

УДК 629.122

**РАСЧЁТ НАГРУЗКИ МАСС НАЛИВНОГО СУДНА С НАДПАЛУБНЫМ
СУХОГРУЗНЫМ ЯЩИКОМ В НАЧАЛЬНОЙ СТАДИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ****Мочалов Константин Павлович¹**, аспирантe-mail: kostya-m-99@mail.ru**Роннов Евгений Павлович¹**, д.т.н., профессорe-mail: kaf_ptps@vsuwt.ru¹ Волжский государственный университет водного транспорта, Нижний Новгород, Россия

Аннотация. В статье приводится расчёт нагрузки масс для предлагаемого архитектурно-конструктивного типа наливного судна с надпалубным сухогрузным ящиком, при котором жидкий груз располагается в корпусе судна, а сухой груз расположен на палубе в закрытом ящике. Рубка с надстройкой расположена в носовой части судна, машинное отделение в корме. Надпалубный сухогрузный ящик размещается на продольных и поперечных фермах на палубе. Описаны модули и измерители масс каждой статьи нагрузки масс.

Ключевые слова: судно внутреннего плавания, судно смешанного плавания, надпалубный сухогрузный ящик, нефтерудовоз, комбинированное судно.

**CALCULATION OF THE MASS LOAD OF BULK VESSEL WITH ABOVE DECK DRY
CARGO BOX AT INITIAL DESIGN STAGE****Konstantin P. Mochalov¹**, Doctoral Studente-mail: kostya-m-99@mail.ru**Evgeniy P. Ronnov¹**, Doctor of Technical Sciences, Professore-mail: kaf_ptps@vsuwt.ru¹ Volga State University of Water Transport, Nizhny Novgorod, Russia

Abstract. This article presents mass load calculations for a specialized bulk vessel design. The ship features a split-cargo system: liquid cargo is stored inside the hull, and dry cargo is kept in a closed box elevated on longitudinal and transverse deck trusses. Ergonomically, the deckhouse and superstructure occupy the bow, while the propulsion machinery is situated in the stern. The modules and mass meters of each article of the mass load are described.

Keywords: inland navigation ship, river-sea-going ship, above-deck dry cargo hold, ore-oil tanker, combination bulk carrier.

В работах [1-3] выполнено большое исследование о текущем состоянии комбинированного флота в России: проведён сравнительный анализ эффективности между

обычным наливным танкером с наиболее известными типами комбинированных судов аналогичного класса и грузоподъёмности, а также были отмечены основные проблемные вопросы, возникающие при условии эксплуатации этих типов на внутренних и смешанных (река-море) перевозках. Учитывая отмеченные проблемы, в работах [4] и [5] предложен новый архитектурно-конструктивный тип (АКТ) комбинированного судна с надпалубным сухогрузным ящиком (танкер/НСЯ) (рис. 1) и разработана приближённая математическая модель расчёта его нагрузки масс.



Рисунок 1 – Боковой вид комбинированного судна танкер/НСЯ

В модели [5] использовались данные судов советского периода и с кормовым расположением надстройки с рулевой рубкой. Для начального проектирования весовой нагрузки современных судов необходимо учитывать текущие правила проектирования судов, таких как РКО и МАРПОЛ. В 2011-2013 гг. это было приведено в работе Егорова А.Е. [6], однако данные приведены больше для судов смешанного море-река плавания на высоту волны h_b : 2,5; 4,5; 6; 7 м. В статье Егорова А.Е. [6] подробно расписаны измерители масс для каждой статьи сухогрузных и наливных судов море-река плавания.

Предлагаемый АКТ танкер/НСЯ проектируется под класс РКО: М-СП, М-ПР и М.

В данной работе предлагается:

1. Рассчитать измерители масс каждой статьи нагрузки масс по данным работы [6] методом интерполяции на высоту волны 3 и 3,5 метра. Такой же принцип использовался в статьях [7] и [8] при формировании 3D модели корпуса буксирного судна;
2. К полученным значениям добавить надбавку, учитывающую носовое расположение надстройки с рубкой и надстройки над МО в корме;
3. Рассчитать водоизмещение типового судна с помощью полученных измерителей масс и сравнить его с водоизмещением рассчитанного по известным традиционным зависимостям проектирования судов.

В таблице 1 приведены рассчитанные измерители масс для соответствующих высот волны.

Таблица 1. Модули и измерители масс с поправкой

Статья нагрузки	Формула	Измеритель масс при высоте волны, м	
		$h_b = 3,0$	$h_b = 3,5$
Металлический корпус без надстроек и рубок, ледовых подкреплений	$P_{mk} = p_{mk} \cdot L \cdot B \cdot H \cdot \delta$	0,1005	0,1026
Ледовые подкрепления	$P_{лп} = p_{лп} \cdot L$	0,5235	0,5520
Надстройки и рубки	$P_{нр} = p_{нр} + \left(\frac{\sum_1^a l_n \cdot h_n + \sum_1^b l_p \cdot h_p}{L} \right) \cdot n_{эк}$	1,0676	1,0764
Подкрепления и фундаменты	$P_{пф} = p_{пф} \cdot L$	0,4129	0,4037

Продолжение Таблицы 1

Дельные вещи	$P_{дв} = p_{дв} \cdot (L \cdot B \cdot H)^{0,67}$	0,0452	0,0491
Окраска, покрытия, цементировка	$P_{оп} = p_{оп} \cdot (L \cdot B \cdot H)^{0,67}$	0,0566	0,0554
Изоляция, зашивка	$P_{из} = p_{из} \cdot (L \cdot B \cdot H)^{0,67}$	0,1220	0,1230
Оборудование помещений	$P_{об} = p_{об} + \left(\frac{\sum_1^a l_n \cdot h_n + \sum_1^b l_p \cdot h_p}{L} \right) \cdot n_{эк}$	0,1748	0,1709
Судовые устройства	$P_y = p_y \cdot (L \cdot B \cdot H)^{0,67}$	0,4773	0,5009
Общесудовые системы	$P_{ос} = p_{ос} \cdot (L \cdot B \cdot H)^{0,67}$	0,1238	0,1334
Судовая энергетическая установка (включая электроэнергосистему)	$P_{сэу} = \frac{p_{сэу} \cdot N_e}{n}$	0,6508	0,6663

где L, B, H – длина, ширина, высота борта соответственно, м;

δ – коэффициент полноты корпуса;

l_n, l_p – длина надстройки и рубки соответственно, м;

h_n, h_p – высота надстройки и рубки соответственно, м;

a, b – количество надстроек и рубок соответственно;

$n_{эк}$ – количество экипажа, чел.;

N_e – мощность СЭУ, кВт;

n – количество ГД.

Приведённые измерители масс в Таблице 1 также учитывают носовое расположение жилой надстройки и рулевой рубки, но не учитывают наличие ящика над палубой для сухого груза.

В таблице 2 приведены сравнительные расчёты водоизмещения традиционным методом и по рассчитанным измерителям масс для типового судна с грузоподъёмностью 5000 т [4].

Таблица 2. Сравнение водоизмещения судна

Характеристика судна	Традиционный расчёт	Предложенный расчёт	Расхождение, %
Класс	М-СП	М-СП	-
Грузоподъёмность, т	5000	5000	-
Длина, м	135	135	-
Ширина, м	16,5	16,5	-
Осадка, м	3,6	3,6	-
Высота борта, м	6,8	6,8	-
Коэффициент общей полноты	0,830	0,830	-
Мощность СЭУ, кВт	1765	1765	-
Водоизмещение порожнём, т	2002	2097	4,7

Погрешность в определении водоизмещения составляет 4,7 процента, что для этапа исследовательского проектирования можно считать хорошим результатом.

Полученные результаты можно использовать для дальнейшего развития модели проектирования судна типа танкер/НСЯ [4, 5, 9].

Как отмечалось ранее, измерители масс в данной статье не учитывают надпалубный ящик из-за большого количество неопределённых переменных. Для их определения необходимо провести предварительный расчёт остойчивости и прочности судна что будет проводится в дальнейшем развитии предложенной математической модели проектирования судна типа танкер/НСЯ [4, 5, 9].



Список литературы:

1. Гуляев И. А. Классификация и архитектурно-конструктивные особенности комбинированных судов / Гуляев И. А., Роннов Е. П. // № 62 (2020): Научные проблемы водного транспорта, С. 40–50. – DOI 10.37890/jwt.vi62.38.
2. Гуляев И. А. Оптимизация комбинированного судна типа танкер/площадка на основе имитационного моделирования / Гуляев И. А., Кочнев Ю.А., Роннов Е. П. // № 71 (2) (2022): Научные проблемы водного транспорта, С. 29–45, DOI 10.37890/jwt.vi71.249.
3. Гуляев И. А. Расчет грузовместимости комбинированных судов в задаче оптимизации главных элементов / Гуляев И. А., Роннов Е. П. // № 68 (2021): Научные проблемы водного транспорта – С. 59-67. – DOI 10.37890/jwt.vi68.184.
4. Мочалов К.П. Комбинированное судно с надпалубным сухогрузным трюмом. / Мочалов К.П., Роннов Е.П. // Труды 4-го Международного научно-промышленного форума. «Транспорт. Горизонты развития» (23-26 апреля 2024 г.), ФГБОУ ВО «ВГУВТ». – URL: http://вф-река-море.рф/2024/PDF/4_46.pdf (дата обращения 21.04.2025).
5. Мочалов, К. П. Расчёт нагрузки масс комбинированного судна с надпалубным сухогрузным трюмом / К. П. Мочалов, Е. П. Роннов // Транспорт. Горизонты развития : Труды 5-го Международного научно-промышленного форума, Нижний Новгород-Новосибирск-Владивосток, 20–23 мая 2025 года. – Нижний Новгород: Волжский государственный университет водного транспорта, 2025. – С. 97. – EDN ERTAAF.
6. Егоров, А. Г. Определение весовой нагрузки судов смешанного "река-море" плавания нового поколения в начальной стадии проектирования / А. Г. Егоров // Морской вестник. – 2013. – № 4(48). –С. 019-022.
7. Давыдова, С. В. Методика автоматизированного формирования судовой поверхности буксирного судна / С. В. Давыдова, К. П. Мочалов // Научные проблемы водного транспорта. – 2023. – № 75. – С. 36-50. – DOI 10.37890/jwt.vi75.365. – EDN SGPOJU.
8. Давыдова, С. В. Сравнительный анализ создания теоретического чертежа в программах "Ткорпус" и "FreeShip" / С. В. Давыдова, К. П. Мочалов // Научные проблемы водного транспорта. – 2022. – № 72. – С. 30-40. – DOI 10.37890/jwt.vi72.276. – EDN KUAITN.
9. Мочалов, К. П. Остойчивость наливного судна с надпалубным ящиком / К. П. Мочалов, Е. П. Роннов // Транспорт. Горизонты развития : Труды 5-го Международного научно-промышленного форума, Нижний Новгород-Новосибирск-Владивосток, 20–23 мая 2025 года. – Нижний Новгород: Волжский государственный университет водного транспорта, 2025. – С. 96. – EDN LWAPAY.

