

УДК 629.122

## ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЕКТНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ И ХАРАКТЕРИСТИК КРУИЗНЫХ СУДОВ ВНУТРЕННЕГО ПЛАВАНИЯ

**Михеев Денис Александрович<sup>1</sup>**, магистрант

e-mail: [mikheev\\_2001@mail.ru](mailto:mikheev_2001@mail.ru)

**Роннов Евгений Павлович<sup>1</sup>**, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой Проектирования и технологии постройки судов

e-mail: [kaf\\_ptps@vsuwt.ru](mailto:kaf_ptps@vsuwt.ru)

**Кочнев Юрий Александрович<sup>1</sup>**, доктор технических наук, доцент, профессор кафедры Проектирования и технологии постройки судов

e-mail: [tmnnkoch@mail.ru](mailto:tmnnkoch@mail.ru)

<sup>1</sup> Волжский государственный университет водного транспорта, Нижний Новгород, Россия

**Аннотация.** В последние годы, магистральные реки страны, по известным причинам приобретают значительный интерес для обеспечения отечественных круизных путешествий на теплоходах. В настоящее время увеличивается строительство пассажирских судов нового поколения, которые отличаются по уровню комфортабельности от действующих судов пассажирского флота, возраст которых весьма значительный. В связи с этим рассматривается вопрос об оптимизации основных характеристик и проектных элементов вновь строящихся судов с целью повышения их комфортабельности.

**Ключевые слова:** уровень комфортабельности, проектные элементы, оптимизация пассажирского судна, размерения судна, палубность, пассажировместимость.

## OPTIMIZATION OF DESIGN ELEMENTS AND CHARACTERISTICS OF INLAND NAVIGATION CRUISE SHIPS

**Denis A. Mikheev<sup>1</sup>**, Master's Degree student

e-mail: [mikheev\\_2001@mail.ru](mailto:mikheev_2001@mail.ru)

**Evgeny P. Ronnov<sup>1</sup>**, Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Design and Technology of Ship Construction

e-mail: [kaf\\_ptps@vsuwt.ru](mailto:kaf_ptps@vsuwt.ru)

**Yuri A. Kochnev<sup>1</sup>**, Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Professor of the Department of Design and Technology of Ship Construction

e-mail: [tmnnkoch@mail.ru](mailto:tmnnkoch@mail.ru)

<sup>1</sup> Volga State University of Water Transport, Nizhny Novgorod, Russia

**Abstract.** In recent years, the country's main rivers, for obvious reasons, have become increasingly important for providing domestic cruise travel on motor ships. At present, the

construction of new generation passenger ships has increased, which differ in the level of comfort from the existing passenger fleet ships, the age of which is quite significant. In this regard, the question arises of optimizing the main characteristics and design elements of newly built ships in order to increase their comfort.

**Keywords:** comfort level, design elements, passenger ship optimization, ship dimensions, deck, passenger capacity.

В настоящее время наиболее крупные реки страны в силу объективных обстоятельств приобретают всё большее значение для обеспечения отечественных круизных путешествий на теплоходах. Показателем этого является растущий объем пассажирских перевозок и активное строительство на отечественных судостроительных верфях новых пассажирских судов с концепцией повышения уровня комфортабельности пребывания пассажиров на борту. В тоже время происходит процесс реновации пассажирских судов, находящихся в эксплуатации уже более сорока лет, направленный также на повышение комфорта, что качественно улучшает времяпровождение отдыхающих на судне. Однако с повышением уровня комфорта существенно повышается плата за отдых на судне [1].

На начальном этапе исследования при проектировании круизного судна в соответствии с техническим заданием необходимо ставить и решать конкретные задачи, определяющие оптимальные проектные элементы и характеристики:

- для судовладельца важно определиться с пассажировместимостью судна, так как большая вместимость, исходя из допустимых габаритов судового хода, может оказаться не соответствующей пассажиропотоку;

- уровень комфорта пребывания на судне, так как, с одной стороны, для его обеспечения придётся выделить определённую полезную площадь палуб, сократив пассажирские места, и в тоже время повышение уровня комфортабельности приведёт к повышению стоимости поездки на таком судне, что скажется на спросе и пассажиропотоке;

- актуален вопрос уровня комфортабельности самих пассажирских кают: все каюты делать, например, класса «Люкс», или же все трёх или четырехместными;

- исходя из известных рекомендаций об районировании кают одного класса актуален вопрос о палубности судна;

- обоснование скорости хода круизных судов имеет свои особенности. При заданной протяжённости линии эксплуатации у этих судов практически каждый день бывают остановки в городах с организацией экскурсий, поэтому надо учитывать среднесуточный пробег судна и среднее ежесуточное «стояние» по названным выше причинам;

- форма корпуса – коэффициенты полноты, соотношение главных размерений так же имеют свою специфику и должны выбираться решением экстремальной задачи исходя из размещения на судне всего перечня требуемых помещений [2].

На основании перечисленных задач оптимизации проектных элементов и характеристик можно сформулировать два варианта постановки задачи оптимизации пассажирского круизного судна.

**Вариант 1.** При заданных главных размерениях (длине и ширине), характеристиках линии протяжённости, среднесуточного стояночного времени и т.д. (вектор исходных данных  $X$ ), определить оптимальное значение комфортабельности («звёздность судна») и пассажировместимости с учётом уровня кают, палубность судна, при которых экономический критерий оптимизации  $F$  принимает экстремальное значение и будут выполняться все ограничения, характеризующие надлежащий уровень навигационных и эксплуатационно-технических качеств и требований (вектор  $Z$ ).

**Вариант 2.** При заданных пассажировместимости, характеристиках линии эксплуатации (их содержание см. вариант 1), определить оптимальное значение комфортабельности судна и пассажирских кают, коэффициента полноты водоизмещения, соотношения главных размерений, палубность и размерения судна, при которых экономический критерий оптимизации примет экстремальное значение и будут выполняться все ограничения по обеспечению навигационных и эксплуатационно-технических качеств.

Формальная общая математическая формулировка общих задач имеет следующий вид [3, 4]:

- при известном векторе исходных данных  $Y$

$$Y(y_1, y_2 \dots) \rightarrow const$$

- векторе нормативно-технических требований и ограничений

$$Z(z_1, z_2 \dots) \rightarrow const$$

найти оптимальные значения вектора оптимизируемых параметров

$$X(x_1, x_2 \dots) \rightarrow opt$$

при которых функция цели (критерий оптимальности) принимает экстремальное значение

$$F(X, Y, Z) \rightarrow \min(\max)$$

и выполняются ограничения, характеризующие выполнение навигационных и эксплуатационно-технических качеств

$$G_i(X, Y, Z) = 0 \quad i = 1, 2, 3 \dots m_l$$

$$G_j(X, Y, Z) \leq 0 \quad j = m_{l+1} \dots m$$

и требования к переменным

$$X_{min} \leq X_i \leq X_{max} \quad i = 1, 2, \dots n.$$

Ограничения в форме равенств  $G_i(X, Y, Z) = 0$  в задаче представляются уравнением плавучести, баланса масс, ходкости, уровня комфортабельности [4]. Такие качества как общая прочность, вместимость, остойчивость, непотопляемость определяются из условия не ниже нормируемых значений и представляются в форме неравенств  $G_j(X, Y, Z) = 0$ .

В качестве критерия оптимизации предлагается использовать экономический показатель двух видов. Первый – чистая прибыль за навигационный период работы судна

$$\Pi = F(X, Y, Z) \rightarrow max.$$

В качестве второго следует рассматривать величину срока окупаемости нового судна, как отношение объёма капитальных затрат  $K$  (строительная стоимость судна) к объёму годовой прибыли

$$K/\Pi = F(X, Y, Z) \rightarrow min.$$

Основное различие рассматриваемых задач состоит только в том, что в первой главные размерения заданы, их принимают максимальными исходя из учёта габаритов судового хода.

Во второй задаче задаётся пассажиропоток, величина которого заведомо не противоречит габаритам линии эксплуатации.

Первой особенностью по сравнению с задачами по оптимизации круизных судов и флота [5, 6] является необходимость учёта уровня комфортабельности, что отражается на расположении всех судовых помещений и возможности обеспечения пассажировместимости.

Решение этих задач требует предварительной разработки либо корректировки существующих методик расчёта различных качеств пассажирского судна, представленных в виде строгих равенств и неравенств, что составляет вторую проблемную трудность и особенность её реализации.



Особенность этих методик состоит прежде всего в том, что такие качества как пассажировместимость и комфортабельность зависят от расположения основных помещений на судне, являющихся в то же время варьируемыми параметрами. Это обстоятельство должно быть учтено при расчёте нагрузки масс, посадки судна, остойчивости. Такие расчёты применительно к пассажирским судам внутреннего плавания отсутствуют

Расчёт массы металлического корпуса  $P_{\text{МК}}$ , составляющий основную долю раздела «Корпус», выполняется в виде алгоритма прямых расчётов его металлических конструкций и их элементов [7, 8]. При этом исходным при известных главных размерениях является виртуальная форма корпуса (теоретический чертёж), конструктивный мидель-шпангоут и схема набора корпуса. В общем случае эта задача имеет следующий вид:

$$P_{\text{МК}} = \sum_i P_i$$

$$P_i = f_i(\bar{p}_i, n_i, \theta_i, S, U)$$

$$\sigma(S, U) < [\sigma(S, U)],$$

где  $P_i$  –  $i$ -ая составляющая массы металлического корпуса (обшивка, настил палуб, набор и т.д.);

$\bar{p}_i$  – удельная масса  $i$ -ого элемента;

$n_i$  – количество  $i$ -ых элементов;

$\theta_i$  – вектор параметров и характеристик  $i$ -ого элемента;

$S$  – вектор характеристик судна (главные размерения, шпация и т.д.);

$U$  – вектор нормативных требований, определяемых Правилам РКО;

$\sigma, [\sigma]$  – действующие и допускаемые нормативные напряжения в корпусе.

В совместных предыдущих исследованиях [9, 10] была предложена методика расчёта показателя уровня комфортабельности судна, как совокупного критерия многокритериальных характеристик комфорта

$$K = \sum_i a_i k_i,$$

где  $a_i, k_i$  –  $i$ -ые показатель и весовой коэффициент комфортабельности.

Это позволило выполнить расчёт и дать предварительную оценку уровню комфортабельности круизных судов. Однако, эта методика недостаточно точная и обоснованная, в связи с чем, она требует более детального изучения при решении вышеназванных задач.

В заключении следует отметить, что предложенные формулировки задач оптимизации пассажирского круизного судна и основные направления их реализации дают основание полагать, что их решение существенно повысит уровень обеспечения проектных требований к вновь создаваемым судам этого назначения.

### Список литературы:

1. Нгуен, Г. Х. Применение метода нелинейного программирования к решению задачи оптимизации главных элементов однокорпусных быстроходных пассажирских судов / Г. Х. Нгуен // Сборник научных трудов SWorld. – 2013. – Т. 1, № 3. – С. 46-50.
2. Гайкович, А.И. Теория проектирования водоизмещающих кораблей и судов. В 2 т. Т1. Описание системы «Корабль». – СПб.: изд. НИЦ МОРИНТЕХ, 2014 – 819с., 660рис., 154 табл., 766 формул, 688 ссылок.
3. Гайкович, А. И. Оптимизация корабля, использующая предпочтения проектанта / А. И. Гайкович // Морские интеллектуальные технологии. – 2021. – № 1-2(51). – С. 68-74. – DOI 10.37220/MIT..2021.51.1.027.



4. Китаев, М. В. Применение методов многокритериальной оптимизации для решения задачи проектирования судна / М. В. Китаев, И. А. Новосельцев // Научные проблемы водного транспорта. – 2023. – № 75. – С. 66-75. – DOI 10.37890/jwt.vi75.357.
5. Гуляев, И. А. Оптимизация комбинированного судна типа танкер/площадка на основе имитационного моделирования / И. А. Гуляев, Е. П. Роннов, Ю. А. Кочнев // Научные проблемы водного транспорта. – 2022. – № 71. – С. 29-45. – DOI 10.37890/jwt.vi71.249.
6. Суслов, А. Н. Пути оптимизации главных размерений современных судов-газовозов со сферическими грузовыми емкостями / А. Н. Суслов, Г. В. Тарица, М. А. Гулев // Морской вестник. – 2010. – № 1(33). – С. 67-68.
7. Ежов, Д. В. Исследование чувствительности модели масс металлического корпуса трюмного судна внутреннего и сметанного плавания / Д. В. Ежов // Вестник Волжской государственной академии водного транспорта. – 2004. – № 8. – С. 36-40.
8. Егоров, Г. В. Подходы к снижению металлоемкости корпусов судов смешанного плавания / Г. В. Егоров, О. Г. Егорова // Судостроение. – 2019. – № 5(846). – С. 36-40.
9. Роннов, Е. П. Методика оценка комфортабельности туристических речных судов / Е. П. Роннов, Д. А. Михеев, Ю. А. Кочнев // Речной транспорт (XXI век). – 2024. – № 2(110). – С. 26-29.
10. Михеев, Д. А. Анализ динамики уровня комфортабельности пассажирских судов внутреннего плавания / Д. А. Михеев, Ю. А. Кочнев, Е. П. Роннов // Актуальные вопросы инженерной отрасли : СБОРНИК НАУЧНЫХ ТРУДОВ. – Калининград : Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Калининградский государственный технический университет", 2024. – С. 47-54.

