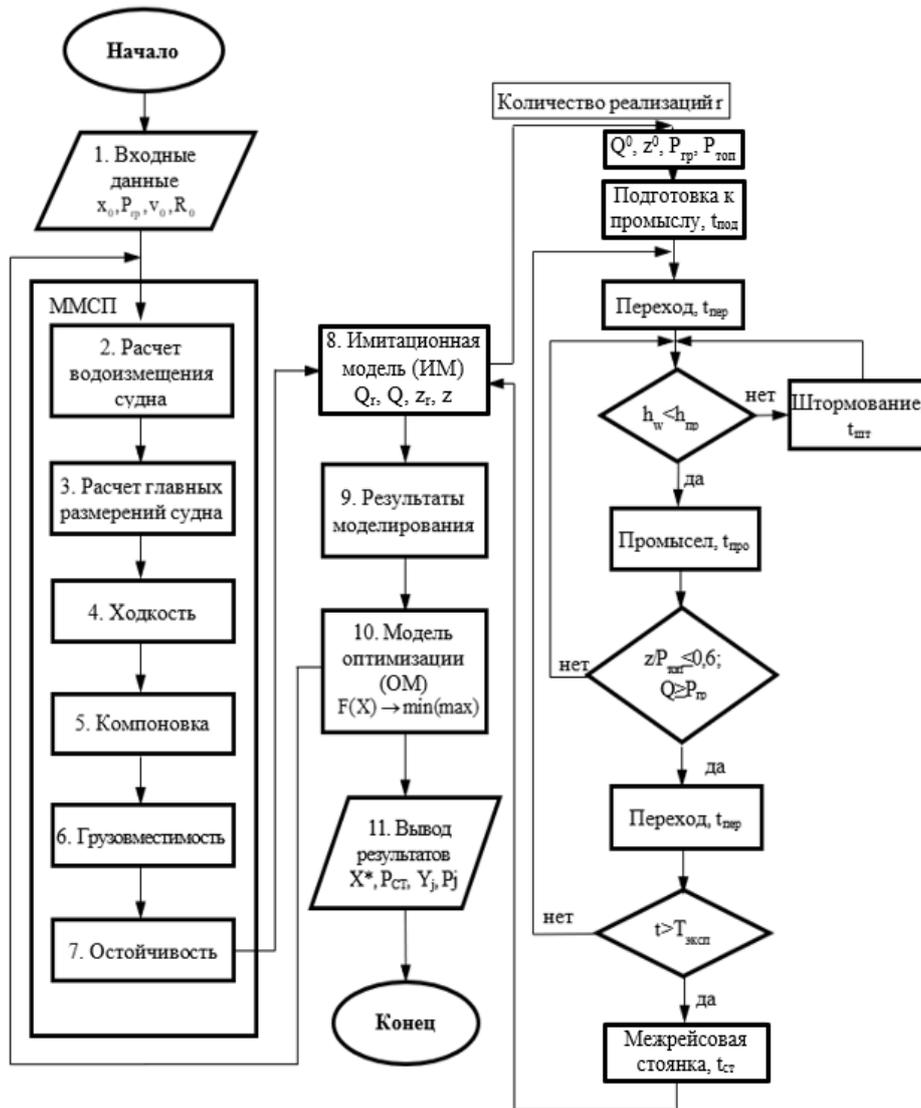


Рис. 2. Блок-схема алгоритма математической модели оптимизации судна

Рыболовное судно может находиться в следующих состояниях: подготовка к промыслу ($t_{под}$), переход из порта в район промысла ($t_{пер}$), штормование ($t_{шт}$), промысел ($t_{про}$), возвращение в порт из района промысла ($t_{пер}$), межрейсовая стоянка ($t_{ст}$)

$$T = \{t_{под}, t_{пер}, t_{шт}, t_{про}, t_{ст}\}.$$

Входными данными ИМ являются:

детерминированные – начальное состояние судна (Q_0, z_0 – количество рыбопродукции и топлива на борту), расстояние от береговых баз до районов промысла;

случайные – состояние сырьевой базы, гидрометеорологические условия, время обработки судна в порту, цены на рыбопродукцию и топливо;

переменные – характеристики и элементы судна, генерируемые оптимизационной моделью.

Следует отметить, что имитационная модель является гибкой в управлении и легко настраиваемой: например, некоторые детерминированные параметры могут быть представлены в виде случайных величин с заданным законом распределения, а случайные – в виде детерминированных.

В процессе моделирования выполняется обработка результатов с целью накопления и получения информации о затратах времени на переходы, штормование, промысел, стоянки,

а также количественных характеристик Q, z , необходимых для расчета математических ожиданий и вероятностей величин, характеризующих эффективность функционирования судна.

Выходные данные модели (количество: произведенной продукции Q , израсходованных запасов z , рейсов и пр.), определяющие значения целевой функции и ограничений, находятся для каждой из реализаций $\{Q_1, Q_2, \dots, Q_r\}$. Число реализаций имитационной модели r должно быть не менее 100. Поскольку результаты моделирования имеют вероятностную природу и составляют статистическую совокупность, их необходимо подвергнуть статистической обработке. Математическая обработка заключается в построении гистограмм частот или статистических вероятностей событий, в определении вероятностей удовлетворения каждого условия работоспособности $P_j(X, C)$, $j = \overline{1, m}$, а также в определении вероятности безотказной работы $P_{CT}(X, C)$.

Функция вероятности $P_j(X, C)$ в результате моделирования представляется в виде гистограммы плотности ее распределения $f_j(y)$ (рис. 3).

Тогда вероятность удовлетворения j -го условия работоспособности

$$P_j(X, C) = \int_{a_j}^{\infty} f_j(y) dy, \quad j = \overline{1, m}$$

Критерий $P_{CT}(X, C)$ ориентирован на введение идеальной точки (достигнутого уровня a_j) и нахождение Парето-оптимального решения, наиболее близкого к ней. В процессе приближения к оптимальной точке гистограммы плотностей распределения каждого параметра работоспособности (если они непротиворечивы) смещаются в сторону увеличения вероятностей удовлетворения условий работоспособности.

Модель оптимизации. Схема оптимизационно-имитационной модели обеспечения эксплуатационной надежности судна приведена на рис. 4. Входной информацией являются требования технического задания, начальный вектор оптимизируемых переменных и параметры самой модели.

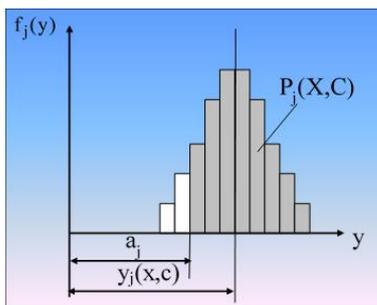


Рис. 3. Плотность распределения вероятности удовлетворения j -го условия работоспособности

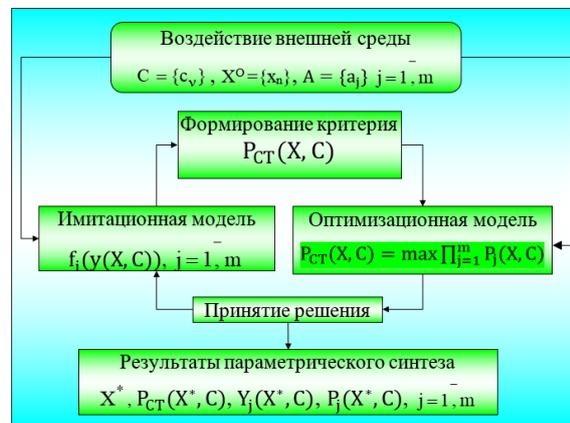


Рис. 4. Схема оптимизационно-имитационной модели обеспечения эксплуатационной надежности судна

В состав вектора оптимизируемых переменных (X) включены:

- x_1 – длина между перпендикулярами, L ;
- x_2 – ширина по КВЛ, B ;
- x_3 – осадка по КВЛ, T ;
- x_4 – высота борта до верхней палубы, H ;
- x_5 – коэффициент общей полноты, C_b ;
- x_6 – коэффициент полноты конструктивной ватерлинии, C_w ;
- x_7 – коэффициент полноты мидель-шпангоута, C_m ;
- x_8 – грузоподъемность судна, t ;

x_9 – скорость судна, м/с.

Вектор технических параметров Y включает:

$y_1 = y_1(x_1, x_2, x_3, x_5)$ – водоизмещение судна, D;

$y_2 = y_2(x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6, x_7, y_1)$ – скорость судна, v ;

$y_3 = y_3(x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6, x_7, y_2)$ – мощность главного двигателя, N;

$y_4 = y_4(x_1, x_2, y_3)$ – длины основных отсеков, l_i ;

$y_5 = y_5(x_2, x_4, y_4)$ – грузопместимость судна, $W_{гр}$;

$y_6 = y_6(x_2, x_4, x_5, x_6)$ – начальную метацентрическую высоту, h_0 ;

$y_7 = y_7(x_2, x_3, x_4, x_5, x_6)$ – плечи диаграммы статической остойчивости, $l_{ст}$;

$y_8 = y_8(x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6, y_7)$ – критерий погоды, k ;

$y_9 = y_9(x_1, x_2, y_6)$ – период собственных бортовых колебаний судна.

Результатом оптимизации являются: вектор оптимальных характеристик судна X^* ; вероятность безотказной работы судна $P_{СТ}(X^*, C)$; номинальные значения $Y_j(X^*, C)$ и вероятности удовлетворения $P_j(X^*, C)$, $j = 1, m$ выходных параметров, а также технико-экономические и эксплуатационно-экономические показатели судна.

Возможны два варианта решения задачи.

Первый вариант – предполагает включение имитационной модели (ИМ) в состав оптимизационной (ОМ) с целью формирования вероятностного критерия обеспечения надёжности функционирования судна в составе оптимизационно-имитационной процедуры вида (ОМ \subset ИМ) \rightarrow АН \rightarrow ПР.

Второй вариант – последовательное решение: сначала задачи оптимизации характеристик и элементов судна без учета случайных факторов, затем – моделирование функционирования судна с оптимальными характеристиками в стохастической внешней среде с помощью имитационной модели (ИМ) (ОМ \rightarrow ИМ) \rightarrow АН \rightarrow ПР.

В этом случае имитационная модель приобретает самостоятельное значение. Она позволяет решать различные задачи анализа и синтеза эксплуатации и обслуживания судов, а также задачи детальной проработки отдельных подсистем и элементов.

Программное обеспечение. Для оптимизации характеристик и элементов судна создано программное обеспечение V_SHIP с использованием функции $fmincon$ математического пакета MATLAB. $fmincon$ – поиск минимума скалярной функции многих переменных при наличии ограничений. Интерфейс программы разработан с помощью приложения GUI в MATLAB (рисунки 5–8).

Ввод исходной информации. Исходная информация включает в себя вектор оптимизируемых переменных и граничных условий (рис. 5), элементы судна-прототипа и характеристики района промысла, цену рыбопродукции и топлива (рис. 6), а также правые части ограничений, критерий эффективности и координаты «идеальной точки» (рис. 7).

Диапазон значений грузоподъемности и скорости выбран с учетом условий эксплуатации судна в Южно-Китайском море и характеристик судна-прототипа:

грузоподъемность судна, $60 \leq P_{гр} \leq 90$ т;

скорости судна, $10 \leq v \leq 12$ уз.

Программа предоставляет пользователю возможно выбрать в качестве:

- критериев эффективности судна:

оценку математического ожидания прибыли судна, тыс. долл.;

вероятность удовлетворения условиям по сроку окупаемости и прибыли;

оценку математического ожидания срока окупаемости судна, лет,

- ограничений:

период бортовой качки, с;

грузопместимость, m^3 ;

метацентрическую высоту, м;

максимальное плечо статической остойчивости, м;

критерий погоды.

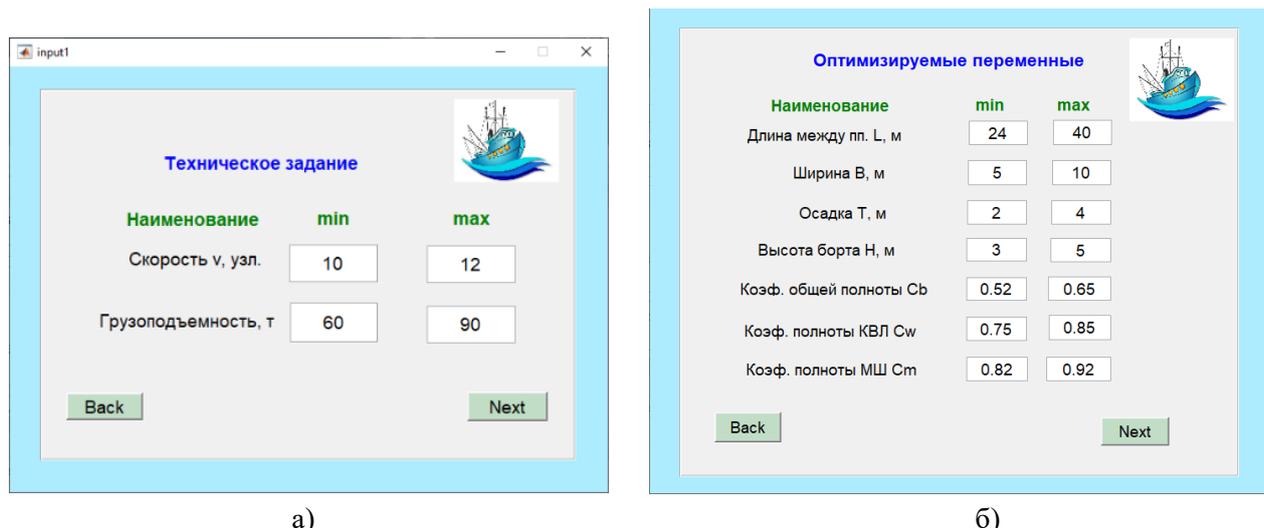


Рис. 5. Интерфейс программного продукта V_SHIP: а – окно ввода требований технического задания; б – окно ввода ограничений, налагаемых на оптимизируемые переменные

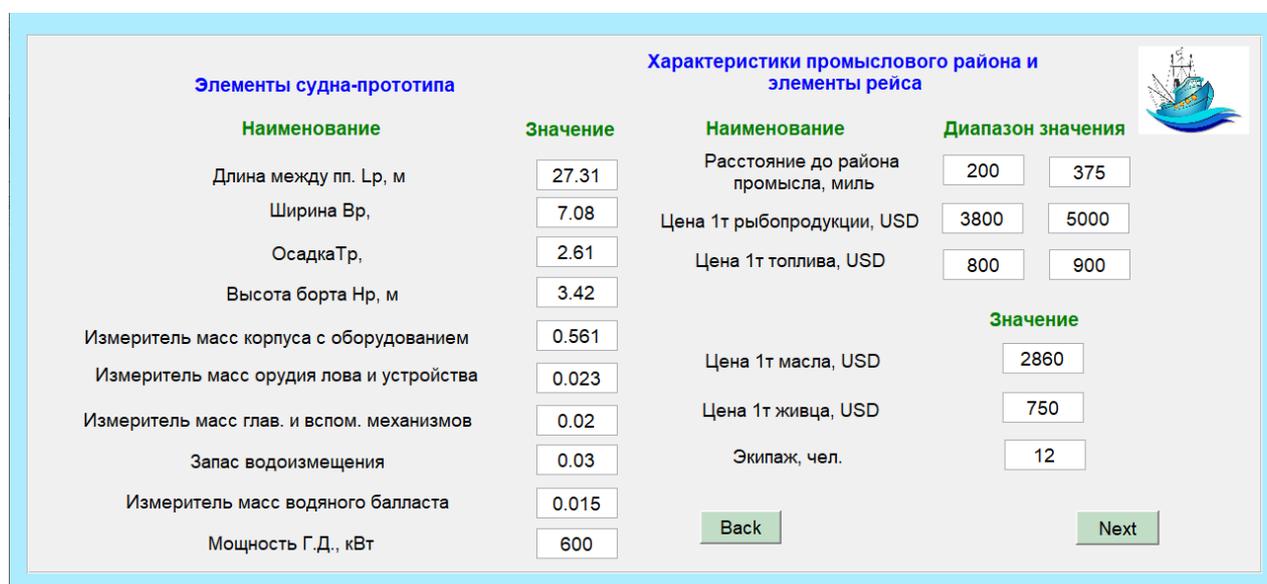


Рис. 6. Окно ввода элементов судна-прототипа, характеристик района промысла и рейса

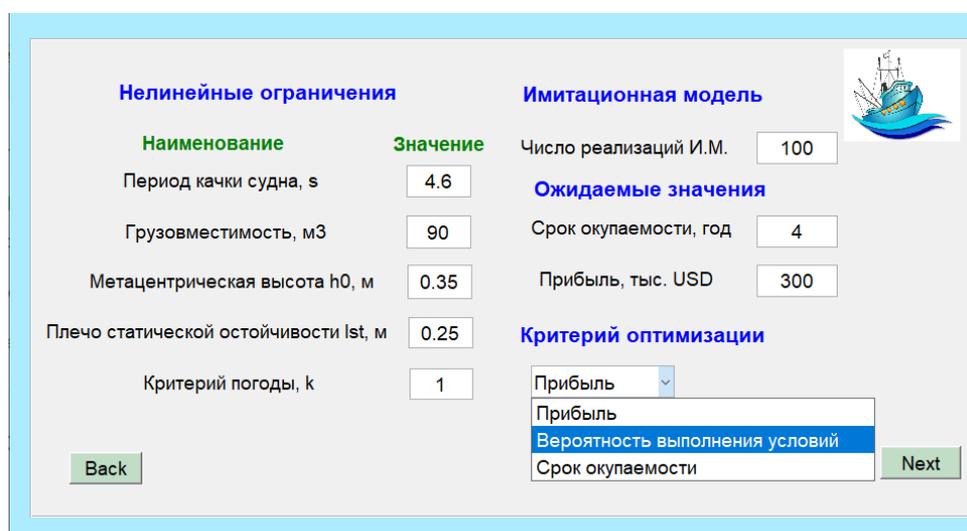


Рис. 7. Окно ввода значений ограничений и выбора критерия оптимизации

Анализ результатов. В качестве примера на рис. 9 приведены поверхности, отражающие влияние грузоподъемности и скорости судна на его эксплуатационно-экономические показатели (прибыль и срок окупаемости) и вероятность безотказной работы.

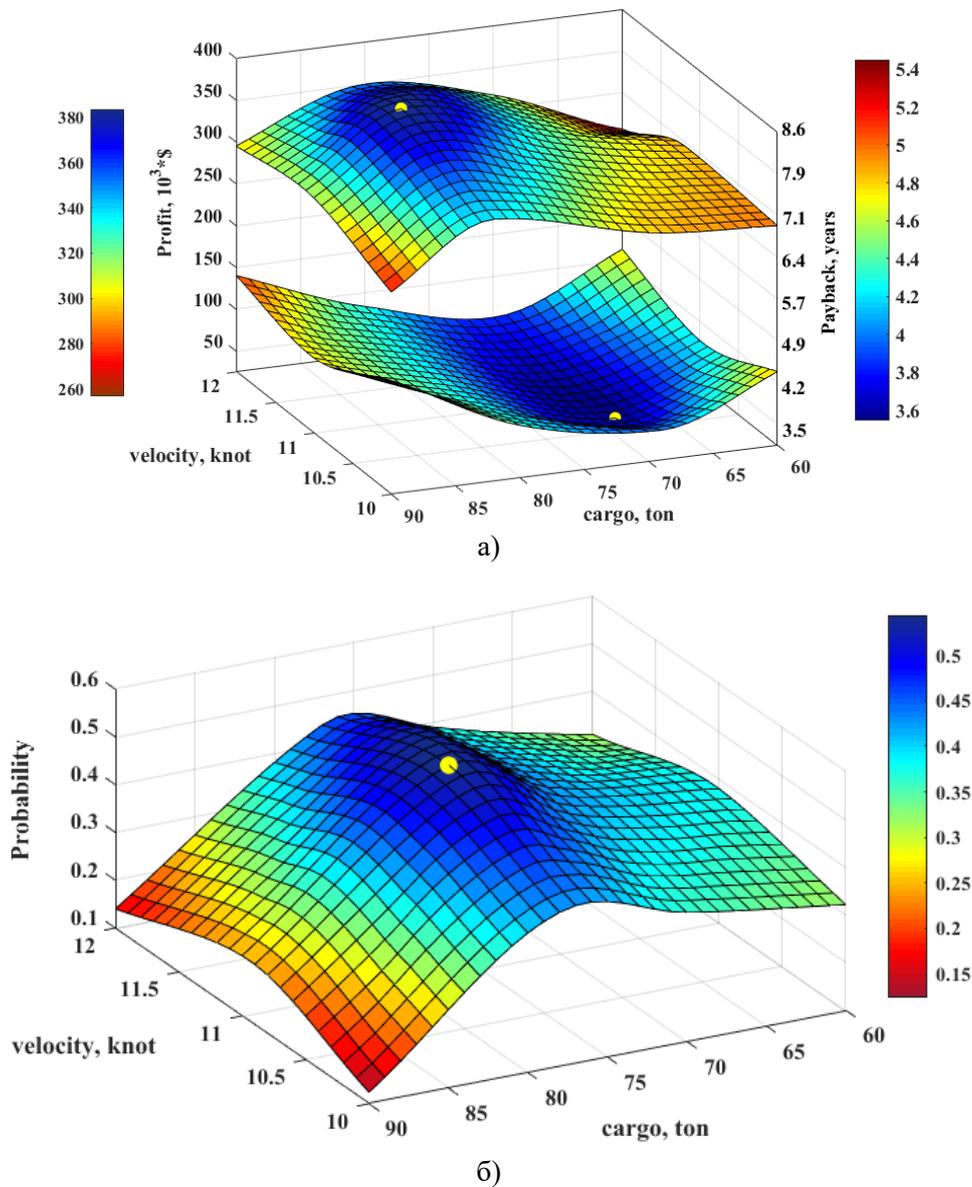


Рис. 9. Влияние грузоподъемности ($P_{гр}$) и скорости (v) на:
а – срок окупаемости и прибыль; б – вероятность безотказной работы

Результаты исследования показали, что при изменении грузоподъемности и скорости судна срок его окупаемости меняется в достаточно широких пределах (от 3,85 до 5,2 лет). Наименьшее значение срока окупаемости составляет 3,85 года в точке с координатами $P_{гр}=70,0$ т, $v=10,6$ уз.

При увеличении грузоподъемности с 60 до 90 т прибыль судна увеличивается, достигая максимального значения 347 тыс. долл. (в точке $P_{гр}=81,5$ т, $v=11,2$ уз), а при дальнейшем увеличении грузоподъемности – начинает уменьшаться. Следует отметить, что и по критерию «прибыль», и по критерию «срок окупаемости» оптимальной является скорость, близкая $v=11,0$ уз.

Вероятность получения прибыли более 300 тыс. долл. составляет 0,816, при этом математическое ожидание равно 347 тыс. долл. Вероятность срока окупаемости менее 4 лет составляет 0,662, математическое ожидание – 3,85 года. Вероятность безотказной работы

$P_{ст}(X^*, C) = 0,54$. Невысокое значение вероятности безотказной работы можно объяснить большим разбросом внешних условий, учитывающих как сезонные, так и многолетние изменения, высокими требованиями к «идеальной точке a_j », а также противоречивостью некоторых параметров функционирования, определяющих условия работоспособности. Критерий вероятности безотказной работы позволяет найти компромиссное решение.

В настоящее время правительство Вьетнама выделяет кредиты на постройку стальных рыболовных судов в размере 90% от проектной стоимости каждого. Собственнику судна необходимо будет вернуть кредит государству после 5 лет эксплуатации. Поэтому предпочтительным критерием экономической эффективности для судовладельцев во Вьетнаме в настоящее время является минимальный срок окупаемости, не превышающий 5 лет.

Заключение

1. Переход к вероятностным методам оптимизации позволяет повысить адекватность математических моделей проектирования судов и получить более информативные вероятностные критерии для принятия решения, приближенного к «идеальной точке».

2. Предложенный подход позволяет рассматривать задачи оптимизационного и надежного проектирования судов с единых системных позиций в многокритериальной постановке как в детерминированной, так и в стохастической внешней среде.

3. Модель может быть использована для решения следующих задач:

- экспертная оценка проекта судна в динамически изменяющейся стохастической среде и его оптимизация на этапе модернизации;

- исследования характера изменений эксплуатационной надежности судна и вероятности удовлетворения условий работоспособности во времени и в изменяющейся внешней среде.

- формирование совокупности перспективных сценариев эксплуатации судов в условиях воздействия случайных внешних факторов, что делает исследования более эффективными.

4. Преимущества подхода:

- возможность адекватного описания стохастического процесса функционирования системы, динамический характер отображения её деятельности;

- получение в результате моделирования более содержательной выходной информации, в том числе характеристик законов распределения случайных величин, отражающих работу системы;

- сравнительная простота построения модели и внесения в нее изменений.

Вклад авторов в статью: В.Г. Бугаев – постановка задачи, разработка методов исследования, анализ результатов; Дам Ван Тунг – разработка оптимизационной и имитационной моделей, выполнение расчетов, анализ результатов, оформление; Ю.В. Бондаренко – анализ отечественных и зарубежных источников, перевод источников, анализ результатов, оформление.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бугаев В.Г., Китаев М.В. Оптимизация элементов и характеристик судов с учетом случайных факторов. Морские интеллектуальные технологии. 2011. Спецвыпуск № 1. С. 41–47. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=23214374> (дата обращения: 10.11.2020).
2. Зыонг Ван Тхань. Техничко-экономический анализ и методика оптимизационного выбора характеристик рыболовных судов наливного типа для морского рыболовства СПб: дис. ... канд. техн. наук. Калининград, 2020. 182 с. URL: http://www.klgtu.ru/upload/science/diss/d_307_007_02/2020/diss_zyong.pdf (дата обращения: 10.11.2020).
3. Китаев М.В. Оптимизация характеристик транспортных судов с учетом технических, эксплуатационных и экономических случайных факторов на начальных стадиях проектирования: дис. ... канд. техн. наук. Владивосток, 2013, 182 с. URL: <http://tekhnosfera.com/optimizatsiya-harakteristik-transportnyh-sudov-s-uchetom-tehnicheskikh-ekspluatatsionnyh-i-ekonomicheskikh-slu-chaynyh-fakto> (дата обращения: 10.11.2020).

4. Максимей И.В. Имитационное моделирование на ЭВМ. М.: Радио и связь, 1988. 232 с.
5. Май Куок Чьонг. Проектное обоснование характеристик и элементов маломерных рыболовных судов Вьетнама с позиций обеспечения мореходных качеств: дис. ... канд. техн. наук. Калининград, 2010, 232 с. URL: <https://www.dissercat.com/content/proektное-obosnovanie-kharakteristik-i-elementov-malomernykh-rybolovnykh-sudov-vetnama-s-poz> (дата обращения: 10.11.2020).
6. Нго Дык Тханг. Методика проектирования и технико-экономическое обоснование характеристик наливных рыболовных судов для удаленных районов прибрежного рыболовства СРВ: дис. ... канд. техн. наук. Калининград, 2013, 195 с. URL: <https://clck.ru/Te3vW> (дата обращения: 10.11.2020).
7. Нгуен Вьет Хоан. Методика проектирования малых деревянных рыболовных судов для Социалистической Республика Вьетнам: дис. ... канд. техн. наук. Калининград, 2010, 173 с. URL: <https://www.dissercat.com/content/metodika-proektirovaniya-malykh-derevyannykh-rybolovnykh-sudov-dlya-sotsialisticheskoi-respu> (дата обращения: 10.11.2020).
8. Раков А.И. Оптимизация основных характеристик и элементов промысловых судов. Л.: Судостроение, 1978. 232 с.
9. Рожков В.Е. Методика проектирования промысловых судов с учетом параметрической надежности функционирования (на примере судов ярусного лова): дис. ... канд. техн. наук. Владивосток, 1996. 219 с. URL: <https://www.dissercat.com/content/metodika-proektirovaniya-promyslovykh-sudov-s-uchetom-parametricheskoi-nadezhnosti-funktsion> (дата обращения: 10.11.2020).
10. Таровик О.В., Топаж А.Г., Крестьянцев А.Б., Кондратенко А.А. Моделирование систем арктического морского транспорта: основы междисциплинарного подхода и опыт практических работ // Арктика: экология и экономика. 2017. № 1(25). С. 86–101. URL: <http://arcticaas.ru/article/129/> (дата обращения: 10.11.2020).
11. Фетисов В.А., Майоров Н.Н. Решение задачи прогнозирования и оперативного управления работой морской контейнерной линии на основе имитационного моделирования // Вестник государственного университета морского и речного флота им. адмирала С.О. Макарова. 2015. Вып. 3. С. 193–200. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/reshenie-zadachi-prognozirovaniya-i-operativnogo-upravleniya-rabotoy-morskoy-konteynernoy-liniey-na-osnove-imitatsionnogo/viewer> (дата обращения: 10.11.2020).
12. Kosmin M.S., Tarovik O.V. Simulation Modeling of Marine Transport Systems Operating in Ice Conditions. Proceedings of the Twenty-third (2013) International Offshore and Polar Engineering (ISOPE). Anchorage, Alaska, USA, June 30–July 5, 2013. P. 1241–1246. URL: <http://bureauhyperborea.ru/wp-content/uploads/2018/03/ISOPE-2013.pdf> (дата обращения: 10.11.2020).

FEFU: SCHOOL of ENGINEERING BULLETIN. 2021. N 1/46

Ship Design and Construction

www.dvfu.ru/en/vestnikis

DOI: <http://www.dx.doi.org/10.24866/2227-6858/2021-1-3>

Bugaev V., Dam Van Tung, Bondarenko Yu.

VIKTOR BUGAYEV, Doctor of Engineering Sciences,
 Professor (Corresponding Author), ORCID: 0000-0001-8778-620X, v_bugaev@mail.ru
 DAM VAN TUNG, Postgraduate Student, damvantung@mail.ru
 YULIA BONDARENKO, Postgraduate Student, Julia_Bond1993@mail.ru
 Polytechnic Institute, *Far Eastern Federal University*
 Vladivostok, Russia

Optimization of characteristics and structural elements of fishing vessels subject to random factors in their routine operations

Abstract: A lot of practical experience has been already gained in design and operation of fishing vessels; however, such aspect as interaction between the complex system and the external stochastic environment still requires a more detailed study. Creating an adequate fishing boat design methodology for the Socialist Republic of Vietnam is an urgent task. Using optimization and simulation methods and procedures in the early stages of

ship design allows to increase the adequacy of mathematical models and obtain more informative probabilistic criteria for decision-making. The article examines the basics of the methodology and the mathematical model of optimization of the characteristics and structural elements of fishing vessels, taking into account stochastic and dynamic environmental factors on the criterion of probability of trouble-free work. This criterion is focused on introducing an ideal point (achieved level) and finding pareto-optimal solution closest to it as possible.

Keywords: optimization, fishing boat, simulation model, operational reliability

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article.

The authors declare no conflicts of interests.

REFERENCES

1. Bugaev V.G., Kitaev M.V. Ship's element and performances optimizations with taking account the random factors. *Marine Intellectual Technologies*. 2011(Special issue 1):41–47. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=23214374> – 10.11.2020.
2. Duong Van Thanh. Technical and economic analysis and optimization methodology for the selection of characteristics of bulk fishing vessels for sea fishing in SRV. *Dis. Cand. Tech. Sciences*. Kaliningrad, 2020, 182 p. URL: http://www.klgtu.ru/upload/science/diss/d_307_007_02/2020/diss_zyong.pdf – 10.11.2020.
3. Kitaev M.V. Optimization of the characteristics of transport ships, taking into account technical, operational and economic random factors at the initial stages of design. *Diss. Cand. Tech. Sciences*. Vladivostok, 2013, 182 p. URL: <http://tekhmosfera.com/optimizatsiya-harakteristik-transportnyh-sudov-s-uchetom-tehnicheskikh-ekspluatatsionnyh-i-ekonomicheskikh-sluchaynyh-fakto> – 10.11.2020.
4. Maksimai I.V. Simulation modelling on computing machinery. M., 1988, 232 p.
5. Mai Quoc Truong. Design substantiation of characteristics and elements of small fishing vessels in Vietnam from the standpoint of ensuring seaworthiness: *Diss. Cand. Tech. Sciences*. Kaliningrad, 2010, 232 p. URL: <https://www.dissercat.com/content/proektnoe-obosnovanie-kharakteristik-i-elementov-malomernykh-rybolovnykh-sudov-vetnama-s-poz> – 10.11.2020.
6. Ngo Duc Thang. Design methodology and feasibility study of the characteristics of bulk fishing vessels for remote areas of coastal fishing in Vietnam. *Diss. Cand. Tech. Sciences*. Kaliningrad, 2013, 195 p. URL: <https://www.dissercat.com/content/metodika-proektirovaniya-i-tehniko-ekonomicheskoe-obosnovanie-kharakteristik-nalivnykh-rybo> – 10.11.2020.
7. Nguyen Viet Hoan. Methodology for the design of small wooden fishing vessels for the Socialist Republic of Vietnam. *Diss. Cand. Tech. Sciences*. Kaliningrad, 2010, 173 p. URL: <https://www.dissercat.com/content/metodika-proektirovaniya-malykh-derevyannykh-rybolovnykh-sudov-dlya-sotsialisticheskoi-respu> – 10.11.2020.
8. Rakov A.I. Optimization of the main characteristics and elements of fishing vessels. L., Shipbuilding, 1978, 232 p.
9. Rozhkov V.E. Methodology for the design of fishing vessels taking into account the parametric reliability of functioning (for example longline vessels), *Diss. Cand. Tech. Sciences*. Vladivostok, 1996, 219 p. URL: <https://www.dissercat.com/content/metodika-proektirovaniya-promyslovykh-sudov-s-uchetom-parametricheskoi-nadezhnosti-funktsion> – 10.11.2020.
10. Tarovik O.V., Topaj A.G., Krestyantsev A.B., Kondratenko A.A. Arctic marine transport system simulation: Multidisciplinary approach fundamentals and practical experience. 2017(25):86–101. URL: <http://arctica-ac.ru/article/129/> – 10.11.2020.
11. Fetisov V.A., Mayorov N.N. Solution to the problem of forecasting and operational management of maritime container lines on the basis of simulation. *Vestnik Gosudarstvennogo Universiteta Morskogo i Rechnogo Flota Imeni Admirala S.O. Makarova*. 2015;3:193–200. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/reshenie-zadachi-prognozirovaniya-i-operativnogo-upravleniya-rabotoy-morskoy-konteynernoy-liniei-na-osnove-imitatsionnogo/viewer> – 10.11.2020.
12. Kosmin M.S., Tarovik O.V. Simulation Modeling of Marine Transport Systems Operating in Ice Conditions. *Proceedings of the Twenty-third (2013) International Offshore and Polar Engineering (ISOPE)*. Anchorage, Alaska, USA, June 30–July 5, 2013. P. 1241–1246. URL: <http://bureauhyperborea.ru/wp-content/uploads/2018/03/ISOPE-2013.pdf> – 10.11.2020.