



Седьмая международная научно-практическая конференция
«Имитационное и комплексное моделирование
морской техники и морских транспортных систем»
(ИКМ МТМТС-2023)

**ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ ПРЯМОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ СУДОВ
КАК СРЕДСТВА ИНФОРМАЦИОННОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ
ИМИТАЦИОННЫХ МОДЕЛЕЙ
МОРСКИХ ТРАНСПОРТНЫХ
СИСТЕМ**

Таровик О.В., Топаж А.Г., Крестьянцев А.Б.
ООО «Бюро Гиперборея», ФГУП «КГНЦ»

22 июня 2023, Кронштадт

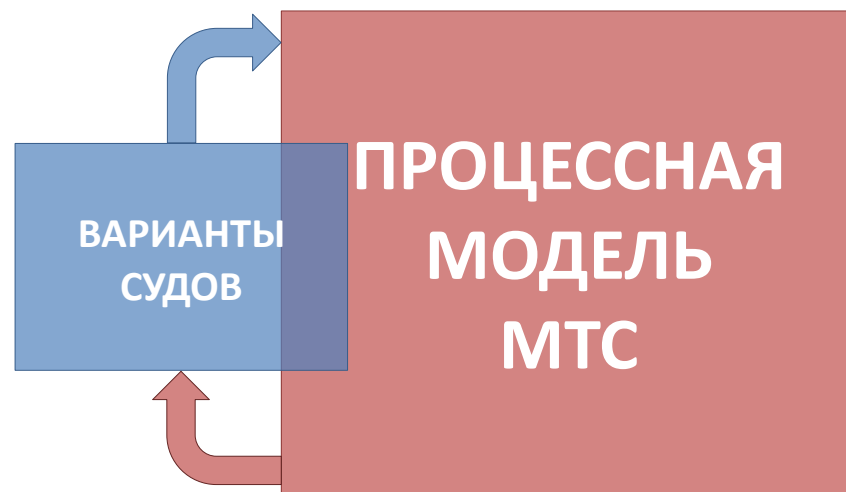


«Проектант» судов



- Детальная параметрическая модель судна (обводы, грузовые пространства, нагрузка масс и т.п.)
- Непрерывная оптимизация характеристик судна по технико-экономическому критерию, значение которого рассчитывается в упрощенной модели МТС.
- «Внешняя» и «внутренняя» задачи проектирования.
- Этот подход стал основой эволюции характеристик транспортных судов в период 1960-1990 х годов
- Ограничения на дальнейшее применение: предельные габариты, размер товарной партии груза, стоимость и сроки доставки груза и др.

«Логист»

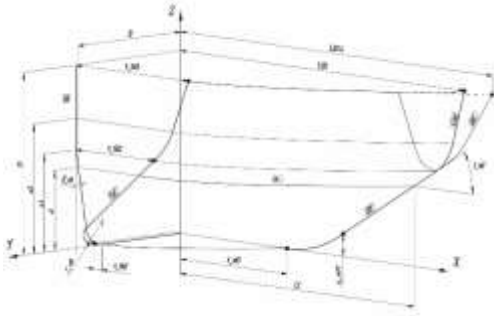


- Детализированная процессная имитационная модель МТС и портовой инфраструктуры.
- Высокая сложность модели МТС. Цифровой двойник
- Используется вариантный ряд судов. Каждый проект описывается набором технико-эксплуатационных параметров и олицетворяет собой некую проектную альтернативу
- Подход обеспечивает удобство рассмотрения альтернативных вариантов судна заданного архитектурно-конструктивного типа в условиях действия проектных ограничений (например, выбор «ВРК/валы», «Arc6/Arc7» и др.)

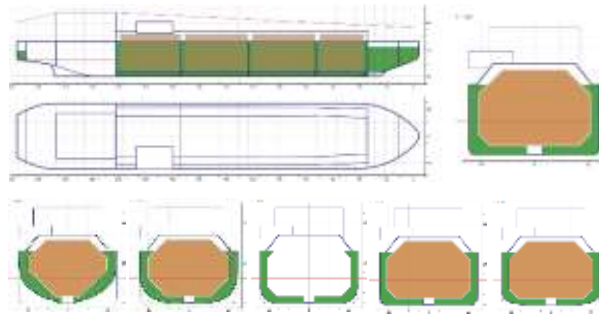


Идея проектной модели

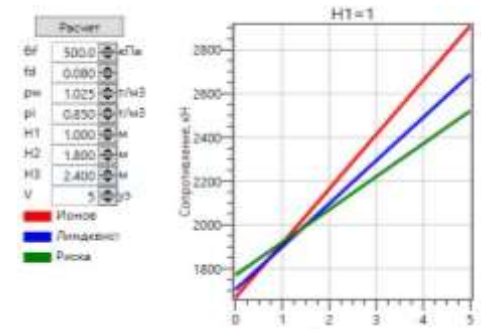
① Параметрическая модель обводов судна



② Размещение груза и геометрия балластных цистерн

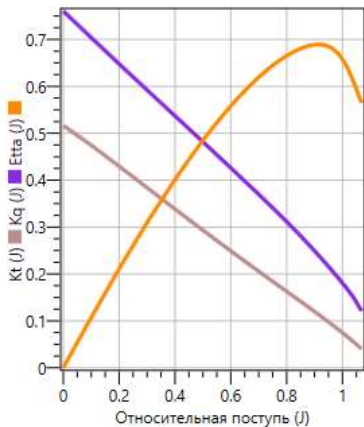


③ Сопротивление во льдах и на чистой воде

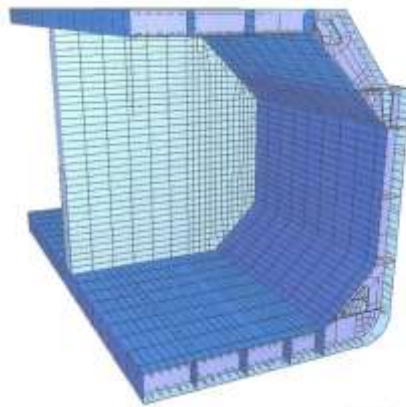


КОНЦЕПЦИЯ ПРЯМОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ

④ Подбор гребных винтов



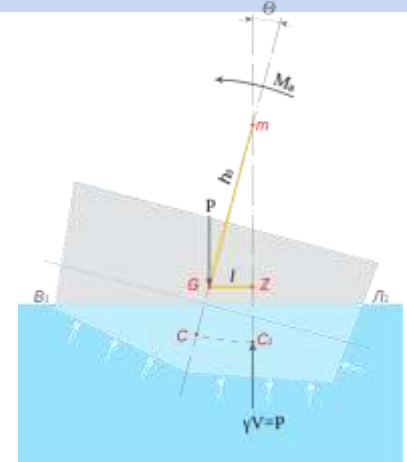
⑤ Конструкция корпуса в центральном отсеке



⑥ Детальный расчет нагрузки масс

Наименование	Масса (т)	Объем (м ³)	Длина (м)
Металлический корпус:			
Степной сварной корпус (по чертежам)	29352	10136	140
Конструкция надстроек	1997	2861	36,8
Конструкция вспомогательной	150	227,6	27,2
Ледовые утолщения	1759	146,2	9,6
Оборудование корпуса:			
Конструкция системы крепления груза	9882	123,7	16,6
Система катания и обслуживания (СКО)	306	127,8	16,7
Объединенная система	140	150,1	19,8
Лестницы и шлюзовые устройства	349	79,9	10,9
Подъемные устройства	17	23,6	7,6
Датчики веса	757	111,3	27,6
Поручни, козырьки и ограждения	242	176,1	20,2
Лестничные ограждения, поручни	168	223,6	29,1
Детальный расчет:			
Длина стержня (L _{стержня})	176,6	364,6	17,2
Детальный расчет сопротивления движению по льду (СОД)			
Утолщение ДТ на уровне обслуживания	1222	241,8	19,6
Утолщение ДТ	9	211,9	20,6
Утолщение ДТ (по СНиП)	208	221,4	22,4
Утолщение ДТ (по СНиП)	225	221,4	22,4
Утолщение ДТ (по СНиП)	24	221,4	22,4
Средний катан	288	259,6	22,4
Корпусной и детальной системы крепления груза	384	321,7	26,6
Средний катан	1320	244,4	16,2
Детальный расчет сопротивления движению по чистой воде (СОЧ)			
Корпус и надстройка	168	244,4	16,2
Детальное сопротивление движению	900	244,4	16,2
Полное сопротивление движению	1068	244,4	16,2
Корпусной системы	6222	244,4	16,2

⑦ Анализ посадки и остойчивости



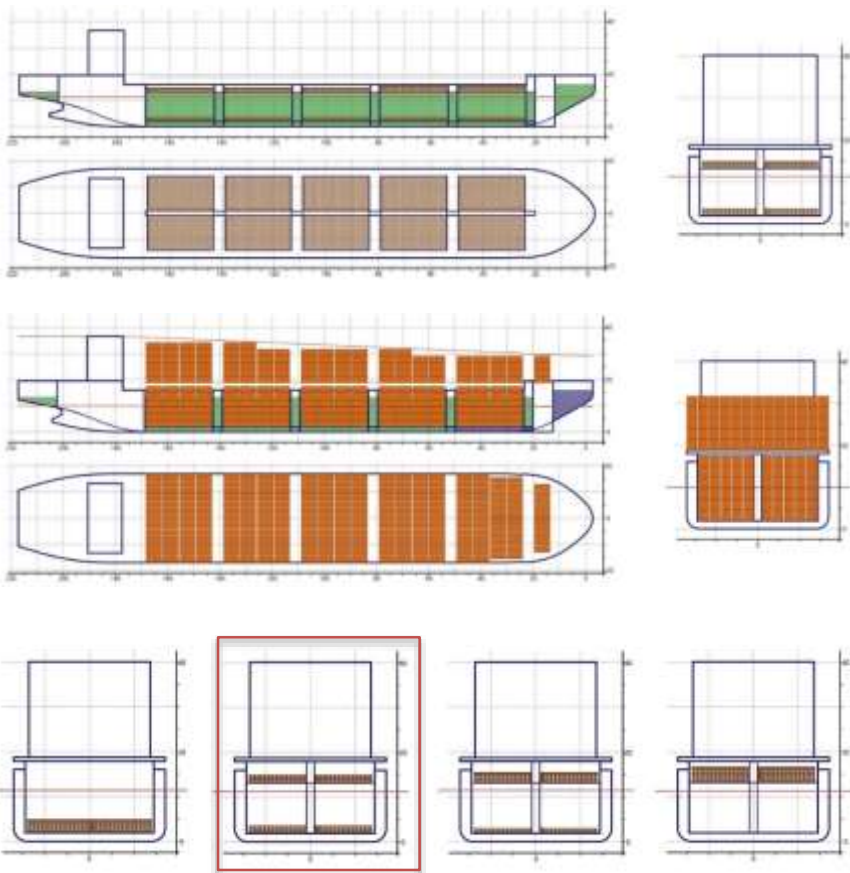


Верификация

Параметр		Енисей	Штурман Альбанов	Василий Динков	Кирилл Лавров	Мастера	Алексей Косыгин	Кристоф де Маржери	Проект G006 GTT	Норильский Никель
Грузовместимость (100%), м ³	Модель	20 185	54 953	86 471	86 676	123 570	172 703	172 682	150 269	664
	Судно	20 650	54 269	86 368	87 576	123 631	172 900	172 845	150 000	650
	%	-2.3%	1.3%	0.1%	-1.0%	0.0%	-0.1%	-0.1%	0.2%	2.2%
Вместимость по балласту (100%), м ³	Модель	12 156	25 876	36 823	36 260	43 541	68 138	72 090	56 904	8 060
	Судно	12 450	26 804	37 463	37 794	46 922	70 000	71 510	55 242	8 437
	%	-2.4%	-3.5%	-1.7%	-4.1%	-7.2%	-2.7%	0.8%	3.0%	-4.5%
Лёдопроходимость носом вперед, м	Модель	1.29	1.35	1.39	0.97		1.77	1.61		1.29
	Судно	1.5	1.4	1.7	1		1.7	1.5		1.5
	%	-14.0%	-3.6%	-18.0%	-3.0%		4.1%	7.3%		-14.0%
Лёдопроходимость кормой вперед, м	Модель	1.66	1.77	1.77	1.49	1	2.13	2.08		1.66
	Судно	1.65	1.8	1.7	1.6	1	2.1	2.1		1.65
	%	0.6%	-1.7%	4.1%	-6.9%	0.0%	1.4%	-1.0%		0.6%
Достижимая скорость на чистой воде, узл	Модель	17.4	18.8	17.9	16.7	15.8	20.3	20.1		17
	Судно	17.5	18.7	17.8	16	17	20.5	20.5		17.3
	%	-0.6%	0.5%	0.6%	4.4%	-7.1%	-1.0%	-2.0%		-1.7%
Масса судна порожнём, т	Модель	10 428	21 608	22 801	23 686	22 126	46 250	47 102	34 000	10 298
	Судно	10 544	21 350	20 819	25 030	21 726	46 000	47 087	32 395	10 798
	%	-1.1%	1.2%	9.5%	-5.4%	1.8%	0.5%	0.0%	5.0%	-4.6%
Аппликата ЦТ судна порожнём, м	Модель	10.49		13.23	12.92		16.17		16.86	10.1
	Судно	8.93		13.03	12.25		16.95		16.6	9.66
	%	17.5%		1.5%	5.5%		-4.6%		1.6%	4.6%
Абсцисса ЦТ судна порожнём, м	Модель	96.1		140.0	140.6		165.8		151.8	100
	Судно	92		144	143.2		169.9		146.2	95
	%	4.4%		-2.8%	-1.8%		-2.4%		3.8%	5.2%



Вариантный ряд универсальных сухогрузов

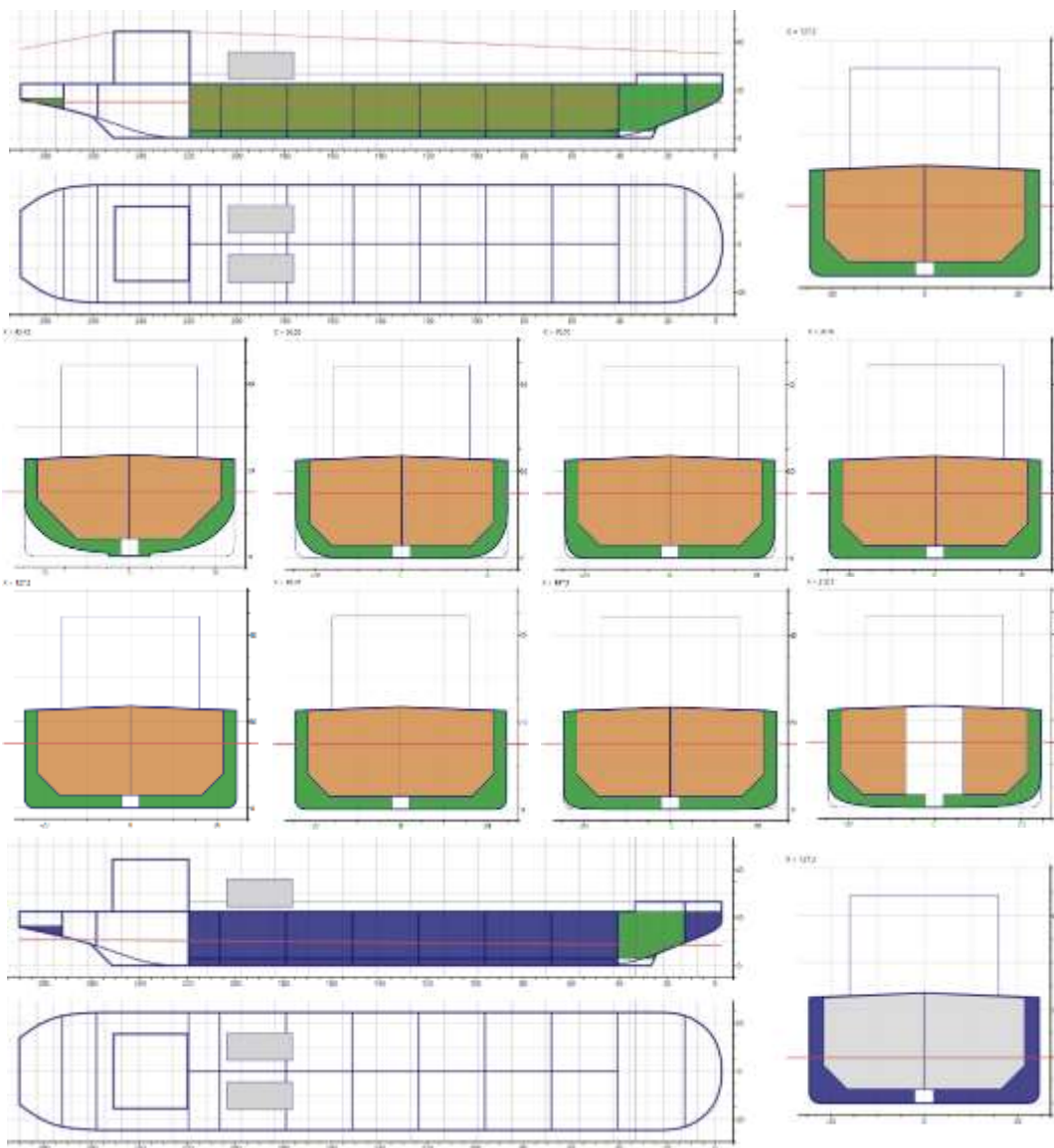


	1	2	3	4	5
Ледовый класс судна согласно РС	Arc5	Arc6	Arc7	Arc7	Arc7
Тип энергетической установки	МОД_ВРШ	ДЭЭУ_ДТ	ДЭЭУ_ДТ	ДЭЭУ_ДТ	ДЭЭУ_СПГ
Механическая мощность ЭУ (кВт)	18 800	23 000	31 100	31 100	31 100
Число и мощность гребных валов (кВт)	1 ВРШ x 16 000	2 ВФШ x 8 000	2 ВФШ x 11 000	2 ВРК x 11 000	2 ВРК x 11 000
Длина максимальная (м)	220	220	220	220	220
Ширина максимальная (м)	34	34	34	34	34
Высота борта на миделе (м)	16	16	16	16	16
Осадка проектная (м)	11	11	11	11	11
Максимальная скорость на тихой воде (уз)	16	16.3	17.7	17.7	17.7
Угол наклона форштевня	40	30	29	37	35
Ледопроходимость (нос / корма) (м)	0.98 / -	1.22 / -	1.45 / -	1.34 / 1.80	1.34 / 1.80
Водоизмещение порожнем	15 700	17 000	18 500	20 000	20 200

Количество биг-бэгов			Метацентр. высота, м	Оценка периода качки, с	Дедвейт судна, т	Масса груза, т	Масса твиндека, т
Двойное дно	Твиндек	Всего					
20272	0	20272	9.1	7.0	45784	40544	0
9066	11492	20558	5.6	11.0	46336	41116	741
6044	14872	20916	4.5	12.5	47052	41832	887
0	20280	20280	2.1	17.0	45780	40560	1105



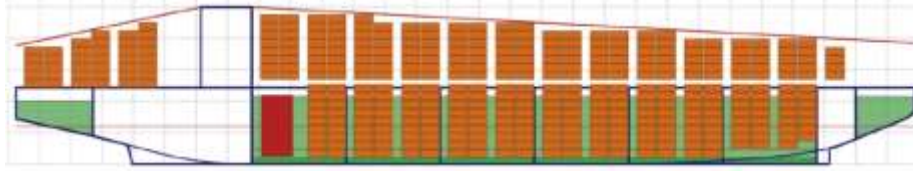
Варианты нефтяных танкеров и газовозов СПГ



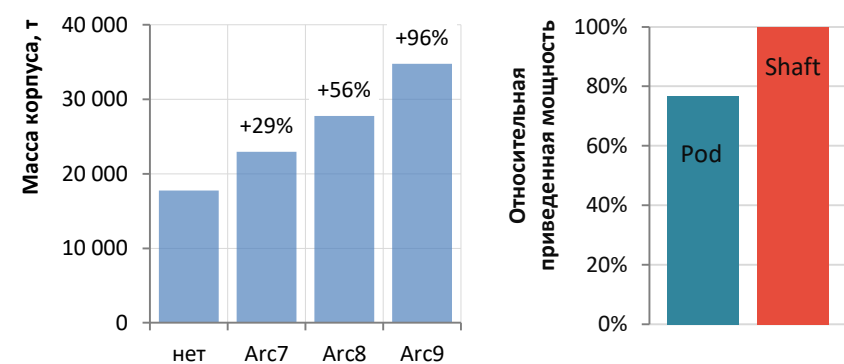
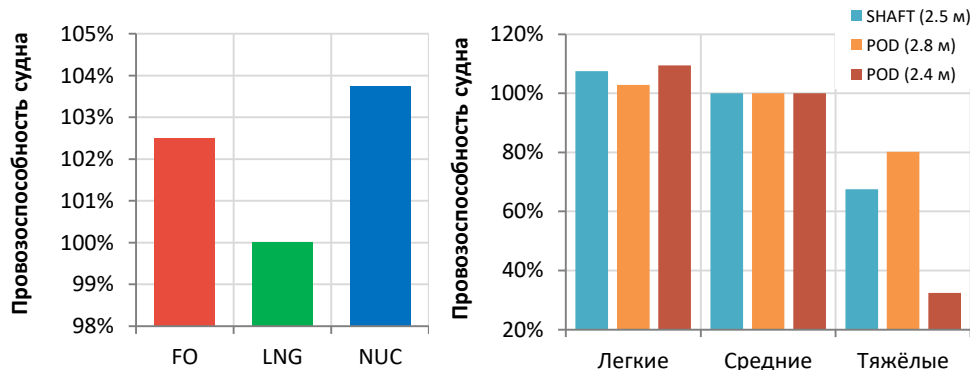
	1	2	3
Ледовый класс судна согласно РС	Arc6	Arc6	Arc6
Суммарная грузовместимость (100%) (м ³)	121 700	121 700	121 900
Длина по ватерлинии в грузу (м)	271.9	260.1	254.1
Ширина максимальная (м)	44.0	46.0	48.0
Высота борта на миделе (м)	21.2	21.2	20.9
Осадка проектная (м)	14.5	14.5	14.5
Осадка в грузу на миделе (м)	14.7	14.8	14.6
Водоизмещение в грузу (т)	138 800	137 600	137 900
Механическая мощность ЭУ (кВт)	51 000	51 000	51 000
Число и мощность гребных валов (кВт)	2 ВФШ х 18000	2 ВФШ х 18000	2 ВФШ х 18000
Максимальная скорость на тихой воде (уз)	19.0	18.7	18.5
Ледопроходимость (м)	1.42	1.39	1.34
Водоизмещение порожнем (т)	31 300	30 200	30 200
Масса металлического корпуса (т)	22 990	21 790	21 750



Варианты арктических контейнеровозов



- Создан вариантный ряд судов с различными типами ЭУ (FO, LNG, NUC), ледовым классом (Arc7, Arc8), формой корпуса, вместимостью и типами движителей (Shaft, Pod)
- Реализована и верифицирована имитационная модель арктической контейнерной линии
- Выполнены имитационные исследования работы вариантов судов в составе МТС. Определены вероятностные показатели ключевых эксплуатационных параметров при различных сценариях ледовой обстановки
- На основе экономического критерия и анализа рисков определен предпочтительный вариант
- Подготовлено ТЗ на техническое проектирование и разработан технический проект судна





Заключение

1. Прототип проектной модели на основе концепции прямого проектирования показал принципиальную работоспособность. Возможно существенное расширение состава используемых расчетных алгоритмов и насыщение модели дополнительными модулями.
2. Параметрическая модель судовой поверхности может быть реализована с применением альтернативных подходов:
 - Трансформация поверхности судна-прототипа
 - Параметрическая NURBS-поверхность
3. Помимо имитационных моделей проектная модель может использоваться в профильных судостроительных КБ для предпроектного анализа и оптимизации судов
4. В проектной модели возможна реализация автоматических оптимизационных процедур поиска наилучших решений по форме обводов и общему расположению.



**Спасибо за
внимание!**