

УДК 629.12

МОДЕЛЬ РАСЧЕТА МАССЫ МЕТАЛЛИЧЕСКОГО КОРПУСА КРУИЗНОГО ПАССАЖИРСКОГО СУДНА

Михеев Денис Александрович¹, аспирант

e-mail: mikheev_2001@mail.ru

Роннов Евгений Павлович¹, д.т.н., профессор, заведующий кафедрой ПиТПС

e-mail: kaf_ptps@vsuwt.ru

¹ Волжский государственный университет водного транспорта, Нижний Новгород, Россия

Аннотация. Весовая нагрузка масс пассажирского судна – наиболее важная его характеристика. На начальном этапе исследовательского проектирования расчёт массы металлического корпуса является сложной задачей из-за отсутствия необходимых точных данных по конструкции корпуса, прочности, массы оборудования и фундаментов под него. Поэтому создание программы расчёта массы металлического корпуса судна позволит упростить и ускорить расчёт, а также избежать ошибок, обеспечивая надёжную основу для дальнейшего проектирования. Кроме того, программа сможет дать наиболее верное представление о круизном судне на дальнейших этапах исследовательского проектирования.

Ключевые слова: проектирование судов, нагрузка масс, металлический корпус, круизное пассажирское судно, начальные этапы проектирования, программа расчёта.

CRUISE PASSENGER SHIP METAL HULL WEIGHT CALCULATION PROGRAM

Denis A. Mikheev¹, Doctoral Student

e-mail: mikheev_2001@mail.ru

Evgeny P. Ronnov¹, Professor, Doctor of Technical Sciences, head of the Department of PiTPS

e-mail: kaf_ptps@vsuwt.ru

¹ Volga State University of Water Transport, Nizhny Novgorod, Russia

Abstract. The weight load of a passenger ship is its most important characteristic. At the initial stage of research design, calculating the mass of a metal hull is a difficult task due to the lack of accurate data on the hull structure, strength, weight of equipment and foundations for it. Therefore, the creation of a program for calculating the mass of the metal hull of a vessel will simplify and speed up the calculation, as well as avoid errors, providing a reliable basis for further design. In addition, the program will be able to provide the most accurate picture of the cruise ship at further stages of research design.

Keywords: ship design, mass load, metal hull, cruise passenger ship, initial design stages, calculation program.

Решение задачи расчёта массы металлического корпуса круизного пассажирского судна сложно осуществить без разработки программы расчёта. Так как задача связана с корпусом круизного пассажирского судна, то на конечный результат будет оказывать влияние класс судна, его архитектурно-конструктивные особенности, расчётные размеры корпуса судна и надстройки, условия эксплуатации и многие другие факторы. Все это необходимо учитывать уже на начальных этапах разработки программы [1]. В работе рассматриваются цели и задачи программы расчёта, основные этапы разработки программы, обоснование выбора алгоритма расчёта с учётом дополнительных факторов [2].

Существующие методы расчёта массы металлического корпуса судна:

- пересчет с данных близкого судна- прототипа с использованием измерителей массы и соответствующих модулей;

- постатейный метод (прямой);

- метод относительной массы (статистический) [3].

Однако, все перечисленные методы трудоёмки и недостаточно точны. В связи с этими обстоятельствами, возникла необходимость разработки программы постатейного расчёта массы металлического корпуса судна, которая позволит выполнить расчёт с наибольшей точностью, сократив время, и учитывая влияние класса судна, его архитектурно-конструктивные особенности, расчётные размеры и форму корпуса судна и надстройки, условия эксплуатации и многие другие факторы [4].

Разработка программы расчёта массы металлического корпуса круизного судна требует последовательного решения следующих задач:

1. **Определение исходных данных.** Для расчёта массы металлического корпуса требуются следующие проектные данные:

- главные проектные элементы судна (длина, ширина, высота, форма элементов);
- характеристики материала (плотность, предел текучести, другие физические свойства);
- данные о геометрии
- параметры, связанные с архитектурно-конструктивным типом объекта (класс судна, расположение, наличие бака и юта и т. п.) [5].

3. **Учёт конструктивных особенностей.** Для повышения точности расчёта нужно разработать алгоритм, который будет учитывать специфику конструкции. Так как, масса корпуса будет рассчитываться как сумма масс его основных конструктивных элементов, каждый из которых определяется.

4. **Автоматизация расчётов для различных типов металлоконструкций.** Программа может поддерживать расчёт массы различных видов металлопроката (балки, листы, трубы, уголки, швеллеры и др.), а также цветного металлопроката и силовых кабелей.

5. **Учёт дополнительных факторов.** В зависимости от задачи программа должна учитывать дополнительные параметры, такие как нагрузки, условия эксплуатации, технологические особенности изготовления.

6. **Обеспечение точности и надёжности расчётов.** Для этого могут, путём сопоставления анализа с тестовыми значениями, использоваться статистические данные, сравнение результатов с известными методами или эталонными значениями, а также валидация на тестовых примерах.

Программа расчёта массы основывается на математической модели, которая использует в качестве исходных данных геометрические характеристики корпуса проектируемого судна. На начальных этапах исследовательского проектирования, математическая модель позволяет определить длины отсеков, из которых состоит судно. Затем, на основании



зависимостей, взятых из Правил РКО [6] определяются основные размеры и типы связей, а также другие элементы конструкции корпуса судна.

При проектировании конструктивного миделя производится расстановка набора главного и перекрёстного направления, рассчитывается количество холостых и рамных продольных балок по днищу, второму дну, палубе, наружным и внутренним бортам, поперечным переборкам, а также количество пиллерсов. Аналогично рассчитывается количество рамных и холостых балок поперечного набора в средней части, машинном отделении, в оконечностях, комингсах ограждения палуб и люковых вырезов.

Например, рамный набор наружного борта подбирается по моменту сопротивления поперечного сечения, который определяется по формуле:

$$W=10 \cdot k \cdot H_c \cdot d, \quad (1)$$

где H_c – высота борта на миделе;

k -коэф-т, определяемый по формуле: $k = \sqrt{(2+0,085 \cdot L)}$;

d – расстояние между рамными бортовыми шпангоутами

После расчёта конструктивного миделя и выполнения его чертежа, дальнейший расчет массы отдельных элементов корпуса производится по формулам, взятым из источника [7].

- Вес обшивки - $R_{об} = k_1 \cdot g_1 \cdot L$
- Вес холостых шпангоуов в р-не ДД - $P_{fdd} = k_4 \cdot g_{12} \cdot F_{12} \cdot n_2$
- Вес поперечного набора судна $P_{fpn} = k_4 \cdot g_{12} \cdot F_{12} \cdot n_2$
- Вес рамных бимсов и полубимсов $U_{cp} = (F_4 \cdot U + f_p \cdot U_n) / F_4$

В общем случае модель расчёта массы металлического корпуса круизного пассажирского судна является комплексной системой, которая включает выбор подходящего метода (от укрупнённых расчётов с модулями до постатейного учёта элементов конструкции), учёт ключевых факторов и использование статистических данных или виртуальных моделей. Точность результата зависит от стадии проектирования и полноты исходных данных. На начальном этапе разработки применяются приближённые методики с использованием модулей, а по мере уточнения проекта целесообразно перейти к более детальным расчётам.

В настоящее время проводится отладка и корректировка разработанной программы, при этом получаемые результаты при программировании показывают близкое приближение данных к исходным данным по судну проекта 8714. Планируется анализ получаемых результатов и дальнейшее наполнение программы исходными данными. Программа для расчёта массы металлического корпуса круизного пассажирского судна требует решения ряда задач, связанных с определением исходных данных, алгоритмов обработки информации и обеспечения точности результатов.

При разработке программы также будут учтены требования к безопасности, масштабируемости и совместимости с другими системами, предусмотренными функционалом [8].

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. 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.



3. 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.
4. Егоров, Г. В. Подходы к снижению металлоемкости корпусов судов смешанного плавания / Г. В. Егоров, О. Г. Егорова // Судостроение. – 2019. – № 5(846). – С. 36-40.
5. 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.
6. Правила классификации и постройки судов (ПКПС). Т. 3 – М., 2015. – 385 с.
7. Вицинский, В. В. Основы проектирования судов внутреннего плавания / В.В. Вицинский, А. П. Страхов.
8. Купальцева, Е.В. Определение составляющих нагрузки масс «малых» пассажирских судов на начальном этапе проектирования [Текст] / Е.В. Купальцева // Вестник волжской государственной академии водного транспорта. 2015. № 45. С. 181-188.

