

7. Рукавишников, А.А. Технологические особенности покрытия оросительных каналов бетонным полотном / А. А. Рукавишников // Проблемы и перспективы развития строительства, теплогазоснабжения и энергообеспечения: Материалы VIII Национальной конференции с международным участием, Саратов, 15–16 ноября 2018 года / Под редакцией Ф. К. Абдразакова. – Саратов: Саратовский государственный аграрный университет им. Вавилова, 2018. – С. 275–280.

8. Спецтехника: Трактора и техника: [Электронный ресурс]. – М., 2022. – Режим доступа <https://agro-tm.ru>. – Дата доступа: 21.10.2022.

9. Характеристика бетонного полотна [Электронный ресурс] // Бетонное полотно Concreate Canvas в России. М., 2012–2018. – Режим доступа: <http://ucsr.su>. – Дата доступа: 2.05.2022.

УДК 629.12

Обоснование проектных элементов и характеристик судна с учётом интервальных особенностей технических решений модели

Кочнев Ю. А., Роннов Е. П.

Волжский государственный университет водного транспорта
Нижний Новгород, Российская Федерация

На основании выполненных исследований по разработке математической модели и алгоритма оптимизации судна внутреннего и смешанного (река-море) плавания, показано каким образом можно учесть наличие интервальных параметров технических решений и экономических внешних параметров модели. Приведён пример оптимизации коэффициента общей полноты с применением интервального критерия эффективности.

Обоснование главных элементов на стадии исследовательского проектирования оказывает свое влияние на характеристики построенного судна. Такое обоснование ведётся с применением математических моделей и формулируется в виде оптимизационной задачи

$$k = f(X, Y_1, Y_2, Z) \rightarrow \text{extr}$$

где k – некоторый критерий эффективности судна; f – символ функции цели; X – вектор исходных данных; Y_1 – вектор искомых элементов и характеристик судна; Y_2 – вектор параметров технических решений математической модели оптимизации, принимающих равновероятное значение на некотором ($Y_{2\min}, Y_{2\max}$); Z – вектор внешних параметров модели; θ_j –

функции математической модели взаимосвязи исходных данных и параметров технических решений; S – область допустимых решений векторов Y_1 и Y_2 , отражающих ограничения математической модели.

В приведённой постановке нами была подробно рассмотрена данная в задаче в [1].

Интервальные значения элементов вектора Y_2 связаны с приближённой зависимостью, применяемых на стадии исследовательского проектирования, и решениями, которые примет проектант при разработке конструкторской документации. Такими элементами могут быть шпация, тип и характеристики винта-рулевого комплекса и т. п.

Учитывая особенности быстро изменяющегося судостроительного производства и рынка доставки грузов водным транспортом, подобные интервалы, так же могут быть выделены не только среди технических решений, но и в экономических показателя мат. модели, таких как стоимость материалов, рабочей силы, горюче-смазочных материалов при эксплуатации и др. То есть вектор z , так же может быть разделён на две составляющие: Z_1 – однозначно заданные внешние параметры модели и Z_2 – интервальные внешние параметры.

Технически решение указанной задачи сводиться к оптимизации по трём группам варьируемых параметров:

- главные искомые размерения (длина – L , ширина – B , коэффициент общей полноты – δ , осадка – T), или в зависимости от особенностей решаемой задачи соотношения размерений ($l = L/B$, $b = T/B$), которые задаются скалярными величинами (вектор X_2);

- параметры технических решений, такие как холостая и рамная шпация, положение аппликаты центра тяжести судна, длины основных отсеков корпуса, тип и количество двигателя, характеристики движителя, судовых устройств, систем и др., которые могут быть приняты в виде любого конечного значения на некотором заданном интервале (вектор Y_2);

- внешние экономические данные: диапазон возможной отпускной стоимости судна, определяемый уровнем прибыли предприятия, стоимостью материалов и оборудования, серийным номером и общей серийностью судов, диапазоном эксплуатационных расходов, зависящих в большей степени от стоимости дизельного топлива, и уровнем фрахтовой ставки (вектор Z_2).

Блок-схема решаемой задачи приведена на рис. 1.

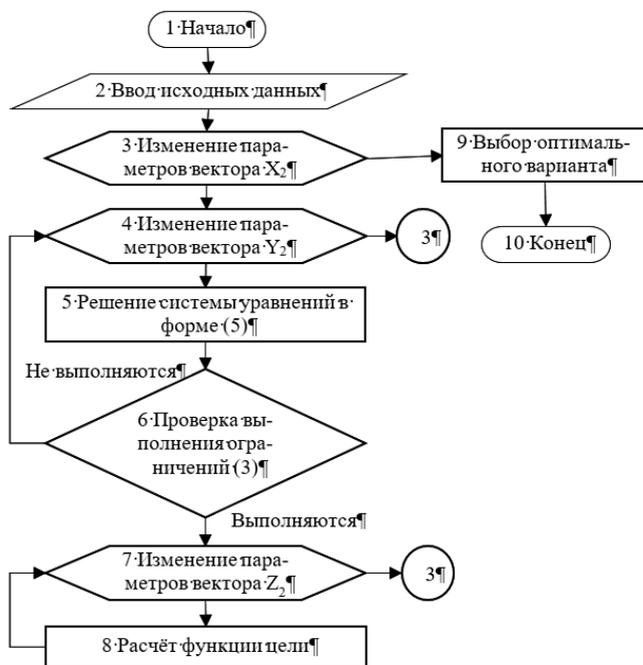


Рис.1. Блок-схема задачи оптимизации элементов и характеристик судна с интервальными параметрами технических решений и блока экономической эффективности

При этом уравнения (1) и (2) примут вид

$$k = f(X, X_2, Y_1, Y_2, Z_1, Z_2) \rightarrow \text{extr}, \quad (4)$$

$$Y_{1,2} = \theta_j \left(X, X_2, Y_1, Y_2, Z_1, Z_2 \right), \quad (5)$$

где Y_2, Z_2 – соответственно интервалы вектора параметров технических решений и интервальных экономических параметров.

Следует дополнительно отметить принципиальное отличие варьируемого вектора X_2 от варьируемых векторов Y_2, Z_2 . Первый определяет конкретные элементы судна, которые выбираются в процессе решения оптимизационной задачи. Интервальные вектора не могут быть однозначно зафиксированы на исследовательской или эскизной стадии проекта. Они

представляют все возможные варианты решения, которые для величин Y_2 примут конкретное скалярное значение при разработке проекта на стадии рабочей документации, а Z_2 – при передаче судна заказчику или в процессе эксплуатации на различных этапах жизненного цикла судна.

Математически решение оптимизационной задачи с интервальными параметрами и, как следствие, с интервальным критерием эффективности может быть сведено к поиску экстремума средних значений интервала целевой функции [2], т. е.

$$k = M \left\{ f(X, X_2, Y_1, Y_2, Z_1, Z_2) \right\} \rightarrow extr, \quad (6)$$

где $M\{\dots\}$ – символ среднего значения интервала критерия эффективности, в рассматриваемой задаче в виде отношения прибыли к прибыли базового судна

$$\Pi' = \frac{\Pi_i}{\Pi_H}, \quad (7)$$

где Π_i – значение прибыли судна для i -ого судна; Π_H – нормируемое значение прибыли.

Зависимость интервала критерия эффективности от коэффициента общей полноты судна при значении интервалов стоимости судна 35 %, стоимости топлива 15 % и фрахтовой ставки 20 % от минимального их значения, для судна типа Волга-дон-макс приведено на рис. 2, а при проектировании судна на постоянное водоизмещение на рис. 3.

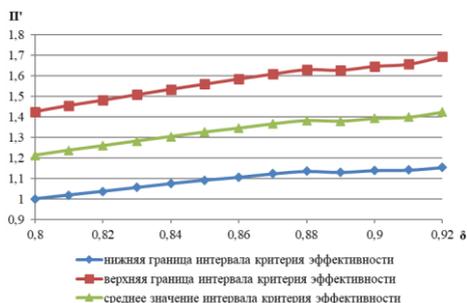


Рис. 2. Изменение интервала критерия эффективности при увеличении коэффициента общей полноты при проектировании судна на максимальную грузоподъемность

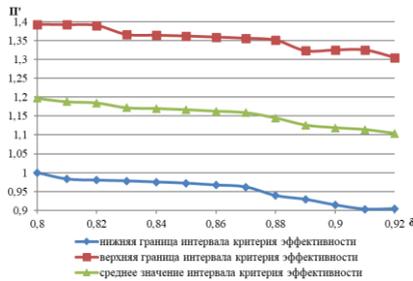


Рис. 3. Изменение интервала критерия эффективности при увеличении коэффициента общей полноты при проектировании судна на постоянную грузоподъемность

Приведённые графики в целом соответствуют практике проектирования судна и, в частности, обоснования главных элементов. Так увеличение общей полноты при решении задачи на максимальную грузоподёмность ведёт к росту относительной прибыли для верхнего и нижнего значения интервала целевой функции, а также его среднего значения. В случае рассмотрения задачи на постоянную грузоподёмность получена обратная зависимость критерия эффективность от роста коэффициента δ . При этом рассмотрен его интервал, наиболее часто применяющийся на современных судах.

По результатам расчёта для рассмотренных типов задач можно сделать вывод, что для принятых интервалов изменения экономических параметров, при определённом их сочетании, оптимизация может быть неэффективной, так как величина интервала критерия эффективности существенно превышает рост его нижней границы и среднего значения. Данный результат становится особенно актуален, если рассматривать не новое судно, а его мгновенную эффективность в течении длительного временного промежутка жизненного цикла, когда изменение фрахтовой ставки и стоимости топлива может существенно превышать принятые диапазоны в следствии инфляционных закономерностей рынка перевозок на водном транспорте.

Наличие интервала у целевой функции более актуально при проектировании судна в заранее известные экономические условия, не обладающие широкой вариативностью, что нехарактерно для транспортных судов, но может быть применено у судов вспомогательного, например, ледокольного флота.

Следует обратить внимание на различный характер границ интервала эффективности. Так, например, на рис. 2 общий рост нижней границы в

диапазоне изменения коэффициента общей полноты судна составляет около 15 %, а верхней – 19 %. При этом основной рост наблюдается до δ равного 0,88, при его дальнейшем увеличении практически отсутствует, что особенно характерно для нижней границы и, следовательно, более является его значение более 0,88, так как в любом случае обеспечивает повышение критерия эффективности. Подобные выводы можно сделать и относительно результата, приведённого на рис. 3, однако, в этом случае предпочтительные значения δ должны быть не более 0,87.

С другой стороны границы интервала эффективности можно рассматривать как пессимистичный (нижняя граница) и оптимистичный (верхняя граница) сценарий проектирования, строительства и эксплуатации судна. Учитывая, что однозначных рекомендаций по сравнению интервалов на сегодняшний момент не существует, при исследовательском проектировании обосновывать элементы судна можно не только по среднему значению (4), но и по любой из границ, в зависимости от предполагаемой макроэкономической ситуации. Например, при высоких инфляционных рисках, низких компетенциях завода строителя и специалистов, предполагаемых в дальнейшей эксплуатации судна, должен быть выбран пессимистичный сценарий, следовательно, нижняя граница критерия эффективности.

Предлагаемая в работе методика оптимизации усложняет создание математических моделей судна и алгоритмов их реализации. Однако, она позволяет учитывать различные макро и микроэкономические особенности проектирования, строительства и эксплуатации судна, что при решении частной задачи, может изменить полученный результат.

Литература

1. Кочнев, Ю. А. Учет потенциала безопасности в задаче оптимизации грузового судна с интервальной неопределенностью параметров технических решений / Ю. А. Кочнев, Е. П. Роннов // Труды Крыловского государственного научного центра. – 2023. – № 3(405). – С. 171–178.
2. Левин, В. И. Задача решения уравнения в интервальной постановке / В. И. Левин // Вестник тамбовского университета. Серия: естественные и технические науки. – 2017. – Т. 22, № 5–2. – С. 1172–1178.