

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Комсомольский-на-Амуре государственный университет»



СКБ «Компьютерные и инженерные технологии»

СОГЛАСОВАНО

Начальник отдела ОНИПКРС  
\_\_\_\_\_ Е.М. Димитриади  
(подпись)

« \_\_\_\_\_ » июня 2024 г.

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по научной работе  
\_\_\_\_\_ А.В. Космынин  
(подпись)

« \_\_\_\_\_ » июня 2024 г.

Декан ФАМТ

\_\_\_\_\_ О.А. Красильникова  
(подпись)

« \_\_\_\_\_ » июня 2024 г.

Разработка концепции контейнерова повышенной  
контейнеропровозности

Комплект проектной документации

Руководитель СКБ «КИТ» \_\_\_\_\_  
(подпись, дата)

А.В. Свиридов

Руководитель проекта \_\_\_\_\_  
(подпись, дата)

А.Д. Бурменский



Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Комсомольский-на-Амуре государственный университет»



**СКБ «Компьютерные и инженерные технологии»**

## **ЗАДАНИЕ на разработку**

Название проекта: Разработка концепции контейнеровоза повышенной контейнеропровозности

Назначение: Разработка на основе результатов анализа новых проектных решений в области архитектурно-конструктивных особенностей контейнеровозов

Область использования: В учебном процессе для направления подготовки 26.03.02 и 26.04.02 «Кораблестроение, океанотехника и системотехника морской инфраструктуры» в качестве фрагмента учебно-методического комплекса

Функциональное описание: Проектная концепция контейнеровоза повышенной контейнеропровозности на основе результатов ТРИЗ-эволюционного анализа развития архитектурно-конструктивных особенностей контейнеровозов.

Техническое описание: Контейнеровоз с аутригерами с носовым расположением блока помещений экипажа и ходовой рубки с кормовым способом грузообработки.

Требования: Концепция перспективного контейнеровоза должна быть оформлена в виде заявки на полезную модель.

По результатам проекта должен быть подготовлен доклад на научную конференцию студентов и аспирантов. Результаты проекта должны быть представлены на конкур молодых ученых «Студенческая весна».

План работ:

Наименование работ	Срок
<i>Анализ и подбор научно-исследовательской документации для анализа</i>	<i>Ноябрь, 2023</i>
<i>Проведение анализа эволюционного развития контейнеровозов</i>	<i>Декабрь, 2023</i>
<i>Разработка проектной концепции</i>	<i>Январь, 2024</i>
<i>Подготовка проекта для участия в конкурсе молодых ученых «Студенческая весна»</i>	<i>Февраль-Март 2024</i>
<i>Подготовка доклада на конференцию</i>	<i>Апрель-Май, 2024</i>
<i>Оформление отчета</i>	<i>Май, 2024</i>

Комментарии:

Пояснительная записка к проекту выполняется по требованиям РД 013-2016 с изм. 4. Графический материал (чертеж, спецификация) оформляется по требованиям судостроительного черчения

Перечень графического материала:

- эскиз проектной концепции контейнеровоза
- оформленная конструкторская документация
- презентация проекта

Руководитель проекта

  
(подпись, дата)

А.Д. Бурменский

(подпись, дата)

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение высшего образования  
«Комсомольский-на-Амуре государственный университет»



*СКБ «Компьютерные и инженерные технологии»*

## **ПАСПОРТ ПРОЕКТА**

«Разработка концепции контейнерова повышенной  
контейнеропровозности»

Руководитель проекта

\_\_\_\_\_

(подпись, дата)

А.Д. Бурменский

## Содержание

Введение.....	3
1 Общие положения .....	5
1.1 Актуальность темы .....	5
1.2 Цель и задачи проекта .....	6
1.3 Предмет разработки .....	6
1.4 Исходные данные .....	6
2 Анализ развития контейнеровоза, как сложной технической системы .....	7
2.1 Инструменты системного анализа технических систем .....	7
2.2 Эволюция развития контейнеровозов, как путь решения технических противоречий.....	10
2.3 Архитектурно-конструктивный тип и технические противоречия современного контейнеровоза .....	15
2.4 Анализ видов контейнеровместимости .....	16
3 Концепция фидерного контейнеровоза для отечественного флота.....	19
3.1 Возможные пути развития контейнеровозов .....	19
3.2 Концепция контейнеровоза повышенной контейнеропровозности .....	20
Заключение .....	22
Список использованных источников .....	23
ПРИЛОЖЕНИЕ А Тезисы докладов на VII Всероссийскую национальную научную конференцию молодых учёных «МОЛОДЁЖЬ И НАУКА: АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ И ПРИКЛАДНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ».....	24

					<b>СКБ КИТ.5.ИП.00000000</b>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист.</i>	<i>№ документа</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата.</i>		2

## Введение

Изменение структуры грузопотоков, которое наблюдается с 90-х годов XX века, наложило отпечаток и на рынок отечественных морских контейнерных перевозок.

За счёт уменьшения объектов отечественного экспорта, вследствие распада СССР и снижения промышленного производства в России, отечественным флотом был потерян ряд позиций в системе международных контейнерных перевозок. По сути дела, только Дальневосточному морскому пароходству удалось удержать региональный рынок перевозок за счёт пополнения своего флота рядом современных фидерных контейнеровозов [1].

В Балтийском и Черноморско-Средиземном регионе отечественный флот практически полностью потерял свои позиции. Большинство контейнерных линий в данных регионах стали обслуживать зарубежные судоходные компании или отечественные компании, зарегистрированные в оффшорах, что исключает пополнение бюджета страны с доходов, получаемых за оказание транспортных услуг.

Рост экономики стран Азиатско-Тихоокеанского региона привёл к существенному росту магистральных перевозок между этими странами и странами Европы. Для увеличения скорости транспортировки грузов из Китая в Европу и обратно, компании Китая стали искать новые пути, в том числе и транзитные через территорию России. При этом важную роль стали играть конечные морские плечи транзитных линий на Балтийском и Чёрном море. И рост транзита грузов через Россию будет продолжаться, что потребует роста морских перевозок контейнеров из портов России. Поэтому очень важно для отечественного флота вернуться на этот рынок и увеличить своё присутствие.

					<b>СКБ КИТ.5.ИП.00000000</b>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист.</i>	<i>№ документа</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата.</i>		3

С учётом географических особенностей и характеристик грузооборота контейнеров в портах России можно сделать вывод, что для отечественного флота контейнеровозов характерна вместимость до 3000 TEU, что соответствует контейнеровместимости современных классов контейнеровозов Handysize и Feeder.

Так как отечественные судоходные компании ориентированы на обслуживание в основном местных, региональных и фидерных линий, то повышение эффективности их контейнеровозного флота на данных линиях за счёт принципа «масштабного эффекта» невозможно.

Другим возможным путём повышения эффективности является разработка проектов современных контейнеровозов новых конструктивных концепций.

					<b>СКБ КИТ.5.ИП.00000000</b>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист.</i>	<i>№ документа</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата.</i>		4

## 1 Общие положения

### 1.1 Актуальность темы

Когда в порт величаво заходит контейнеровоз, полностью загруженный контейнерами, не каждый наблюдающий за этой картиной догадывается, что большая часть контейнеров на палубе порожние, а «груз» этих контейнеров располагается в бортовых и днищевых цистернах в виде жидкого балласта.

В качестве проектно-технических характеристик контейнеровозов в основном указывается полная контейнеровместимость судна, которая зачастую в задачах анализа транспортных систем зачастую принимается в качестве расчетного значения при определении экономической эффективности работы транспортного судна. Однако реальная провозоспособность судов гораздо ниже его грузоместимости по контейнерному грузу.

В последнее время, по некоторым судам, которые предлагаются их операторами во фрахт, стали публиковать дополнительные данные по возможной провозоспособности 20-футовых контейнеров массой 14 т. Предварительный анализ этих данных показал, что коэффициент провозоспособности (отношение количества перевозимых загруженных контейнеров к общей контейнеровместимости) лежит в достаточно широком диапазоне  $kN = 0,62 \dots 0,76$  и имеет неоднозначное влияние на экономическую эффективность судна, так как его значение сильно взаимосвязано как с главными размерениями, так и мореходными качествами судов.

Это делает актуальной разработку концепции контейнеровоза повышенной контейнеровместимости.

					<b>СКБ КИТ.5.ИП.01000000</b>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист.</i>	<i>№ документа</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата.</i>		5

## 1.1 Цель и задачи работы

Цель работы заключается в отработке методики анализа развития сложной технической системы с точки зрения решения технических противоречий внутри системы, основанной на ТРИЗ-эволюционном анализе.

Задачами проекта являются: разработка на основе анализа эволюционного развития контейнеровозов перспективной концепции контейнеровоза повышенной грузопровозности.

## 1.2 Предмет разработки

Предметом разработки является разработка архитектурно-конструктивного варианта фидерного контейнеровоза обладающего повышенной контейнеропровозностью за счет организации безбалластной эксплуатации судна. По результатам работы должен быть представлен доклад на студенческой конференции и разработан чертеж контейнеровоза предложенной концепции

## 1.3 Исходные данные для проектирования

Исходными данными для выполнения проекта служит методика ТРИЗ-эволюционного анализа искусственных систем.

Информационные источники:

- информационные источники сети Интернет;
- научно-техническая библиотека КнАГТУ;
- информационные ресурсы кафедры «Кораблестроение и компьютерный инжиниринг».

					<b>СКБ КИТ.5.ИП.01000000</b>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист.</i>	<i>№ документа</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата.</i>		6

## 2 Анализ развития контейнерова, как сложной технической системы

### 2.1 Инструменты системного анализа технических систем

Разработка сложных технических систем, должна быть основана на принципах системного подхода и для достижения цели должны быть последовательно решены следующие группы задач теории систем [4]:

I. Описание системных объектов, их структуры (функционирования, строения, организации, развития);

II. Анализ системы на основании полученного описания;

III. Синтез системы.

При этом описание технической системы должно проводиться во всех аспектах системного подхода [2]:

– *элементном*, отвечающем на вопрос, из чего, каких компонентов образована система;

– *структурном*, раскрывающем внутреннюю организацию системы, способ взаимодействия образующих ее компонентов;

– *функциональном*, показывающем, какие функции выполняет система и образующие ее компоненты;

– *коммуникационном*, раскрывающем взаимосвязь рассматриваемой системы с системой более высокого уровня (надсистемой), а также с системами, образующими для нее внешнюю среду;

– *интегративном*, показывающем механизмы, факторы сохранения, совершенствования и развития системы;

– *историческом*, изучающем обстоятельства возникновения системы, этапы ее развития и исторические перспективы.

Одним из эффективных методов исследования технических систем является использование инструментов ТРИЗ.

					<b>СКБ КИТ.5.ИП.02000000</b>	Лист
Изм.	Лист.	№ документа	Подп.	Дата.		8

ТРИЗ (теория решения изобретательских задач) – область знаний, исследующая механизмы развития технических систем с целью создания практических методов решения изобретательских задач [3].

Благодаря своей высокой эффективности и универсальности, ТРИЗ получила международное признание, успешно применяется и развивается во многих областях деятельности человека, прежде всего, в промышленном производстве, науке и образовании.

Согласно ТРИЗ, в развитии технических систем происходит чередование этапов количественного роста и качественных скачков. В процессе количественного роста в результате неравномерного развития характеристик технической системы проявляются противоречия. Противоречие – это проявление несоответствия между разными требованиями, предъявляемыми к системе, и ограничениями, налагаемыми на нее [4].

Для анализа технической системы можно воспользоваться методом анализа решения противоречий в процессе ее развития. Для этого предназначен такой инструмент ТРИЗ, как ТРИЗ-эволюционный подход.

В целом, процесс исследования ТРИЗ-эволюции состоит из [5]:

- описания исходного объекта;
- выявления противоречий у выбранного объекта;
- определения инструментов ТРИЗ, позволяющих разрешить выявленные противоречия;
- описания последующих объектов, в которых разрешены отдельные противоречия;
- и так далее для всех наиболее значимых объектов исследуемой области;
- построения и анализа ТРИЗ эволюционной карты.

## 2.2 Эволюция развития контейнеровозов, как путь решения технических противоречий

В настоящее время 90% генеральных грузов перевозится в контейнерах с помощью специализированных транспортных судов – морских контейнеровозов. Данный тип судов почти за 70-летнюю историю развития прошел достаточно сложную эволюцию своего развития и еще не исчерпал все ресурсы повышения своей эффективности.

Рассмотрим основные этапы формирования облика современного контейнеровоза с точки зрения ТРИЗ-эволюционного подхода.

### От танкера к первому контейнеровозу

После второй мировой войны в США начали развиваться автомобильные перевозки грузов с помощью крупнотоннажных трейлеров (многоосный колёсный прицеп). В 1956 году компания Sea-Land внедрила в практику мультимодальные перевозки. Суть этих перевозок заключалось в том, что грузовая часть трейлера, отделенная от колесной платформы (в виде контейнера) могла перевозиться другими видами транспорта до заданного перегрузочного узла, а затем обратно погруженная на грузовую платформу доставлялась до склада получателя. Так по сути была сформирована схема перевозок «от двери, до двери». Компания Sea-Land обеспечивала перевозку данных контейнеров морем между портами восточного побережья страны. Так как эти контейнеры имели большие габаритные размеры, то они не могли быть загружены в трюмы сухогрузных транспортных судов того времени из-за малого просвета грузовых люков, а также загроможденности верхней палубы грузовыми устройствами (рисунок 1). Поэтому в качестве морского носителя контейнеров был выбран танкер «Ideal X» поверх грузовых насосов на грузовой палубе были смонтированы грузовые платформы в носу и корме от надстройки с ходовой рубкой (рисунок 2). Это позволило загружать на первый контейнеровоз 58 контейнеров в два яруса. В первый свой рейс из Нью-Йорка в Хьюстон «Ideal X» отправился 26 апреля 1956 года [6].

					<b>СКБ КИТ.5.ИП.02000000</b>	Лист
Изм.	Лист.	№ документа	Подп.	Дата.		10

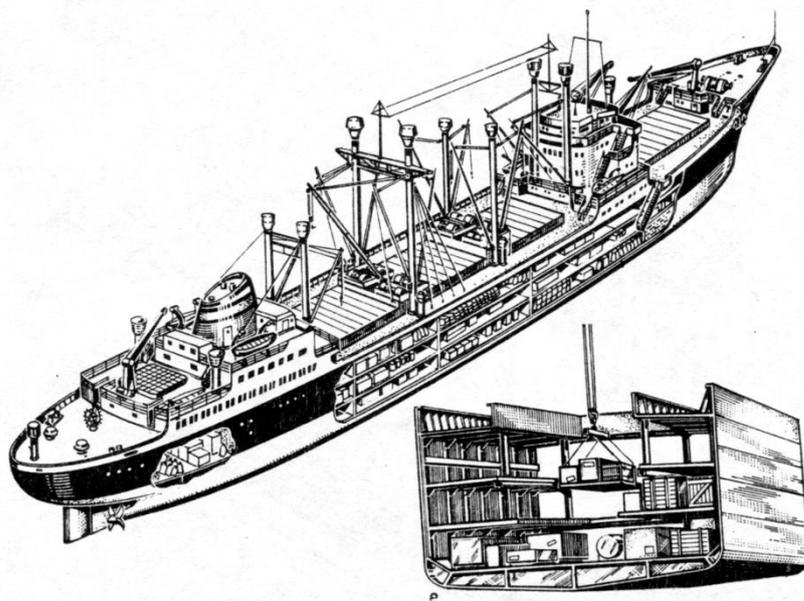


Рисунок 1 – Типовое сухогрузное судно 50-х годов

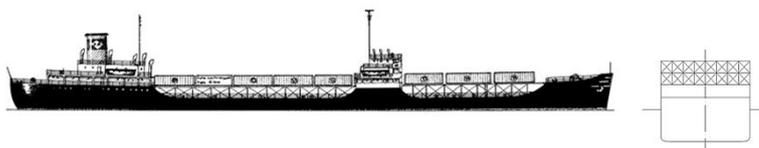


Рисунок 2 – Первый контейнеровоз «Ideal X»

### К широкому раскрытию палубы

При транспортировке контейнеров на палубе танкеров внутреннее грузовое пространство не использовалось (рисунок 3).

Так как контейнеры имели большие габаритные размеры, то ими нельзя было полностью заполнить трюмы сухогрузных транспортных судов того времени из-за малого просвета грузовых люков. Требовалось увеличить раскрытие палубы, однако это вело к снижению общей прочности корпуса судна.

					<b>СКБ КИТ.5.ИП.02000000</b>	Лист
Изм.	Лист.	№ документа	Подп.	Дата.		11

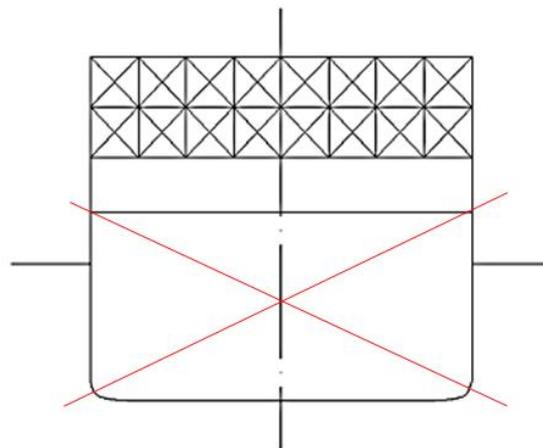


Рисунок 3 – Использование грузового пространства на танкерах- контейнеровозах

Для исключения данной проблемы, на судах стали организовывать подпалубные карманы или двойные борта с подпалубными платформами, которые обеспечивали требуемый момент сопротивления палубы и соответственно общую прочность (рисунок 4).

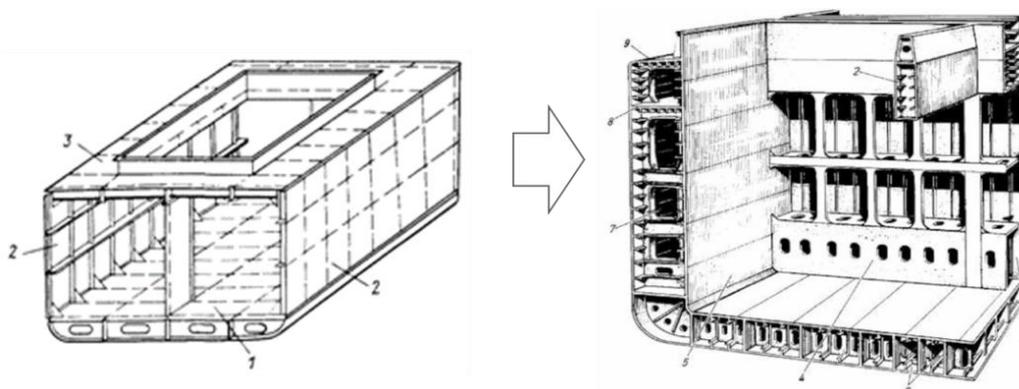


Рисунок 4 – Переход к судам с широким раскрытием палубы

Это позволило достаточно эффективно загружать трюмы сухогрузных судов контейнерами без потери грузового пространства.

#### От «найтовов» к ячейкам

Увеличение количества контейнеров требовало большее количество элементов их крепления, что существенно увеличивало время грузовых операций в порту и соответственно стояночное время.

					<b>СКБ КИТ.5.ИП.02000000</b>	Лист
Изм.	Лист.	№ документа	Подп.	Дата.		12

Для снижения времени грузовых операций в трюмах стали устанавливать ячеистые конструкции, которые ограничивали смещения штабеля контейнеров (рисунок 5). Дополнительно ячеистые конструкции служили направляющими для загрузки контейнеров в ячейку.

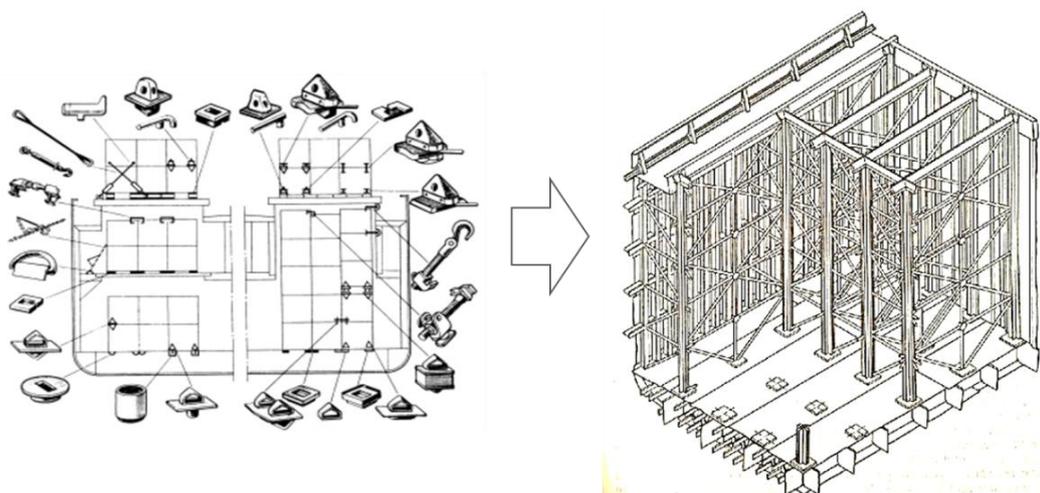


Рисунок 5 – Переход к ячеистым направляющим

Единственным элементом крепления для трюмных контейнеров оставались замки, которые фиксировали контейнеры в отдельном штабеле между собой. Но и эти элементы крепления устанавливались на контейнеры на берегу перед их погрузкой.

### **От трюмов к отдельным «бэям»**

Для дальнейшего увеличения контейнеровместимости судов необходимо было увеличивать их размерения. При этом автоматически увеличивается ширина люка, что приводит к увеличению массы люкового закрытия для увеличения его прочности с целью обеспечения заданной ярусности штабеля контейнеров перевозимых на палубе. Кроме того, повышенная масса люковых закрытий снижает количество контейнеров по грузоподъемности и ухудшает параметры остойчивости судна.

Грузовые трюмы стали делиться рамными конструкциями на секции (bay) кратные размеру 40-футового контейнера. Ориентация сегментов люковых закрытий поменялась с поперечной на продольную с уменьшением их длины (рисунок 6).

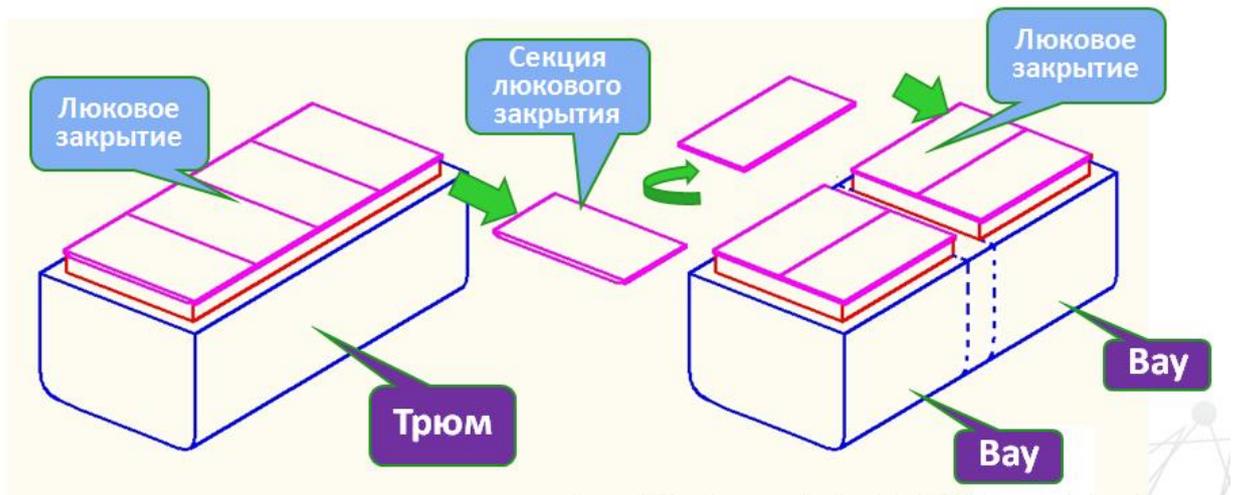


Рисунок 6 – Изменение ориентации люковых закрытий

Это позволило обеспечить максимальную ярусность «палубного» штабеля в 9-10 контейнеров, перейти к унифицированным размерам и конструкции элементов люковых закрытий (рисунок 7).

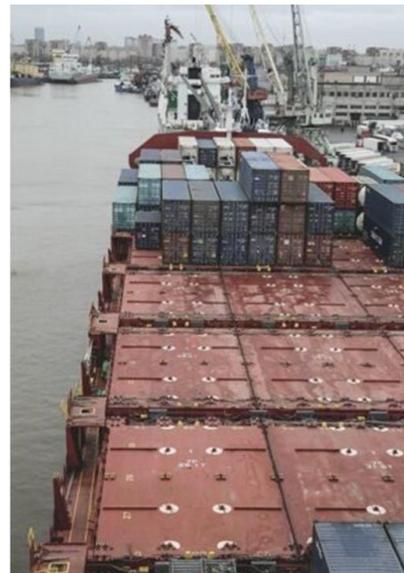
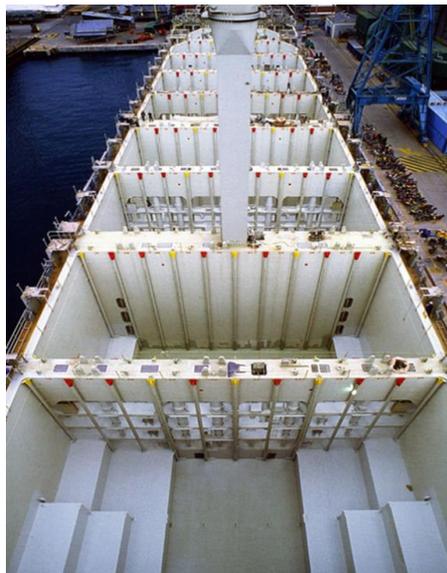


Рисунок 7 – Переход к ячеистым грузовым конструкциям

### **Борьба за энергетическую эффективность**

В связи с увеличением мирового грузооборота и увеличением протяженности грузовых линий встала проблема ценности груза, конкуренции и снижения затрат. Таким образом, возникла необходимость увеличения скорости судна при тех же энергетических затратах. Это можно было решить только за счет снижения полноты и увеличения заострения корпуса.

					<b>СКБ КИТ.5.ИП.02000000</b>	Лист
Изм.	Лист.	№ документа	Подп.	Дата.		14

В результате снижение значения общей полноты провели за счет увеличения максимального заострения формы корпуса в районе днища и увеличения полноты на уровне ватерлинии в районе центральной части и кормы (рисунок 8). В результате значение центра величины и метацентрического радиуса увеличилось, что частично компенсировало повышение значения центра тяжести.

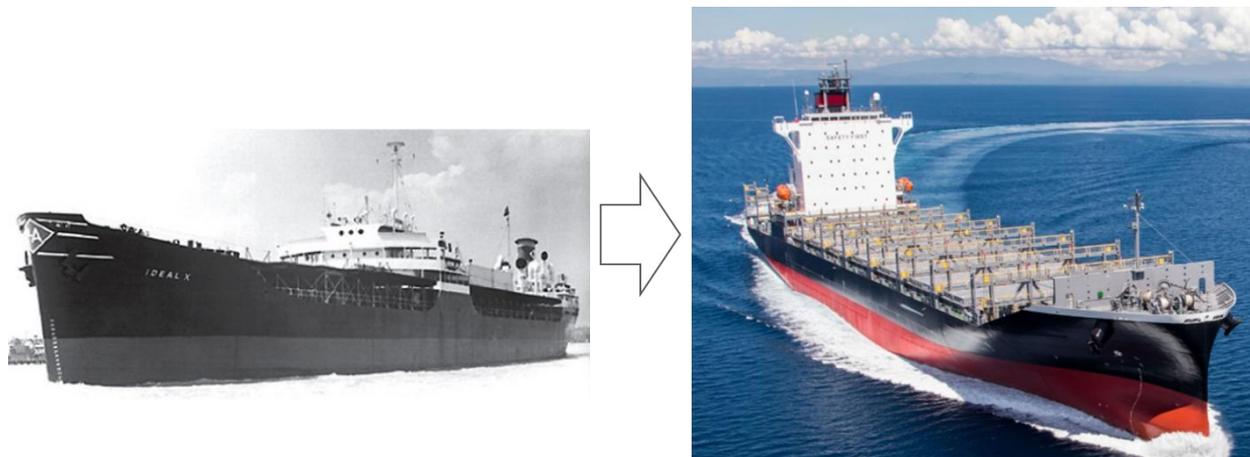


Рисунок 8 – Переход к скоростным контейнеровозам

### 2.3 Архитектурно-конструктивный тип и технические противоречия современного контейнеровоза

За более чем 65-ти летнюю историю своей эволюции вместимость контейнеровозов выросла от 58 до 24000 контейнеров. Однако независимо от своих размеров они практически не изменились по своему архитектурно-конструктивному типу, за исключением расположения надстройки с ходовой рубкой (рисунок 9).

Для отечественного флота характерны размеры от Handysize до Panamax. Современный конструктивный тип этих судов в общем можно характеризовать как:

- это однокорпусные однопалубные суда со стальным корпусом, с большим раскрытием палубы, двухостровные, с кормовым расположением машинного отделения и блока помещений экипажа с ходовой рубкой.
- имеют бульбообразную носовую оконечность и транцевую корму.

					<b>СКБ КИТ.5.ИП.02000000</b>	Лист
Изм.	Лист.	№ документа	Подп.	Дата.		15

- корпуса судов с двойным дном и двойными бортами на всём протяжении грузовых трюмов, а также двойным дном в машинном отделении.
- грузовые трюмы поделены на ячеистые грузовые зоны стандартного размера (под 40-футовый контейнер) и имеют люковые закрытия понтонного типа.

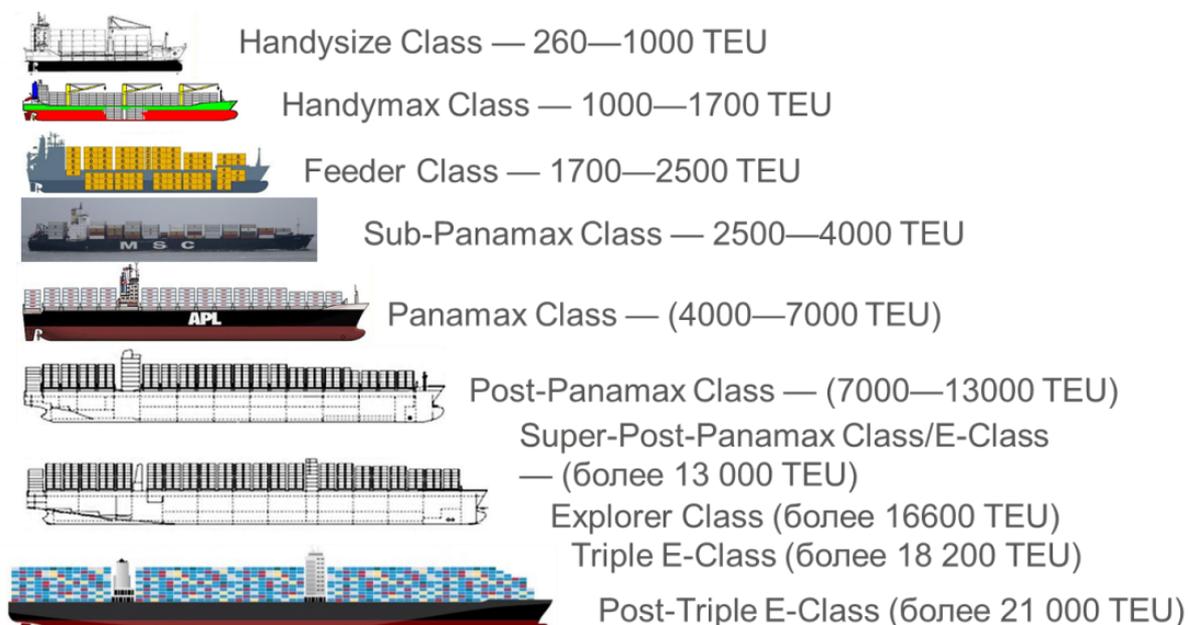


Рисунок 9 – Классификация по контейнеровместимости

Однако заявленная контейнеровместимость судов не совпадает с их контейнеропровозностью. Это связано с тем, что при большой ярусности палубных контейнеров остойчивость судна не обеспечивается. Обеспечение остойчивости осуществляется путем приема жидкого балласта. Масса балласта может достигать 30% грузоподъемности судна. В свою очередь прием «дополнительного груза» компенсируется снятием контейнеров с верхних ярусов [7].

## 2.4 Анализ видов контейнеровместимости

При разработке путей решения проблемы стоит учесть, что для контейнеровозов существует несколько видов контейнеровместимости и провозоспособности:

					<b>СКБ КИТ.5.ИП.02000000</b>	Лист
Изм.	Лист.	№ документа	Подп.	Дата.		16

- а) из наличия грузового пространства и по нагрузке на нижний ярус контейнеров;
- б) исходя из требований безопасности мореплавания SOLAS;
- в) по грузоподъёмности;
- г) по условиям обеспечения остойчивости.

*Контейнеропровозность с учётом грузового пространства и по нагрузке на нижний ярус контейнеров* рассчитывается из условия размещения контейнеров в трюме и на палубе. При этом ярусность ограничивается значением максимальной нагрузки на нижний ярус контейнеров и корпусные конструкции (рисунок 10).

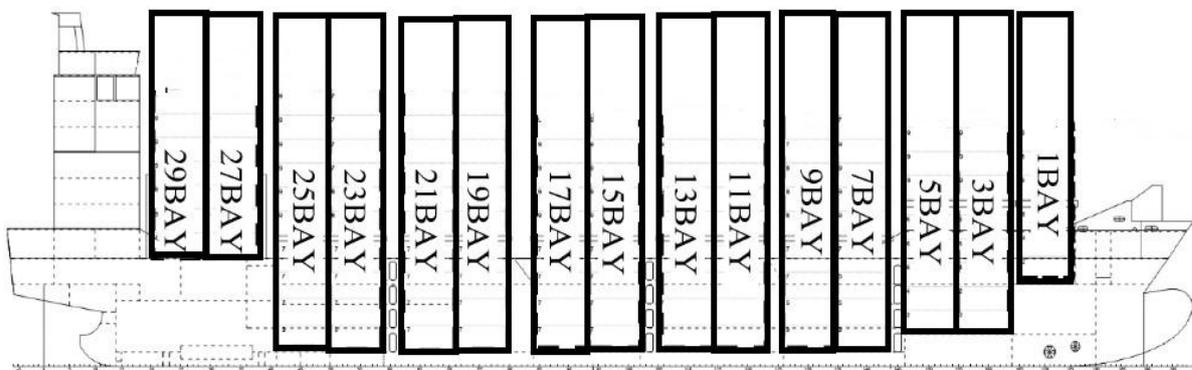


Рисунок 10 – Контейнеровместимость по габаритам грузового пространства

*Согласно SOLAS необходимо* обеспечить обзор морской поверхности из рубки на 2 длины корпуса судна или 500 м, в зависимости от того, что меньше.

Размещение контейнеров по грузовым штабелям (BaU) согласно требованиям представлено на рисунке 11.

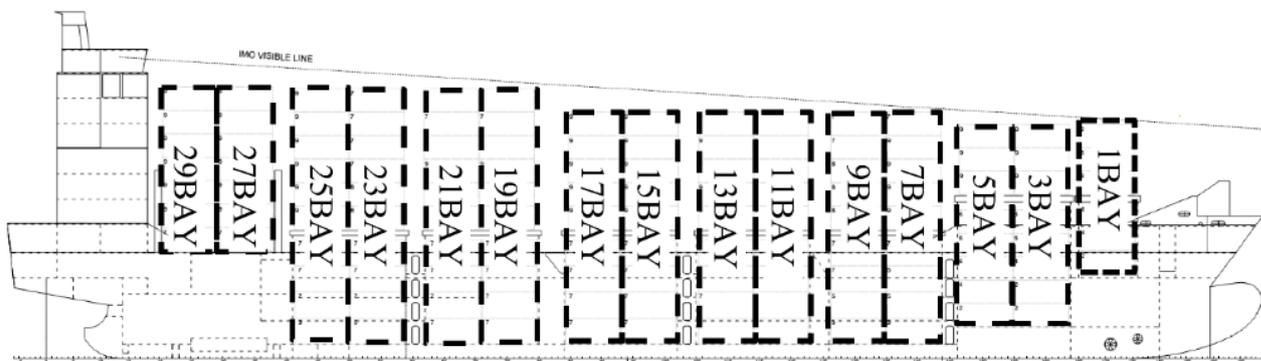


Рисунок 11 – Контейнеровместимость по требованиям SOLAS

Контейнеровместимость по грузоподъёмности рассчитывается из условия осадки судна по ГВЛ.

Количество контейнеров, TEU

$$K_{TEU}^{гр} = \frac{P_{гр}}{m_{ср}},$$

где  $P_{гр}$  – масса груза, т;

$m_{ср}$  – средняя масса гомогенно загруженного контейнера, т.

Контейнеропробозность по условию обеспечения остойчивости определяется исходя из обеспечения требований остойчивости, что достигается путём уменьшения количества загруженных контейнеров и компенсации их массы принятием балласта (рисунок 12).



Рисунок 12 – Метод балластирования

### 3 Концепция фидерного контейнеровоза для отечественного флота

#### 3.1 Возможные пути увеличения контейнеропровозности

Перевозка контейнеров без приема балласта возможна только при увеличении момента инерции действующей ватерлинии.

Увеличение значения момента инерции ватерлинии технически можно реализовать несколькими способами.

Первый способ – увеличение ширины корпуса судна. Однако это негативно скажется на ходкости (за счет снижения отношения  $L/B$ ) и общей прочности корпуса (за счет увеличения отношения  $B/H$ ) (рисунок 13,а).

Второй способ – переход к архитектуре многокорпусного судна. В этом случае при сохранении и даже некотором увеличении ходовых качеств, происходит снижение трюмного пространства (рисунок 13,б)

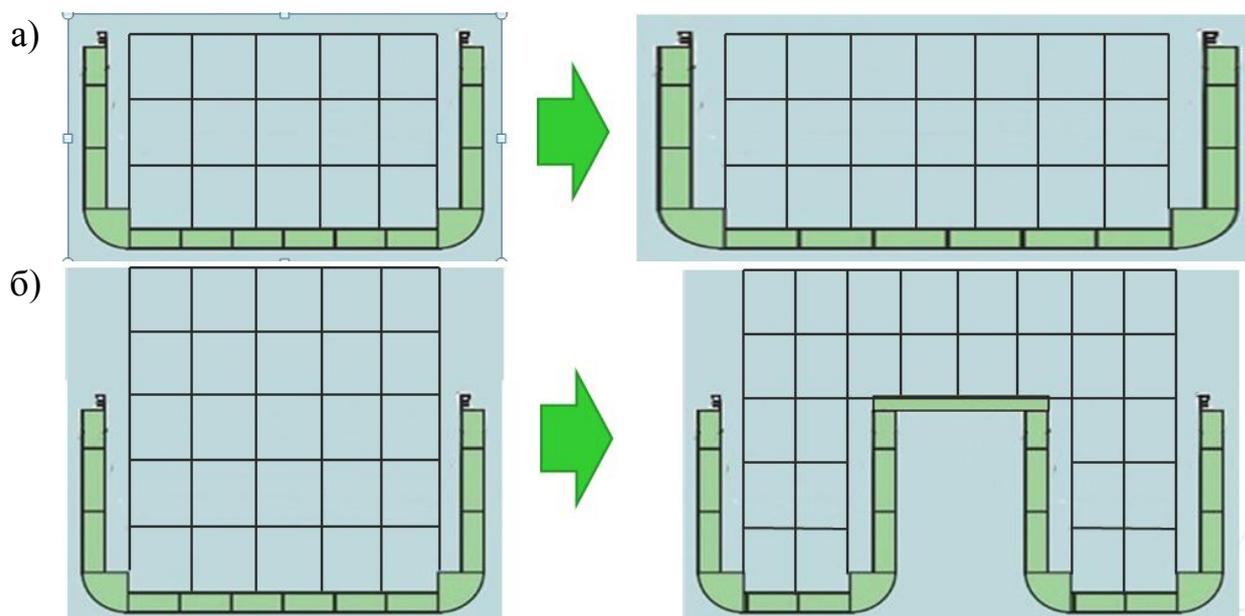


Рисунок 13 – Способы увеличения момента инерции ватерлинии:

а) увеличение ширины б) переход к многокорпусной архитектуре

Еще одним методом увеличения остойчивости является использование аутригеров, которые нашли широкое применение в кораблестроении еще с древнейших времен [8].

Так, например проектная компания “Nigel Gee & Associates Ltd” разработала несколько концептуальных проектов высокоскоростного фидерного контейнеровоза с аутригерами (рисунок 14).

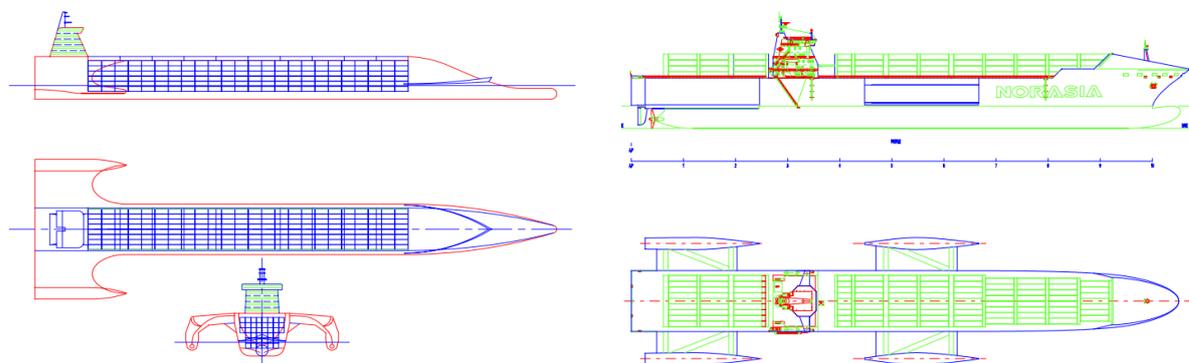


Рисунок 14 – Проекты контейнеровозов с аутригерами

### 3.2 Концепция контейнеровоза повышенной контейнеропровозности

Применение аутригеров приводит к увеличению ширины судна, что усложняет грузовые операций в порту. Поэтому, предлагается осуществление кормового способа грузообработки, при котором контейнеровоз швартуется кормой к пирсу и может проводить грузовые операции с помощью собственных грузовых устройств, в роли которых выступают козловые краны.

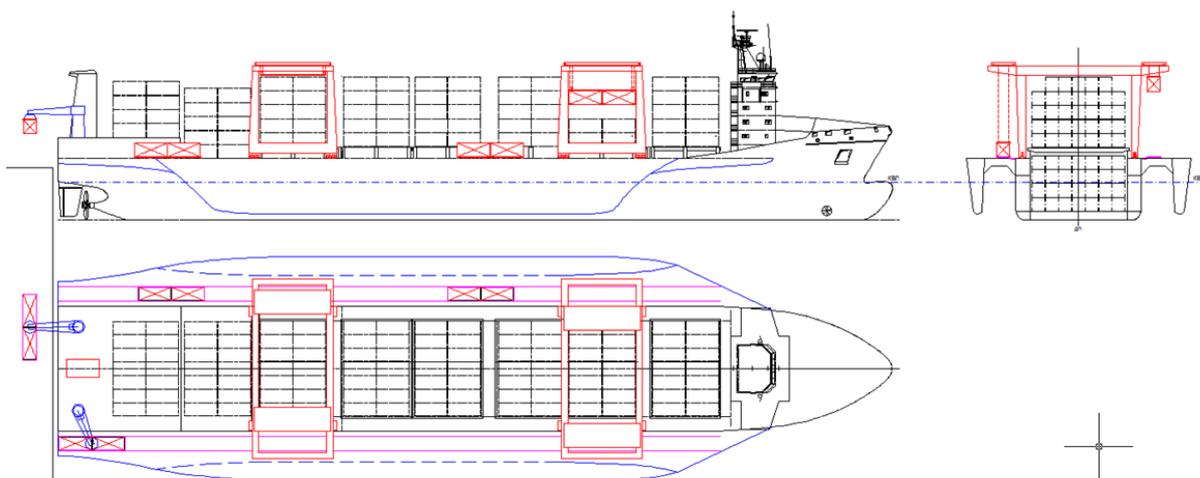


Рисунок 15 – Контейнеровоз с аутригерами с кормовой грузообработкой

Особенностью предлагаемого проекта является размещение блока помещений экипажа с ходовой рубки в носовой части корпуса с целью освобождения юта для проведения грузовых операций.

Сам перегрузочный процесс организуется в виде конвейера. Для этого на спонсоне корпуса с каждого борта организованы линии транспортеров по которым перемещаются грузовые платформы (тележки) с контейнерами. При этом пустые тележки перемещаются на боку в вертикальном положении. Сами козловые краны с контейнерами не перемещаются вдоль судна, а ведут грузовые операции по снятию контейнеров с грузовых платформ или погрузке контейнеров на них в определенных грузовых зонах. Подача (снятие) контейнеров на борт (с борта) судна осуществляется специальными кормовыми перегружателями в корме.

					<b>СКБ КИТ.5.ИП.03000000</b>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист.</i>	<i>№ документа</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата.</i>		21

## Заключение

По результатам анализа была разработана проектная концепция безбалластного фидерного контейнерова со стационарными аутригерами с носовым расположением надстройки и кормовым способом грузообработки контейнеров с использованием собственного перегрузочного оборудования. Контейнеровы данной концепции позволяют проводить перегрузочные операции вне зоны специализированных контейнерных терминалов. Данная концепция позволяет увеличить контейнеропробозность, что повышает её экономическую эффективность.

Разработанный проект был представлен на внутривузовском этапе научного конкурса краевого фестиваля «Студенческая весна – 2024»

Также по результатам работы над проектом было подготовлено 2 доклада на VII Всероссийскую национальную научную конференцию молодых учёных «МОЛОДЁЖЬ И НАУКА: АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ И ПРИКЛАДНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ» (Приложение А).

					<b>СКБ КИТ.5.ИП.00000000</b>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист.</i>	<i>№ документа</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата.</i>		22

## Список использованных источников

1. Бурменский, А.Д. Развитие отечественного контейнерного флота / А. Д. Бурменский //Морские интеллектуальные технологии. -- 2014. – № 1 (23). – С. 28-33.
2. Гайкович, А. И. Теория проектирования водоизмещающих кораблей и судов. В 2 т. Т. 1. Описание системы «Корабль» / А. И. Гайкович. – СПб.: Изд-во НИЦ МОРИНТЕХ, 2014. – 819 с.
3. Альтшуллер, Г. С. Поиск новых идей: от озарения к технологии / Г. С. Альтшуллер, Б. Л. Злотин, А. В. Зусман, В. И. Филатов – Кишинев: Картя Молдовеняскэ, 1989. – 111 с.
4. Долотов, Б.И. Основы ТРИЗ: Учеб. пособие: в 2 ч. Ч. 1 / Б.И. Долотов, В.Д. Бердоносков, А.Р. Куделько. – Комсомольск-на-Амуре: ГОУВПО «КНАГТУ», 2011. – 173 с.
5. Бердоносков, В. Д. Применение ТРИЗ-эволюционного подхода к исследованию объектно-ориентированных языков программирования : моногр. / В. Д. Бердоносков, А. А. Животова. – Комсомольск-на-Амуре : ФГБОУ ВПО «КНАГТУ», 2014. – 166 с.
6. Cudahy, Brian J. Box Boats: how container ships changed the world / Brian J. Cudahy. – New York: Fordham University Press, 2006. – 338 p.
7. Арабаджи, К. Д. Особенности обеспечения остойчивости контейнеровозов / К. Д. Арабаджи, А. Д. Бурменский // Научно-техническое творчество аспирантов и студентов: материалы 46-й научно-технической конференции студентов и аспирантов. - Комсомольск-на-Амуре: ФГБОУ ВО «КНАГТУ», 2016. – С. 28-30.
8. Руденко, С. А. Высокомореходное судно с аутригерами / С. А. Руденко // Судостроение. – 2005. – № 2(759). – С. 15-17

					<b>СКБ КИТ.5.ИП.00000000</b>	Лист
Изм.	Лист.	№ документа	Подп.	Дата.		23

## **ПРИЛОЖЕНИЕ А**

(обязательное)

Тезисы докладов на VII Всероссийскую национальную научную конференцию молодых учёных «МОЛОДЁЖЬ И НАУКА: АКТУАЛЬНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ФУНДАМЕНТАЛЬНЫХ И ПРИКЛАДНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ»

					<b>СКБ КИТ.5.ИП.000000ПА</b>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист.</i>	<i>№ документа</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата.</i>		24

УДК 629.544

Боярчук Иван Михайлович, студент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Boyarchuk Ivan Mikhailovich, student, Komsomolsk-na-Amure State University

Бурменский Андрей Дмитриевич, кандидат технических наук, доцент кафедры «Кораблестроение и компьютерный инжиниринг», Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Burmensky Andrey Dmitrievich, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor of the Department "Shipbuilding and Computer Engineering", Komsomolsk-na-Amure State University

## **ЭВОЛЮЦИЯ РАЗВИТИЯ МОРСКИХ КОНТЕЙНЕРОВОЗОВ EVOLUTION OF MARINE CONTAINER SHIPS**

Аннотация. В современных условиях жесткой конкуренции на рынке морских контейнерных перевозок судовладельцы требуют от проектантов разработку контейнеровозов обладающих большей эффективностью. Основой разработки современных проектов судов является системный анализ, в том числе и анализ их эволюционного развития. В работе рассмотрена эволюция развития контейнеровозов с позиции разрешения технических противоречий в процессе развития их конструктивных особенностей. На основе результатов анализа обсуждаются перспективы развития контейнеровозов.

Abstract. In modern conditions of fierce competition in the sea container transportation market, shipowners require designers to develop container ships that are more efficient. The basis for the development of modern ship designs is system analysis, including analysis of their evolutionary development. The paper examines the evolution of the development of container ships from the perspective of resolving technical contradictions in the process of developing their design features. Based on the results of the analysis, the prospects for the development of container ships are discussed.

Ключевые слова: контейнеровоз, системный анализ, эволюция развития, конструктивные особенности, проектная концепция.

Key words: container ship, system analysis, evolution of development, design features, design concept.

### **Введение**

Лидером развития морских контейнеровозов была американская компания Sea-Land, которая в 1956 году внедрила в свою практику мультимодальные перевозки. При этом компания впервые в мире организовала морскую контейнерную линию вдоль восточного побережья США. Так как контейнеры имели большие габаритные размеры, то они не могли быть загружены в трюмы сухогрузных транспортных судов из-за малого просвета грузовых люков и загроможденности палубы грузовыми устройствами (рисунок 1). Поэтому в качестве носителя контейнеров был выбран танкер

					<b>СКБ КИТ.5.ИП.000000ПА</b>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист.</i>	<i>№ документа</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата.</i>		25

“Ideal X” на котором поверх грузовых насосов на верхней палубе были смонтированы грузовые платформы (рисунок 2).

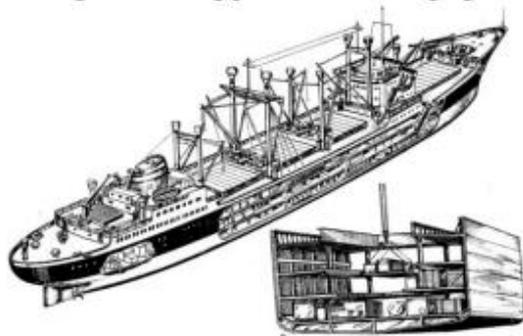


Рисунок 1 – Типовое сухогрузное судно 50-х годов



Рисунок 2 – Первый в мире контейнеровоз “Ideal X”

В первый свой рейс из Нью-Йорка в Хьюстон “Ideal X” отправился 26 апреля 1956 года с 58 контейнерами на борту [1].

В практике анализа развития контейнеровозов в литературе основной упор делается на рассмотрение этапов характеризующихся размерами судов. Однако морские контейнеровозы, почти за 70 летнюю историю развития, прошли гораздо интересный путь развития своих архитектурно-конструктивных особенностей, анализ которого позволяет наметить пути дальнейшего развития архитектурного типа контейнеровоза.

В работе приведен краткий обзор основных этапов развития архитектурного типа контейнеровозов с точки зрения разрешения технических противоречий.

### Основная часть

По сути, на первом этапе, первые контейнеровозы представляли собой комбинированные суда (танкеры-контейнеровозы) и внутреннее грузовое пространство для транспортировки контейнеров не использовалось (рисунок 3). Поэтому дальнейшее развитие контейнеровозов пошло путем модернизация сухогрузных судов под их приспособленность к перевозке контейнеров.

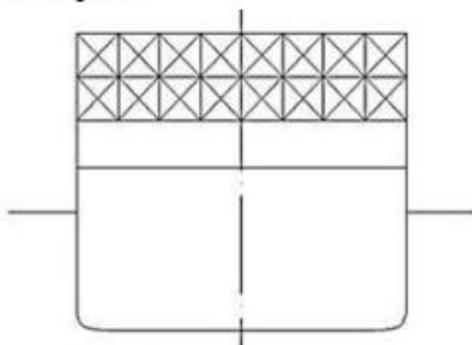


Рисунок 3 – Сечение корпуса контейнеровоза “Ideal X”

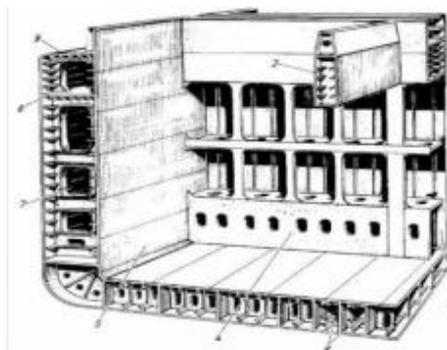


Рисунок 4 – Корпус с двойными бортами

Она заключалась в организации широкого раскрытия палубы, что одновременно привело к изменениям в конструкции корпуса в виде подпалубных карманов, а в дальнейшем и двойных бортов с целью обеспечения

общей прочности корпуса судна (см. рисунок 4). Это позволило большую часть контейнерного груза перевозить в грузовых трюмах и существенно повысило контейнеровместимость судов.

Второй этап развития контейнеровозов характеризуется применением стационарных ячеистых конструкций в грузовых трюмах судов. Увеличение количества контейнеров на борту судна, привело к увеличению времени найтовочных работ в портах и большому разнообразию и количеству найтовочных приспособлений, что снижало эффективность судов. Применению стационарных креплений препятствовало многообразие типоразмеров контейнеров. Принятие в 1964 году Международной организацией по стандартизации стандартов на параметры контейнеров позволило более полно раскрыть преимущества контейнеризации и приступить к строительству специализированных судов [2].

Третий этап характеризуется увеличением скорости контейнеровозов. Это было связано с увеличением мирового грузооборота, протяженности грузовых линий и ценности грузов, перевозимых в контейнерах. Это можно было решить только за счет снижения полноты и увеличения заострения корпуса, что привело к перераспределению зон размещения контейнеров. Большую долю груза пришлось перевозить на крышках люков.

Четвертый этап характеризуется изменением архитектуры грузового пространства. Дальнейшее увеличение контейнеровместимости судов приводило к увеличению их размерений. При этом автоматически увеличивалась ширина люка, что автоматически увеличивало массу люковых закрытий для обеспечения их прочности с целью обеспечения увеличенной ярусности штабеля контейнеров перевозимых на палубе. Приходилось организовывать парность люков, чтобы критично не увеличивать размеры люковых крышек.

Разрешение данного технического противоречия заключалось в разбиении грузовых трюмов рамными конструкциями на отдельные грузовые секции (bay) кратные размеру 40-футового контейнера (рисунок 5). Ориентация сегментов люковых закрытий поменялась с поперечной на продольную с уменьшением их длины. Это позволило обеспечить максимальную ярусность «палубного» штабеля в 9-10 контейнеров, перейти к унифицированным размерам и конструкции элементов люковых закрытий.

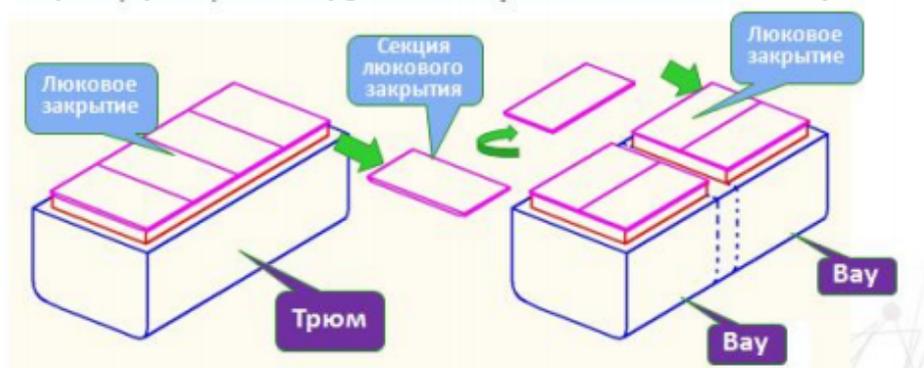


Рисунок 5 – Трансформация грузового пространства контейнеровоза

Переход на сегментное разбиение грузового пространства привело к формированию современного архитектурно-конструктивного типа контейнеровоза, как однопалубного судна с двойными бортами, грузовые трюмы которого разделены переборками и рамными конструкциями с ячеистыми направляющими [3]. Данная архитектура судов позволила строить ультрабольшие контейнеровозы вместимостью более 24 TEU [4].

#### **Заключение**

Хотя современные контейнеровозы характеризуются большой экономической эффективностью, но поиск направлений дальнейшей ее повышения продолжается. Например, абсолютизацией идеи автоматизации перегрузочных процессов явилось появление проектов безлюковых контейнеровозов [2] и комбинированных судов с частично открытыми трюмами.

Еще одним перспективным направлением повышения эффективности является повышение контейнеропробности судов за счет повышения параметров остойчивости контейнеровозов конструктивными мерами, а не традиционным приемом перераспределения контейнеров и балласта [5].

#### **СПИСОК ИСТОЧНИКОВ**

1. Cudahy, Brian J. Box Boats: how container ships changed the world / Brian J. Cudahy, – First edition. – New York: Fordham University Press, 2006. – 338 p.

2. Тарануха, Н. А. Безлюковые контейнеровозы / Н. А. Тарануха, А. Д. Бурменский – Владивосток : Дальнаука, 2010. – 248 с.

3. Гончаров, А. С. Архитектурные особенности контейнеровоза "FESCO Askold" / А. С. Гончаров, А. Д. Бурменский // Молодежь и наука: актуальные проблемы фундаментальных и прикладных исследований : Материалы IV Всероссийской национальной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. В 4-х частях, Комсомольск-на-Амуре, 12–16 апреля 2021 года. Том Часть 1. – Комсомольск-на-Амуре: Комсомольский-на-Амуре государственный университет, 2021. – С. 216-218.

4. Царик, Р. С. Перспективы развития судов контейнеровозов / Р. С. Царик, Д. А. Акмайкин // Проблемы транспорта Дальнего Востока. Материалы юбилейной десятой международной научно-практической конференции посвященная 22-летию адмирала Г. И. Невельского. 2-4 октября 2013 г. – Владивосток: ДВО Российской Академии транспорта, 2013. – С. 149-154.

5. Арабаджи, К. Д. Особенности обеспечения остойчивости контейнеровозов / К. Д. Арабаджи, А. Д. Бурменский // Научно-техническое творчество аспирантов и студентов: материалы 46-й научно-технической конференции студентов и аспирантов. - Комсомольск-на-Амуре: ФГБОУ ВО «КнАГТУ», 2016. – С. 28-30.

УДК 629.544

Шерстюк Александр Игоревич, студент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Sherstyuk Alexander Igorevich, student, Komsomolsk-na-Amure State University

Боярчук Иван Михайлович, студент, Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Boyarchuk Ivan Mikhailovich, student, Komsomolsk-na-Amure State University

Бурменский Андрей Дмитриевич, кандидат технических наук, доцент кафедры «Кораблестроение и компьютерный инжиниринг», Комсомольский-на-Амуре государственный университет

Burmensky Andrey Dmitrievich, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor of the Department "Shipbuilding and Computer Engineering", Komsomolsk-na-Amure State University

## **КОНЦЕПЦИЯ МОРСКОГО КОНТЕЙНЕРОВОЗА ПОВЫШЕННОЙ КОНТЕЙНЕРОПРОВОЗНОСТИ CONCEPT OF A HIGH CONTAINER CAPACITY CONTAINER SHIP**

Аннотация. Основными направлениями повышения конкурентоспособности контейнеровозов являются: использование масштабного эффекта (повышение общей контейнеровместимости); увеличение энергетической эффективности, а также увеличение эффективности грузообработки в портах. Другим возможным путём повышения эффективности является разработка проектов контейнеровозов новых конструктивных концепций. В статье рассматривается перспективная концепция контейнеровоза оснащенного аутригерами, который обладает повышенной контейнеропровозностью за счет безбалластной транспортировки груза.

Abstract. The main directions for increasing the competitiveness of container ships are: using the scale effect (increasing the total container capacity); increasing energy efficiency, as well as increasing the efficiency of cargo handling in ports. Another possible way to increase efficiency is to develop container ship designs with new design concepts. The article discusses a promising concept of a container ship equipped with outriggers, which has increased cargo capacity due to ballast-free cargo transportation.

Ключевые слова: контейнеровоз, эффективность, контейнеровместимость, проектная концепция, аутригер.

Key words: container ship, efficiency, container capacity, design concept, outrigger.

### **Введение**

Одной из главных проектных характеристик контейнеровоза является его контейнеровместимость. Если она определяет размеры судна, то для расчета экономических параметров эксплуатации следует использовать

					<b>СКБ КИТ.5.ИП.000000ПА</b>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист.</i>	<i>№ документа</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата.</i>		29

другую характеристику – контейнеропровозность. Провозоспособность контейнеровоза меньше его «чистой» вместимости и величина разницы между ними зависит от обеспечения требований параметров остойчивости судна. При этом коэффициент утилизации контейнеровместимости современных контейнеровозов независимо от их размеров лежит в достаточно широком диапазоне  $\eta_k=0,62 \dots 0,76$  [1].

Требуемые параметры остойчивости судна при постоянном дедейте могут быть обеспечены двумя методами: понижением аппликаты центра тяжести судна или увеличением значения метацентрического радиуса.

Понижение аппликаты центра тяжести достигается путем снижения контейнеровместимости с одновременным приемом балласта [2]. Это не требует внесения изменений в конструктивные особенности проекта, однако эксплуатация судна с балластом негативно влияет на окружающую среду.

Значение же метацентрического радиуса зависит от момента инерции ватерлинии, увеличение значения которого уже требует принятия технических решений.

#### От монокорпуса к корпусу с аутригерами

Увеличение значения момента инерции ватерлинии технически можно реализовать несколькими способами.

Первый способ – увеличение ширины корпуса судна. Однако это негативно скажется на ходкости (за счет снижения отношения  $L/B$ ) и общей прочности корпуса (за счет увеличения отношения  $B/H$ ) (рисунок 1,а).

Второй способ – переход к архитектуре многокорпусного судна. В этом случае при сохранении и даже некотором увеличении ходовых качеств, происходит снижение трюмного пространства (рисунок 1,б)

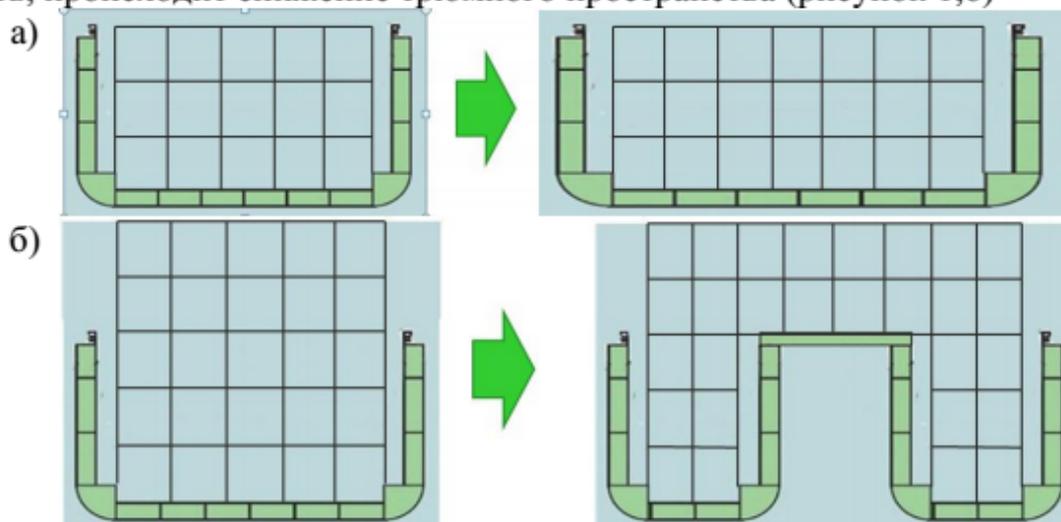


Рисунок 1 – Способы увеличения момента инерции ватерлинии:  
а) увеличение ширины б) переход к многокорпусной архитектуре

Еще одним методом увеличения остойчивости является использование аутригеров, которые нашли широкое применение в кораблестроении еще с древнейших времен [3].

Так, например проектная компания “Nigel Gee & Associates Ltd” разработала несколько концептуальных проектов высокоскоростного фидерного контейнеровоза с аутригерами (рисунок 2).

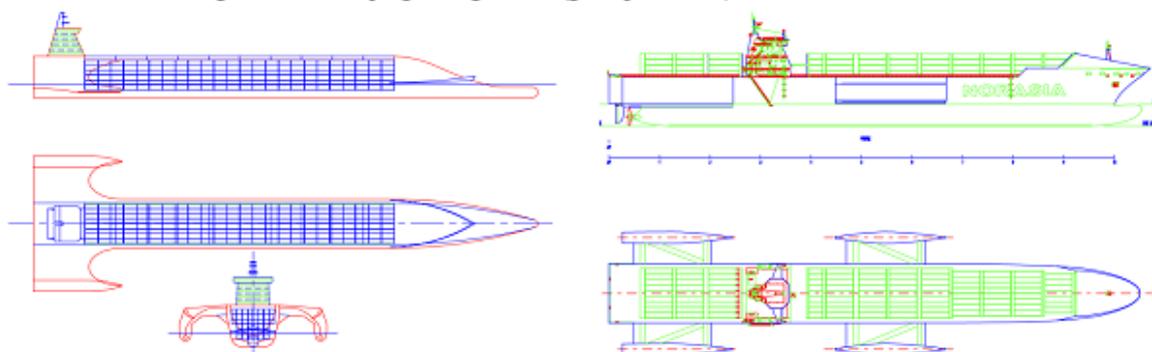


Рисунок 2 – Проекты контейнеровозов с аутригерами

### Концепт контейнеровоза с кормовой грузообработкой

Применение аутригеров приводит к увеличению ширины судна, что усложняет грузовые операции в порту. Поэтому, предлагается осуществление кормового способа грузообработки, при котором контейнеровоз швартуется кормой к пирсу и может проводить грузовые операции с помощью собственных грузовых устройств, в роли которых выступают козловые краны.

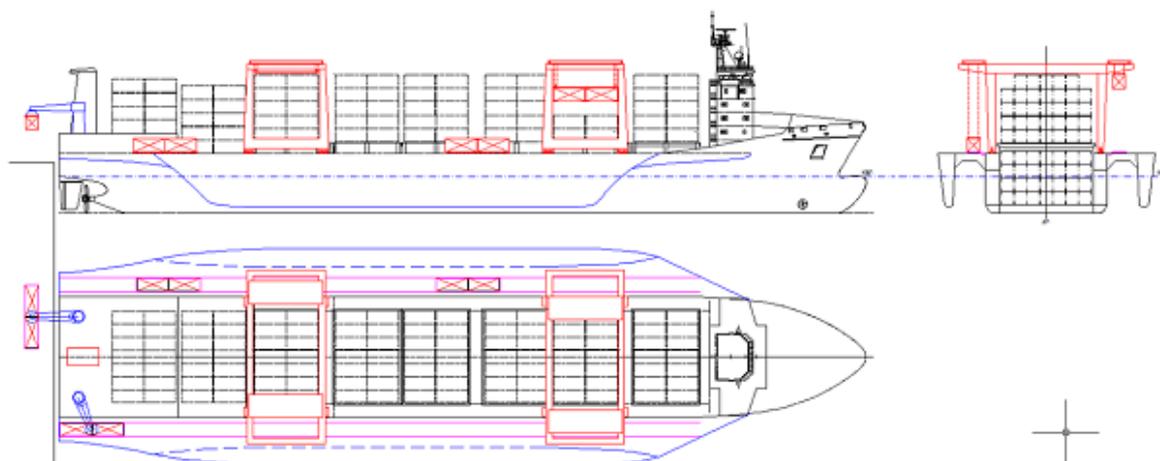


Рисунок 3 – Контейнеровоз с аутригерами с кормовой грузообработкой

Особенностью предлагаемого проекта является размещение блока помещений экипажа с ходовой рубки в носовой части корпуса с целью освобождения юта для проведения грузовых операций.

Сам перегрузочный процесс организуется в виде конвейера. Для этого на спонсоне корпуса с каждого борта организованы линии транспортеров по которым перемещаются грузовые платформы (тележки) с контейнерами. При этом пустые тележки перемещаются на бок в вертикальном положении. Сами козловые краны с контейнерами не перемещаются вдоль судна, а ведут грузовые операции по снятию контейнеров с грузовых платформ или погрузке контейнеров на них в определенных грузовых зо-

нах. Подача (снятие) контейнеров на борт (с борта) судна осуществляется специальными кормовыми перегружателями в корме.

### **Заключение**

Чтобы определить область рационального использования контейнеровоза предлагаемой концепции необходимо провести проектно-экономический анализ в его сравнении с традиционным контейнеровозом. Для этого необходимо разработать математическую модель его проектирования. Одним из сложных вопросов разработки данной модели будет являться оценка мощности энергетической установки.

Для этого в математической модели проектирования предлагается оценивать увеличение сопротивления корпуса судна за счет применения аутригеров в виде поправочного коэффициента к сопротивлению основного корпуса. Значение данного коэффициента следует определять на основе результатов исследований ходкости проекта в опытовых бассейнах [4]. В КНАГУ есть опытовый бассейн, оснащенный необходимым экспериментальным оборудованием, который позволяет проводить данный вид исследований [5].

### **СПИСОК ИСТОЧНИКОВ**

1. Боярчук, И. М. Особенности расчетных алгоритмов определения контейнеропровозности судов / И. М. Боярчук, А. Д. Бурменский // Наука, инновации и технологии: от идей к внедрению : Материалы Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых, Комсомольск-на-Амуре, 16–17 ноября 2023 года. – Комсомольск-на-Амуре : Комсомольский-на-Амуре государственный университет, 2023. – С. 120-123.

2. Арабаджи, К. Д. Особенности обеспечения остойчивости контейнеровозов / К. Д. Арабаджи, А. Д. Бурменский // Научно-техническое творчество аспирантов и студентов : материалы 46-й научно-технической конференции студентов и аспирантов, Комсомольск-на-Амуре, 01–15 апреля 2016 года. – Комсомольск-на-Амуре : Комсомольский-на-Амуре государственный технический университет, 2016. – С. 28-30.

3. Руденко, С. А. Высокомореходное судно с аутригерами / С. А. Руденко // Судостроение. – 2005. – № 2(759). – С. 15-17.

4. Зайцев, О. А. Исследование гидродинамических характеристик и управляемости многокорпусного судна - тримарана / О. А. Зайцев, Н. А. Смолина // Труды Центрального научно-исследовательского института им. академика А. Н. Крылова. – 2011. – № 59(343). – С. 123-134.

5. Тарануха, Н. А. Гидродинамический опытовый бассейн КНАГУ / Н. А. Тарануха, Н. А. Мытник, С. Д. Чижиумов, А. Д. Бурменский, А. А. Козлов // Мореходство и морские науки-2009 : избранные доклады Второй Сахалинской региональной морской научно-технической конференции – Южно-Сахалинск: СахГУ, 2010. – С. 231-246.