



*Текущее состояние  
развития общей  
архитектуры судов  
гражданского назначения  
технологического лидера  
мирового судостроения*



**Russian Pelagic**

NAVAL ARCHITECT & MARINE ENGINEERS

*Братухин О.И. председатель совета директоров, генеральный конструктор*

Настоящий документ является собственностью ИП Братухин О.И. и «Русской пелагической исследовательской компании», находящегося по адресу г. Владивосток, Океанский проспект 13А. Документ нельзя копировать и распространять, а его содержание или любую информацию, полученную на его основе, нельзя передавать либо использовать третьим лицам без согласования с владельцами. Получение настоящего документа означает, что указанные условия приняты.

Владивосток, 2025

СОЗДАЕМ ЛИДИРУЮЩИЙ В МИРЕ ФЛОТ

# Введение

- ❑ Рассматривая судостроительную индустрию как соединение трех составляющих – проектирование, производство комплектующего судового оборудования и собственно строительство судов, в настоящее время можно констатировать **безоговорочные лидирующие позиции в мире КНР в области производство судового оборудования и судостроения.**
- ❑ Согласно статистики Министерства промышленности и информатизации КНР на октябрь 2024г. Китай продолжает лидировать на мировом рынке судостроения. На верфи КНР **приходится более половины завершённых судостроительных заказов в мире, три четверти новых заказов** и примерно две трети контрактов на изготовление оборудования. Все три показателя стабильно растут.
- ❑ Отличительной чертой отрасли по итогам первых трёх кварталов 2024года **стало применение инновационных технологий на всех этапах – от проектирования до оказания вспомогательных услуг.** В качестве примера ниже приведены лишь некоторые суда, предлагаемые к постройке.

На крупнейшей судостроительной выставке в Шанхае Marintec China 2023 Китайская государственная судостроительная корпорации (CSSC), представила проект крупнейшего в мире атомного контейнеровоза на 24 000 TEU на ториевом реакторе. Классификационное общество DNV уже выдало принципиальное одобрение проекта. Контейнеровоз имеет длину почти 400 метров и может развивать скорость более 20 узлов.



На выставки в Шанхае Marintec China 2023 Китайская государственная судостроительная корпорации (CSSC) представила проект газовоза для перевозки сжиженного природного газа на аммиаке



На выставке по судостроению SMM Hamburg 2024, которая проходила в начале сентября 2024г, Шанхайский научно-исследовательский институт гражданского судостроения Китайской государственной судостроительной корпорации (CSSC) рассказал, что получил принципиальное одобрение на строительство двухтопливного СПГ-контейнеровоза вместимостью 27 500 TEU, что на 3000 TEU, больше, чем у самых крупных из ныне существующих контейнеровозов.



- ❑ По словам главы Китайской ассоциации судостроительной промышленности: «Мы ускорили переход на экологичные суда высокого класса. Зелёная трансформация повышает стоимость трёх основных типов судов: сухогрузов, танкеров и контейнеровозов. Это очень важный фактор прибыльности в нашем сегменте рынка». **Доля Поднебесной на глобальном рынке экологичных судов\* в этом году превысила 70%.**
- ❑ В настоящем исследовании рассмотрено состояние общеархитектурного проектирования судов в КНР, не включая в это понятие разработку построечной документации, необходимой для строительства судна (класс-проект, РКД), а также необходимые для разработки построечной документации интеллектуальные САПР, что в КНР широко развито.

*Примечание:*

*\*Экологичное судно - судно, которое использует новые технологии для снижения воздействия на окружающую среду. Помимо использования топлива с низким содержанием загрязняющих веществ, наличие судовых систем для очистки сточной и нефтесодержащей воды, устройств для обработки мусора и так далее это прежде всего применение технологий, существенно понижающих энергопотребление судна.*

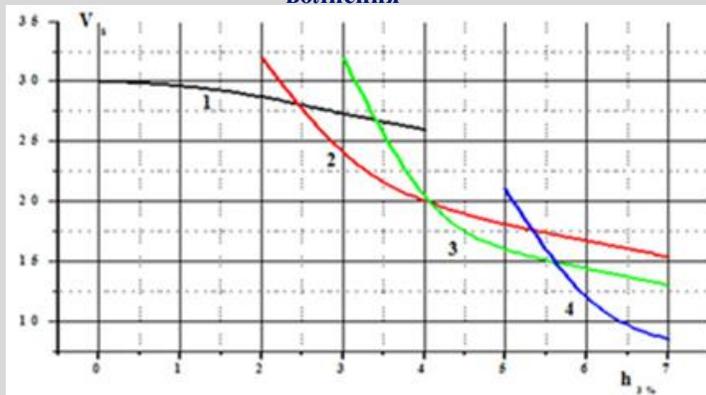
# Инновационные формы носовой оконечности судов - тенденция развития общей архитектуры судов мирового флота

- ❑ Как известно основные качества будущего конкурентоспособного в глобальном масштабе судна закладываются проектантом на ранних стадиях проектирования, которые включают предпроектные исследования (научно-исследовательское проектирование), которым в Китае занимаются десятки государственных научно-исследовательских институтов в области судостроения.
- ❑ Будучи лидерами мирового судостроения китайские проектанты не могли оставить в стороне одно из основных направлений развития мирового флота: повышение эффективности эксплуатации за счет роста энергоэффективности и экологичности, что в настоящее время в значительной степени достигается **инновационными формами корпуса судна**, которые определяют лучшую ходкость и меньшее сопротивление движению судна.
- ❑ Как известно основными факторами ограничивающими скорость движения судна в реальных океанических условиях является качка, слеминг и заливаемость.

Иллюстрация бортового слеминга



Данные ЦНИИ им. Крылова (ныне КГНЦ) по снижению скорости скоростных судов в условиях волнения



1 – дополнительное сопротивление и падение пропульсивного коэффициента,  
 2 – продольная качка, амплитуды и/или ускорения,  
 3 - слеминг, 4 – заливаемость ВП.

Иллюстрация бортового слеминга



# Инновационные формы корпуса

- ❑ Наиболее значительный вклад в решение задачи роста ходкости в условиях волнения вносит носовая оконечность судна на 80% определяющая сопротивление. Поэтому в последние годы в мире запатентовано несколько новых форм обводов носовых оконечностей корпусов судов (см. рис. ниже) и строится значительное количество судов с нетрадиционной формой носовой оконечности.
- ❑ Как показала практика, наиболее эффективные решения, например, ULSTEIN X-BOW снижают расход топлива до 30% в характерных режимах движения и обеспечивают рост скорости движения в условиях развитого волнения до 50%, а экономические показатели работы судов возрастают до 40%.
- ❑ Несмотря на то, что как не трудно видеть из приведенных фото, не все новые формы корпуса реально увеличивают ходкость, нетрадиционные формы корпуса приветствуются рынком, являясь синонимом современности, что в полной мере используется китайскими проектантами.

ROLLS-ROYCE NEW BOW HULL LINE



DAMEN AXE BOW DESIGN



ULSTEIN X-BOW



VARD (ex. STX OSV) NEW BOW LINE



# Инновационные суда различного назначения китайских проектантов с носовой оконечностью S-BOW

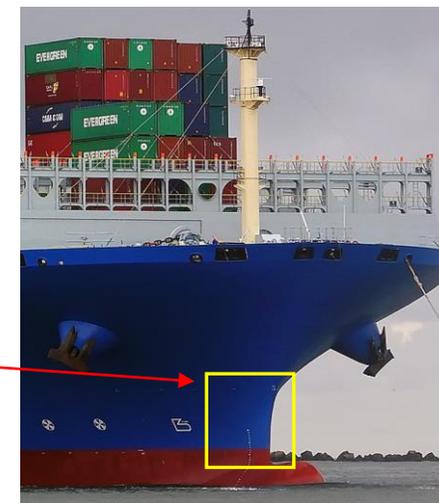
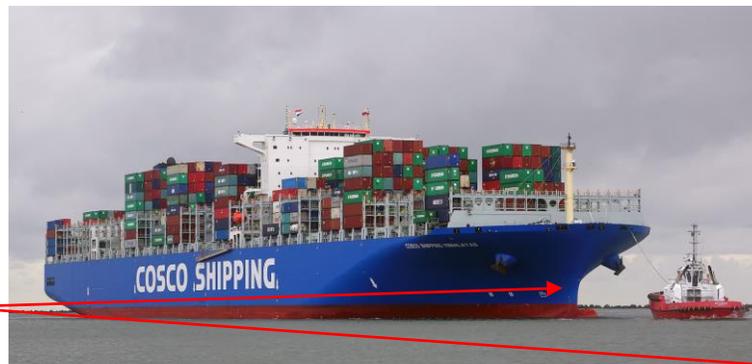
Ниже приведены фото, как заявляют китайские проектанты, инновационных судов различного назначения с уникальной формой носовой оконечности S-BOW.



- ❑ Разработчиком носовой оконечности с вертикальным форштевнем S-BOW является шанхайский научно-исследовательский и проектно-конструкторский институт (SDARI), основанный в 1964 году и входящий в состав China State Shipbuilding Co. Ltd. (CSSC). SDARI является одним из крупнейших в Китае институтов по проектированию судов самого широкого спектра, передовыми мировыми технологиями, **самой инновационной и стабильной технической командой, а также самой большой долей рынка в Китае.**
- ❑ Сосредоточившись на повышении интеллектуальных возможностей, энергосбережении и сокращении выбросов, SDARI прилагает усилия для **создания новых типов судов**, которые будут использоваться в будущем и станут лидерами на рынке **благодаря развитию технологий и 3D-проектированию.**
- ❑ SDARI разработала в общей сложности более 1200 различных судов и получила более 350 наград провинциального уровня и выше. В последние годы постоянное совершенствование технического опыта SDARI и растущая доля рынка помогают ускорить **строительство ведущего в мире института интеллектуальной корабельной архитектуры.**
- ❑ **Клиентами SDARI являются крупнейшие мировые перевозчики** (см. слайд 4). Можно констатировать, что самые крупные судоходные компании в мире, имевшие до недавнего времени собственные КБ, вероятно по экономическим причинам **перешли на использование китайского инжиниринга в области проектирования.**
- ❑ **Таким образом китайские компании стали глобальным лидером не только в строительстве судов, но и технологическим лидеров в области проектирования судов.** Определяя тем самым, уровень экономической эффективности строящегося зарубежного флота.

## Что собой представляет S-BOW

- ❑ **Проектирование формы корпуса судна является одной из ключевых проблем судостроения.** Для ее решения отсутствует единый подход, несмотря на множество существующих методик. Сложность задачи даже физического описания гидродинамической картины взаимодействия носовой оконечности с учетом продольной качки судна со взволнованной ветро-волновой поверхностью моря приводит к тому, что у классификационных обществ отсутствует регламентация форм обводов, помимо расплывчатого термина о необходимости «приемлемой мореходности», а при практическом проектировании формы корпуса судов основное внимание уделяется анализу ходкости на тихой воде, а анализ мореходности и ходкости на волнении сводится к оценкам, критерии которых не всегда определены.
- ❑ На практике недостаточный учет указанных обстоятельств является причиной массовых повреждений корпусных конструкций, а иногда и гибели судов и, например, потери контейнеров в штормовых условиях у современных крупнотоннажных контейнеровозов\*, но главная проблема заключается в том, что в условиях слеминга и заливаемости палубы, **капитаны судов обязаны и всегда снижают скорость движения, иногда до двух-трех раз против крейсерской скорости движения, что существенно снижает эффективность работы судна. Так морское волнение и слеминг как в прямом, так и в переносном смысле тормозит мировой транспортный флот.**
- ❑ Именно с указанным обстоятельством, помимо также указанных выше целей маркетинга связано появление в последние годы разнообразных форм носовых оконечностей, приведенных на слайде 2.
- ❑ Для относительно скоростных судов носовая оконечность с вертикальным форштевнем S-BOW, является эволюцией классической формы носовой оконечности последнего поколения, характеризующейся наклонённым вперед форштевнем и развитым бульбом (фото слева). Особенностью является выраженный вертикальный участок форштевня в районе КВЛ.
- ❑ Недостатком подобной формы носовой оконечности является наличие, как можно видеть на приведенных фото, существенного развала носовых участков борта (градиент изменения угла наклона к вертикали касательной к шпангоуту по мере увеличения расстояния от основной плоскости), что на практике определяет значительный бортовой слеминг и в силу значительных площадей воздействия ударных нагрузок – значительных динамических изгибающих моментов.



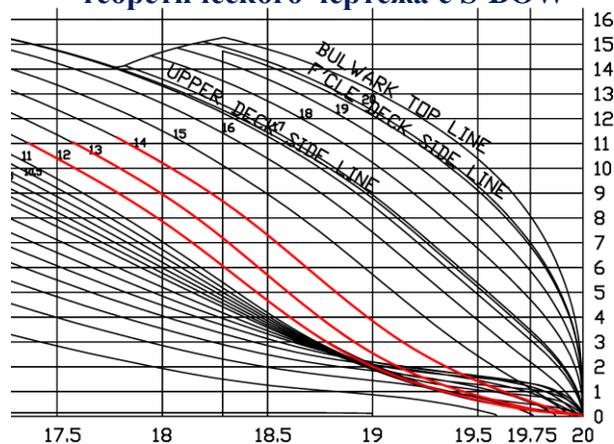
# Анализ S-BOW для относительно быстроходных судов

- ❑ С целью уменьшения усилий, возникающих при бортовом слеминге и как следствие уменьшения динамических изгибающих моментов, SDARI отказалось от форштевня, имеющего наклон вперед в пользу вертикального форштевня (рис. справа).
- ❑ **Основным критерием проектирования формы S-BOW являлся минимум ударной силы при ограничениях на наибольшие давления и ускорения.**
- ❑ Как численное моделирование, так и физическое моделирование в виде испытаний в государственных опытовых бассейнах подтвердили уменьшение дополнительного волнового сопротивления и слеминга при небольшом волнении.
- ❑ При этом, как можно видеть на рис. справа вынуждено **пришлось увеличить протяженность носового заострения корпуса судна**, а значительное поднятие вертикального участка форштевня от уровня КВЛ с одновременной необходимостью обеспечения достаточной площади палубы (см. проекцию корпус теоретического чертежа) **потребовал крайне значительного развала борта.**
- ❑ Указанное привело к уменьшению площади приложения ударной нагрузки, то есть в целом к уменьшению ударного изгибающего момента, однако с одновременным ростом максимальных гидродинамических давлений.
- ❑ Значительный рост максимальных давлений при слеминге не был зафиксирован SDARI ни при выполнении модельных испытаний в силу того, что **ветро-волновое нерегулярное волнение с образованием гребней волн не моделируется ни физически (в опытовых бассейнах), ни численным моделированием, поскольку до недавнего времени не была описана физическая картина возникновения пиковых гидродинамических давлений при бортовом слеминге. Это типичный случай ошибки численных методов расчета на основе недостоверной физической модели явления.**

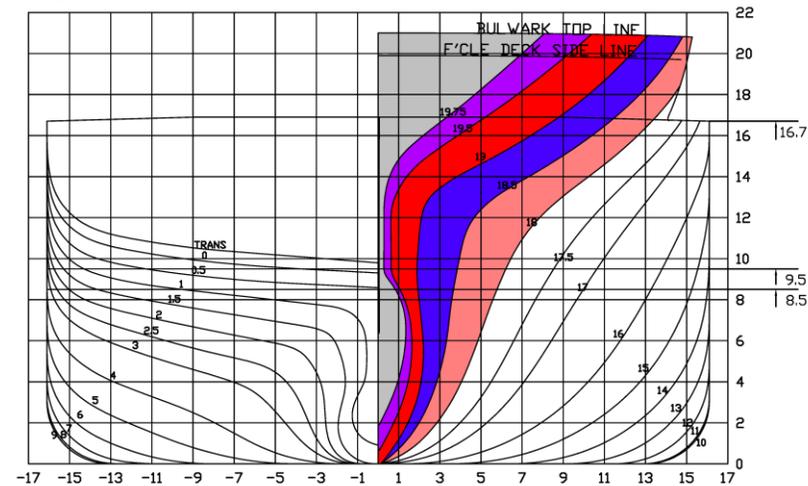
Внешний вид судна с носовой оконечностью S-BOW



Носовая часть проекции полуширота теоретического чертежа с S-BOW



Проекция корпус теоретического чертежа с S-BOW



# Анализ использования вертикального форштевня для судов со значительной полнотой обводов

- Отличительной особенностью современных крупнотоннажных судов, например, балкеров, имеющих вертикальный форштевень, является их увеличенная вместимость, что приводит к значительному коэффициенту общей полноты и крайне полным носовым обводам (см. рис. справа). Практически **носые обводы выше конструктивной ватерлинии представляют вертикальную, относительно движения судна, поверхность, при слеминге отражающую набегающую волну против ее движения.**
- Как опыт эксплуатации судов этого типа, так и испытания моделей в опытовом бассейне наглядно показывают проблемы подобной формы корпуса в условиях волнения: **значительное дополнительное волновое сопротивление, развитый бортовой слеминг и заливаемость.**

Иллюстрация полных носовых обводов балкера

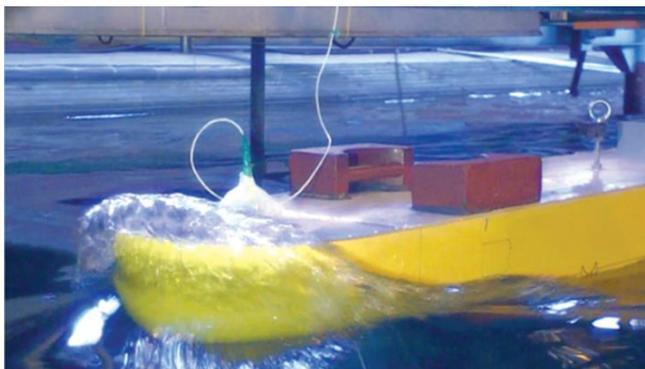


Модельные испытания судна с полными обводами в опытовом бассейне Крыловского государственного научного центра

Исходная модель судна со значительной полнотой обводов



Модель судна в грузу на встречном волнении силой 4-5 балла



Модель судна в грузу на встречном волнении силой 6-7 баллов



Балкер с вертикальным форштевнем от SDARI

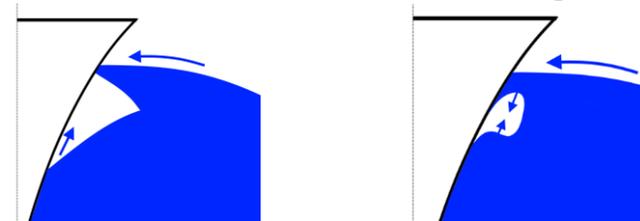


- Следствием указанных проблем является снижение скорости движения судов, следовательно снижение провозоспособности и как следствие снижение экономических показателей. Как отмечается в одной из работ ФГУП «Крыловский государственный научный центр», касающейся судов со значительной полнотой обводов: **«...практика эксплуатации этого семейства судов накопила отрицательный опыт их применения на тех линиях, где потери скорости движения судна в условиях интенсивного морского волнения могут существенно снижать транспортную эффективность перевозок».**
- Стремление китайских проектантов уменьшить полноту носовой части корпуса для судов подобного типа, **незначительно снижает слеминг, но приводит к уменьшению грузовместимости и росту заливаемости, которая ограничивает скорость движения судна также, как и удары волн в развал борта.**

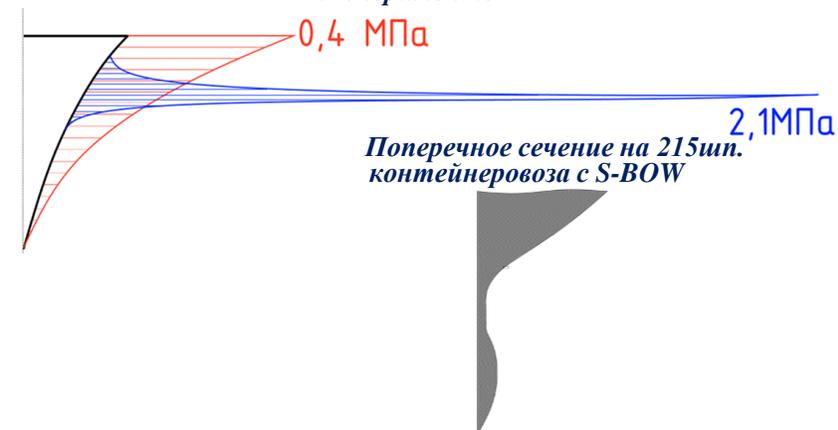
# Физическая картина возникновения максимальных гидродинамических давлений при бортовом слеминге

- Физическая картина возникновения максимальных гидродинамических давлений при бортовом слеминге была установлена советскими учеными в конце 80-х начале 90-х годов в процессе проведенных широкомасштабных натурных испытаний, которые являлись составной частью многолетних исследований кафедры конструкции судов ДВПИ в советский период, направленных на изучение внешних сил, действующих на корпус судна в процессе эксплуатации. Полученные данные были подтверждены испытаниями крупномасштабной модели в акватории Амурского залива.
- Установленная качественная картина была описана в научной литературе\*, однако в силу распада СССР, проведенные исследования не получили не только продолжения, но и должного широкого освещения в научной литературе.** Соответственно физическая картина не получила математического описания и как следствие использования при численном моделировании.
- Суть качественной картины, отличающаяся от используемых в теоретических моделях заключается в том, что локальные пиковые давления возникают в случае, если **набегающая волна имела гребень и этот гребень волны взаимодействовал с наружной обшивкой борта, в то время как основная масса волны поднималась вверх по наружной обшивке вследствие погружения носовой оконечности в волну при продольной качке.** Контакт гребня с обшивкой создает препятствие для движения основной массы воды, поднимающейся вверх по наружной обшивке и именно в таких условиях возникают максимальные локальные пиковые давления значительной интенсивности.
- Исходя из зафиксированной картины возникновения максимальных гидродинамических давлений, становится очевидным, что поперечные сечения носовых шпангоутов S-BOW (см. рис. справа) в местах наибольшей кривизны шпангоутов в реальных условиях океанического волнения **будут находится под воздействием экстремально высоких ударных давлений, превышающих 400тонн на квадратный метр наружной обшивки в силу особенностей обводов S-BOW.**
- Этот факт не был зафиксирован китайскими исследователями при физическом моделировании в силу невозможности создания ветроволнового волнения в условиях опытового бассейна и численном моделировании, поскольку не была использована корректная физическая модель процесса.

*Начальная фаза взаимодействия (касание гребня волны наружной обшивки)*      *Вторичная фаза взаимодействия (движение воды навстречу друг другу при поступательном движении судна вперед)*



*Иллюстрация соотношения эпюр максимального давления (синий цвет) и максимальной нагрузки (красный цвет), замеренных в натурном эксперименте*



\*Иванов Н.А., Братухин О.И. Некоторые результаты исследований бортового слеминга на крупномасштабной модели //Тезисы докладов на научно-технической конференции «Эксплуатационная и конструктивная прочность судовых конструкций» Девятое «Бубновские чтения» - Нижний Новгород, 1991.- с. 35-36.  
 Братухин О.И. Расчетные параметры гидродинамических нагрузок, действующих на бортовые перекрытия судов //Тезисы докладов XII Дальневосточной научно-технической конференции "Повреждения и эксплуатационная надежность судовых конструкций" - Владивосток, 1994.- с.27-28.

## Является ли гармоничной и функциональной форма носовой оконечности S-BOW?

- ❑ С точки зрения науки «Техническая бионика» (применении в технических системах свойств, функций и природных форм и применение моделей на их основе для решения инженерных задач) предлагаемая конструкция, фактически отбивающая волну против ее движения конечно же не только не оптимальна, но и в целом не гармонична. **Борьба с волнами бесполезна (бесполезно тратится энергия движения судна) и не рациональна.**
- ❑ Функциональность: для чего существует такой значительной высоты и массивный отбойный козырек? Очевидно, что он создает значительное аэродинамическое сопротивление, но зачем-то ведь он нужен функционально? Следовательно на судах этого типа с S-BOW существуют значительные проблемы связанные с заливаемостью.

Судно с носовой оконечностью S-BOW  
Отбойный козырек на баке



## Выводы: преимущества и недостатки, обеспечивающие использование носовой оконечности S-BOW в сравнении с традиционной формой носовой оконечности

### ❑ Преимущества:

- меньшая площадь приложения ударных нагрузок и меньшие динамические изгибающие моменты, воздействующие на корпус судна при бортовом слеминга.

### ❑ Недостатки:

- сохраняющийся бортовой слеминг и как следствие сохраняющиеся экономические потери в силу необходимости снижения скорости движения судна на встречном волнении;
- меньшая вместимость грузовых помещений;
- бóльшая заливаемость палубы при встречном волнении;
- бóльшая интенсивность слеминга при развитом волнении, то есть бóльшие максимальные гидродинамические давления, возникающие в местах значительного развала борта, что означает большую нагруженность конструкций носовых бортовых перекрытий и следовательно их большую металлоемкость при равной их прочности;
- бóльшие амплитуды продольной качки.

*Решение S-BOW может иметь преимущества на определенных маршрутах с относительно незначительным по величине спектром морского волнения, однако в остальных случаях, особенно в условиях океанических переходов, подобное решение в силу слеминга и заливаемости, как минимум, не обеспечивает преимуществ в сравнении с традиционной формой корпуса.*



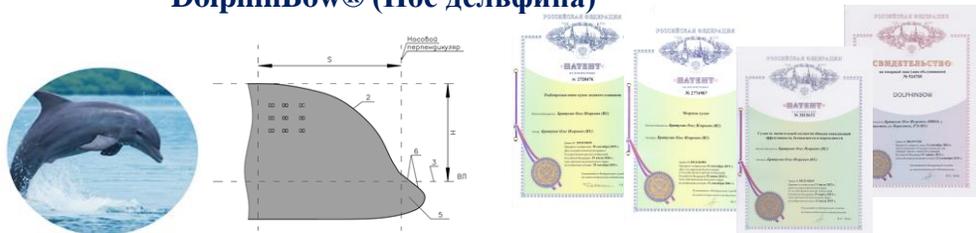
## Сравнение



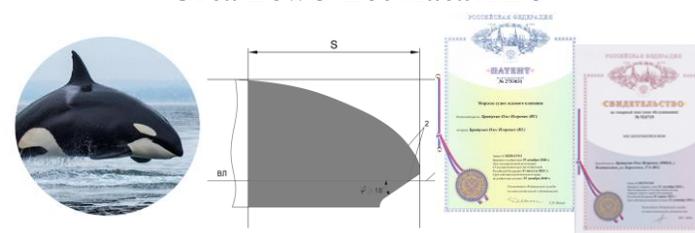
# Альтернатива? Российские инновационные решения общей архитектуры судов

- Российские инновационные решения **DolphinBow® (Нос дельфина)** и **Orca Bow® Нос Касатки®**, являясь продуктом более чем 40-летних исследований явления бортового слеминга и заливаемости (начаты в 80-е годы в ДВПИ им. Куйбышева, одном из ведущих центров кораблестроительной науки СССР – ныне ДВФУ), защищены многочисленными патентами, основаны на **Технической бионике** и, обеспечивая решение проблем мореходности, ходкости и приводя к росту экономической эффективности и безопасности, **существенно превосходят известные зарубежные аналоги.**

**DolphinBow® (Нос дельфина)**



**Orca Bow® Нос Касатки®**

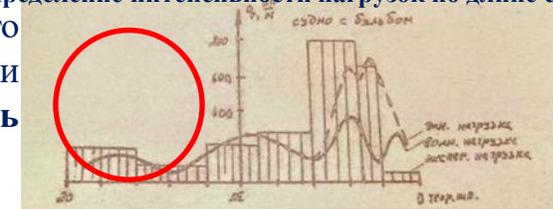


**Примеры использования на судах различного типа**



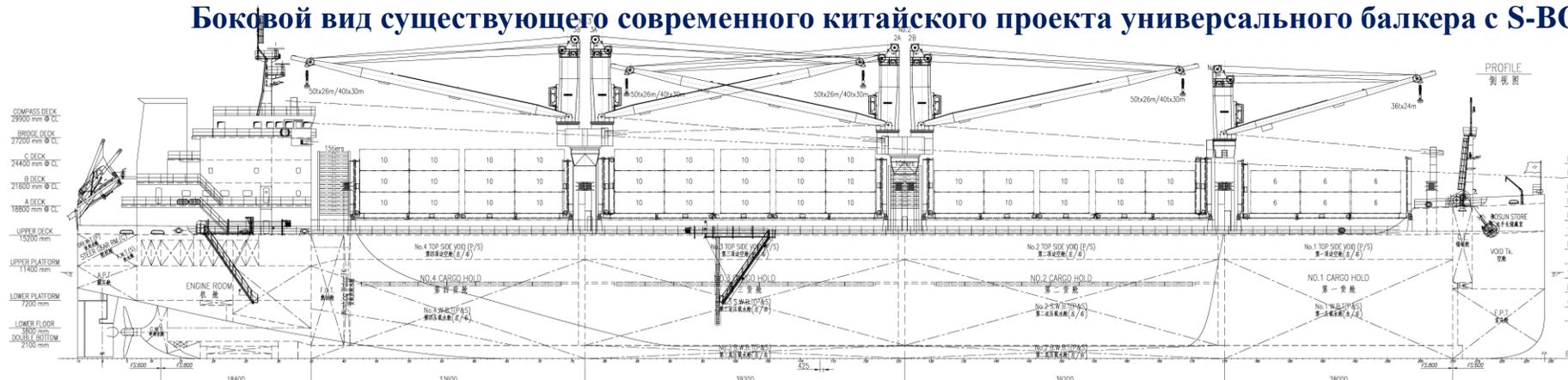
**Распределение интенсивности нагрузок по длине судна\***

- Подобные решения, основанные на гармонизации взаимодействия с набегающей волной за счет безударного обтекания, по сути меняют классическую философию проектирования судов, основанную на необходимости восприятия без отказов считавшихся неизбежными нагрузок (см.рис. справа), что дает **возможность обеспечить строительство лидирующего в мире по эффективности и безопасности флота различного назначения.**



\*Бойцов Г.В., Кудрин М.А. Влияние формы носовой оконечности судна на характер действующих волновых нагрузок//Тезисы докладов XI Дальневосточной научно-технической конференции по поврежденным и эксплуатационной надежности судовых конструкций". – Владивосток, 1990.-с.26-27.

## Боковой вид существующего современного китайского проекта универсального балкера с S-BOW (аналог)



### Основные характеристики

LENGTH O.A.	~179.90 m	主 机 MAIN ENGINE	
LENGTH B.P.	176.85 m	Wartsila 6RT-FLEX48T-D	1 SET
BREADTH (M.L.D.)	30.00 m	MCR	8732kW × 127.0rpm
DEPTH (M.L.D.)	15.20 m	SMCR	6120kW × 102.0rpm
DESIGNED DRAFT (M.L.D.)	9.50 m	CSR	4896kW × 94.7rpm
SCANTLING DRAFT (M.L.D.)	10.60 m	船级社 CLASS NOTATION	
DEADWEIGHT (SCANTLING DRAFT)	~37,400 t	LR 100A1, STRENGTHENED FOR HEAVY CARGO, CONTAINER	
SERVICE (d=9.5m, CSR with 15% S.W.)	~14.0 kst	CARGOES ON ALL HATCH COVERS, ICE CLASS 10, "IWS, LL"	
ENDURANCE	~15,000 n mile	DESCRIPTIVE NOTE: "STRENGTHENED FOR REGULAR	
COMPLEMENT	24P+4Coast	DISCHARGE BY GRABS WITH 20 TONNES"	
		SHIPRIGHT(CM, HM, ACS(S), BMMPT(1), SCM),	
		■ I.M.C.UMS	

## Тот же проект с использованием запатентованного технического решения «DolphinBOW®»



□ За счет использования «DolphinBOW®» обеспечивается современный функциональный дизайн, безопасность и наибольшая эффективность судна:

➤ рост годовой прибыли достигается **25%** в зависимости от режимов и районов эксплуатации судна за счет существенного роста ходкости в условиях развитого волнения и соответствующего роста провозоспособности, существенного роста контейнеровместимости, улучшения мореходных качеств (параметров качки, ледопроеходимости), снижения аэродинамического, дополнительного волнового и ледового сопротивления (**ледовый класс до Arc7**), улучшения обитаемости и работоспособности экипажа;

➤ обеспечивается рост безопасности эксплуатации судна за счет безударного обтекания носовой части судна в условиях волнения, отсутствие заливаемости при встречном волнении обеспечивает безопасность перевозки палубных грузов, снижается как общая так и местная нагруженность корпусных конструкций судна от воздействия гидродинамических ударных нагрузок.

- ❑ Китайские научно-исследовательские и проектно-конструкторские компании являются **глобальными технологическими лидерами в области практического проектирования транспортных и некоторых других типов судов.**
- ❑ Крупнейшие мировые судоходные компании перешли на использование китайского инжиниринга в области проектирования транспортного флота.
- ❑ **Нетрадиционные формы корпуса приветствуются рынком, являясь синонимом современности**, что в полной мере использовано китайскими проектантами в целях маркетинга, создавшим форму носовой оконечности S-BOW.
- ❑ **Китайским научно-исследовательским институтам поставлена задача стать ведущим в мире институтом интеллектуальной корабельной архитектуры.**
- ❑ **Решение поставленной задачи гарантирует китайскому флоту наибольшую экономическую эффективность, то есть лидирующую роль в мире.**
- ❑ Занятие КНР ведущей роли на глобальном рынке экологичных судов в основном связано с **применение инновационных технологий и инновационного оборудования**, производимого в КНР.
- ❑ В тоже время **сложные задачи общей архитектуры судов** на ранних стадиях предпроектных исследований и проектирования, **не имеющих ранее решений и не решаемых на базе численных методов и моделирования**, но в конечном итоге определяющие качественный образ и экономические показатели будущего судна, **китайскими научно-исследовательскими институтами не решены.**

*Не решенные задачи китайскими исследовательскими институтами в области общей архитектуры судов, крайне малые по объему, но наиважнейшие для строительства безопасного, высокоэффективного флота и конкурентоспособного развития всей судостроительной индустрии (проектирование судов - производство комплектующего судового оборудования – судостроительные верфи), оставляют возможности конкурирующим экономикам в производстве более передовых, лидирующих в мире судов различного назначения.*



# *СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!*

## Контакты:

Братухин О.И. генеральный конструктор ЗАО «Русская  
пелагическая исследовательская компания»  
690000, Россия, г. Владивосток, Океанский проспект 13А

E-mail прямой: [olegbratukhin@mail.ru](mailto:olegbratukhin@mail.ru)

<https://olegbratukhin.ru/>

Skype прямой: oleg\_bratukhin

Телефон мобильный: +7 914 703 21 11