

УДК 629.122

РАСЧЁТ НАГРУЗКИ МАСС КОМБИНИРОВАННОГО СУДНА С НАДПАЛУБНЫМ СУХОГРУЗНЫМ ТРЮМОМ**Мочалов Константин Павлович¹**, аспирант*e-mail:* kostya-m-99@mail.ru**Роннов Евгений Павлович¹**, доктор технических наук, профессор*e-mail:* eronnov@mail.ru¹ Волжский государственный университет водного транспорта, Нижний Новгород, Россия

Аннотация. В статье приведён расчёт нагрузки масс для предлагаемого архитектурно-конструктивного типа комбинированного судна типа «танкер/НСТ», при котором жидкий груз располагается в корпусе судна, а сухой груз расположен на палубе в закрытом трюме. Рубка с надстройкой расположена в носовой части судна, а машинное отделение в отдельной надстройке в корме. Надпалубный сухогрузный трюм размещается на продольных и поперечных фермах на палубе. Описана модель для системного расчёта размерений, водоизмещения и нагрузки масс танкера/НСТ. Построены графики для определения измерителя массы корпуса танкера/НСТ для проектирования под разные классы РКО.

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

CALCULATION OF THE MASS LOAD OF COMBINATION BULK CARRIER WITH ABOVE DECK DRY CARGO COMPARTMENT**Mochalov Konstantin Pavlovich¹**, Doctoral Student*e-mail:* kostya-m-99@mail.ru**Ronnov Evgeniy Pavlovich¹**, Doctor of Technical Sciences, Professor*e-mail:* eronnov@mail.ru¹ Volga State University of Water Transport, Nizhny Novgorod, Russia

Abstract. The article provides a calculation of the mass load for the proposed architectural and structural type of a combined tanker/ADDCC type vessel, in which the liquid cargo is located in the hull of the vessel, and the dry cargo is located on the deck in a closed hold with a height up to the wheelhouse. The deckhouse with superstructure is located a forward of the vessel, and the engine room has a separate superstructure in the stern. The above-deck dry cargo hold is placed on longitudinal and transverse trusses on the deck. A model for the system calculation of the dimensions, displacement and mass load of a tanker/ADDCC is described. Graphs have been constructed to determine the mass meter of hull is tanker/ADDCC for design for different classes of RCS.

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

В работах [1-3] выполнено большое исследование о текущем состоянии комбинированного флота в России. В частности был проведен сравнительный анализ эффективности между обычным наливным гладкопалубным танкером класса «М-СП» грузоподъемностью 5000 тонн с наиболее популярными типами комбинированных судов аналогичного класса и грузоподъемности: 1. Комбинированное судно типа «танкер/площадка»; 2. Нефтерудовоз типа Ore/Oil carrier и Oil/Bulk carrier (ОО и ОВ) – судно типа «танкер/бункер»; 3. Судно типа Oil/Bulk/Ore carrier (ОВО) «танкер/трюмный».

А также выделены основные проблемы: 1. Ограничения на суда внутреннего плавания, накладываемые габаритами судового хода, что приводит к уменьшению грузоподъемности по основному наливному грузу; 2. Необходимость предусматривать коффердам между сухим трюмом и нефтеналивным танком при перевозке типовых грузов, например зерна, что приведёт к потере чистой вместимости.

Учитывая отмеченные проблемы в работе [4] предложен новый архитектурно-конструктивный тип (АКТ) комбинированного судна с надпалубным сухогрузным трюмом (танкер/НСТ) (рис. 1).

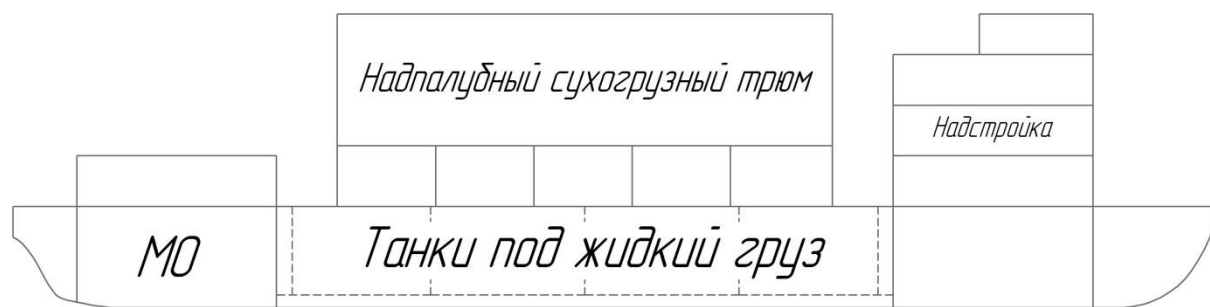


Рисунок 1 – Боковой вид комбинированного судна танкер/НСТ

Также в работе [4] приведены три вопроса для исследования нового АКТ судна: 1. Оценка дополнительной массы в виде надпалубного трюма на экономическую эффективность судна; 2. Влияние подъема сухогрузного трюма на остойчивость в различных условиях эксплуатации судна для определения безопасных вариантов и ограничений на расположение сухогрузного трюма; 3. Необходимость разработать модель системной оптимизации проектных элементов и характеристик судна.

В статье будет рассмотрен третий вопрос.

При проектировании судна часто используют формулы, связанные с пересчётом по судну-прототипу. При расчёте проектных элементов и характеристик нового АКТ судна прототипов нет. Судно танкер/НСТ отличается от обычного танкера наличием надпалубного сухогрузного трюма. Поэтому для создания модели решено использовать построенные за последние 50 лет танкеры с добавлением надпалубного сухогрузного трюма.

Всего в модели 74 судна. Это 6 нефтерудовозов и 68 танкеров. Отличающихся по: классу РКО (от Р до М-СП), грузоподъёмности (от 150 до 5300 т) и длине (от 42 до 140 м). В статье будут приведены часть судов класса М-СП.

Главные элементы и размерения судов-прототипов приведены в таблице 1.

Таблица 1. Параметры судов-прототипов класса М-СП

Проект	621	1570	15790	630	1578	550	558
Тип судна	Танкер	Нефте- рудовоз	Нефте- рудовоз	Танкер	Танкер	Танкер	Танкер
Грузоподъемность	2100	2700	2800	4620	4900	5000	5000
Длина	117,72	115,41	122,1	134,12	136,8	128,6	128,6
Ширина	14,8	13	13,5	16,5	16,6	16,5	16,5
Высота борта	5,2	5,8	6,5	6,4	6,85	5,5	5,5
Осадка в грузу	2,5	3,54	3,7	3,7	4,03	3,52	3,52
Водоизмещение в грузу	3680	4367	5346	6985	7562	6460	6460
Водоизмещение в грузу с НСТ	4099	4864	5955	7781	8423	7195	7195
Водоизмещение порожнем	1190	1396	1750	2209	2400	1981	1981
Водоизмещение порожнем с НСТ	1609	1893	2359	3005	3261	2716	2716
Коэффициент общей полноты	0,845	0,822	0,877	0,853	0,826	0,865	0,865
Скорость хода на тихой воде	19	20,3	20,4	19	20,4	19,6	19,6
Мощность СЭУ	1280	970	1500	1766	1765	1470	1470
Адмиралтейский коэффициент	1277	2304	1730	1419	1853	1777	1777
Кубический модуль	9060	8702	10714	14163	15556	11670	11670
Коэффициент утилизации	0,571	0,618	0,524	0,661	0,648	0,774	0,774
Измеритель массы корпуса	0,174	0,192	0,238	0,167	0,171	0,125	0,125
Измеритель массы механизмов	0,266	0,345	0,386	0,316	0,356	0,223	0,223
Соотношение L/B	7,95	8,88	9,04	8,13	8,24	7,79	7,79
Соотношение L/H	22,64	19,90	18,78	20,96	19,97	23,38	23,38
Соотношение T/B	0,169	0,272	0,274	0,224	0,243	0,213	0,213

По параметрам из таблицы 1 и задаваемым параметрам (обычно это грузоподъемность и класс судна) в модели определяются размерения и водоизмещение проектируемого судна танкер/НСТ в первом приближении.

Следующим этапом проектирования судна является расчёт нагрузки масс [2]. Для определения составляющих нагрузки масс P_i проектируемого судна будет использоваться пересчёт по модулю масс:

$$P = \sum (P_i \cdot a),$$

где a – отношение модуля массы судна-прототипа:

$$a = \frac{(P_i)_{np}}{(\psi)_{np}},$$

где $(P_i)_{np}$ – составляющая нагрузки массы судна-прототипа из таблицы 2 (металлический корпус, неметаллический корпус, окраска и т.д.);

$(\psi)_{np}$ – модуль массы судна-прототипа.

Таблица 2. Нагрузка масс судов-прототипов класса М-СП

Нагрузка масс							
КОРПУС	931	1105	1352	1768	1914	1633	1633
Металлический корпус и надстройка	692	821	1005	1313	1422	1214	1214
Неметаллические части корпуса и надстройки	40	48	59	77	83	71	71
Оборудование помещений	11	13	16	21	23	19	19
Окраска, цементировка, изоляция и др.	55	66	80	105	113	97	97
Дельные вещи	26	31	37	49	53	45	45
Судовые устройства	63	74	91	119	129	110	110
Палубные механизмы	33	39	48	63	68	58	58
Снабжение и инвентарь	11	13	16	21	23	19	19



НСТ	419	497	609	796	861	735	735
МЕХАНИЗМЫ	126	133	204	189	213	117	117
Главные двигатели	69	73	111	103	116	64	64
СИСТЕМЫ	44	52	64	84	91	78	78
ЭЛЕКТРОБОРУДОВАНИЕ, РАДИООБОРУДОВАНИЕ И СВЯЗЬ	26	31	37	49	53	45	45
ЗАПОЛНЕНИЕ МЕХАНИЗМОВ И СИСТЕМ	18	22	27	35	38	32	32
СВАРНЫЕ ШВЫ	10	12	15	20	21	18	18
ЗАПАС ВОДОИЗМЕЩЕНИЯ	35	41	51	64	70	58	58
Дедвейт	145	153	234	218	245	134	134

Для определения измерителя массы корпуса танкера/НСТ необходимо учитывать НСТ для этого в модели определяется масса НСТ в зависимости от размерений судна-прототипа, и строятся графики измерителя массы корпуса судна-прототипа в зависимости от: 1. Грузоподъёмности; 2. Водоизмещения в грузу; 3. Водоизмещения порожнём; 4. Коэффициента общей полноты; 5. Скорости хода судна; 6. Мощности СЭУ; 7. Адмиралтейского коэффициента; 8. Кубического модуля; 9. Коэффициента утилизации; 10-12. Соотношений L/B, L/H, T/H.

Наибольшую точность (сходимость) показали графики (рис. 2) в зависимости от: коэффициента утилизации ($R^2=0,9374$), коэффициента общей полноты ($R^2=0,9319$), скорости хода судна ($R^2=0,9284$), соотношения L/H ($R^2=0,8932$).

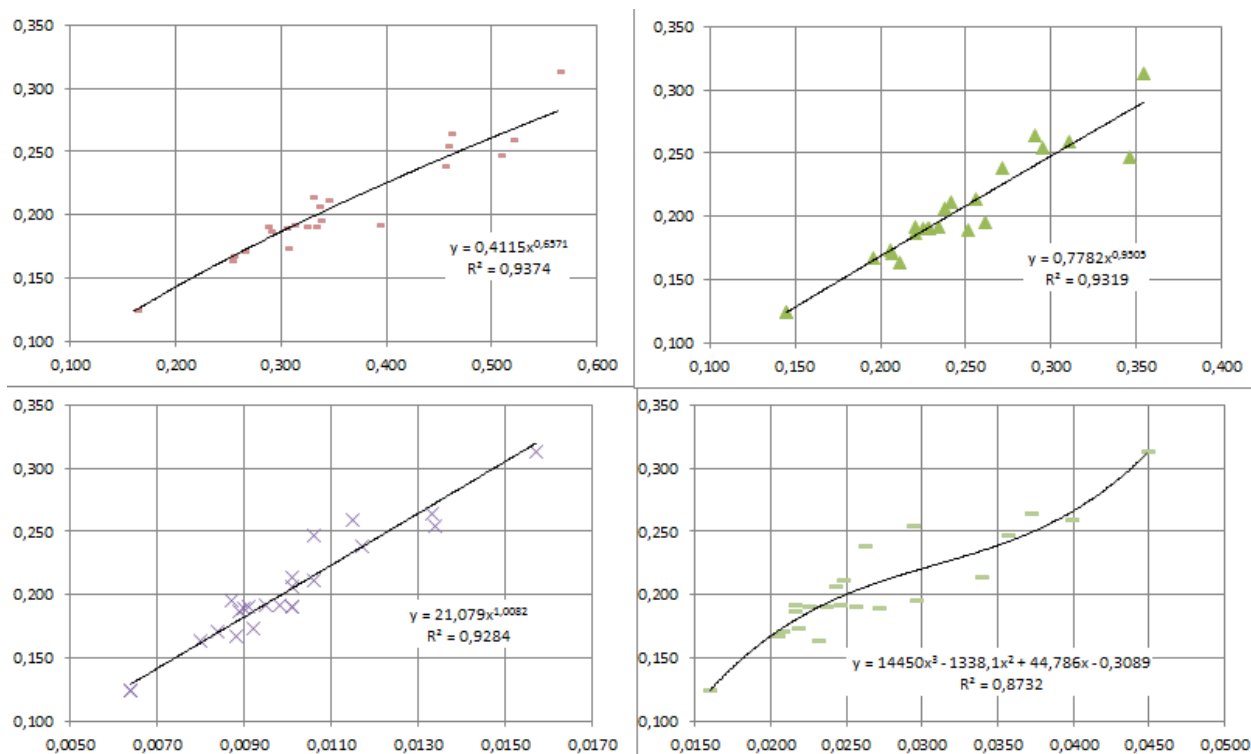


Рисунок 2 – Графики зависимости измерителя массы корпуса танкера/НСТ от: коэффициента утилизации ($R^2=0,9374$), коэффициента общей полноты ($R^2=0,9319$), скорости хода судна ($R^2=0,9284$), соотношения L/ H ($R^2=0,8932$).

В модели такие графики строятся отдельно для классов РКО (М-СП, М-Пр, М, О-Пр, О, Р,). В таблицах 1 и 2 выделены массы НСТ и Водоизмещение судна с учётом НСТ рассчитанные по графикам на рисунке 2.

Следующими этапами в разработке модели являются: 1. Построение теоретического чертежа и расчёт эго элементов; 2. Расчёт остойчивости и непотопляемости судна; 3. Расчёт ходкости; 4. Расчёт общей и местной прочности судна; 5. Расчёт экономических показателей судна.

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).

