

ПРОБЛЕМЫ КОРАБЛЕСТРОЕНИЯ И ОКЕАНОТЕХНИКИ

УДК 629.12

Фам Фу Тхань, Фан Ван Ан

СКОРОСТНОЕ СУДОСТРОЕНИЕ. РЕТРОСПЕКТИВА

Вьетнамский национальный технологический институт

Скоростные речные и морские суда с динамическими принципами поддержания – хорошо изученная область техники. Во многих странах создано немалое количество коммерческих и военных образцов выполняющих регулярные рейсы или несущих ту или иную службу. Но некоторые страны только входят в рынок подобных судов, осваивают данную технику или пытаются создавать собственную в зависимости и опираясь на условия прибрежных зон, речных акваторий.

В статье предпринята попытка анализа первоначального опыта ведущих стран по созданию судов на воздушной подушке, с целью последующей адаптации данных идей в стране автора статьи.

Ключевые слова: скоростные суда, история судостроения.

Скорость – одна из существенных составляющих параметров любого транспортного средства. С 1970-х годов цена топлива становится важным компонентом эксплуатационных расходов, транспортная эффективность выступает существенным фактором, руководящим развитием транспортной сферы. В течение прошлого столетия скорости обслуживания многих транспортных средств увеличились, используя в своих интересах быстрое развитие двигателей внутреннего сгорания. Так, скорость самолетов увеличилась в 10 раз, автомобилей – в три. Напротив, самая высокая скорость водного транспорта увеличилась меньше чем в два раза и приблизилась к скорости обслуживания приблизительно в 40 узлов.

Некоторые аквапланирующие суда и скоростные военно-морские суда достигли этой скорости в 1920-х. Они были способны сделать это потому, что полезная нагрузка не выступала ключевым требованием (большая часть несущей способности тратилась на силовую установку и топливо). Гидродинамическое сопротивление служило главным фактором, ограничивающим их возможности.

Водоизмещающие суда, перемещающиеся с высокой скоростью, имеют волновое сопротивление, пропорциональное квадрату его скорости. Это ограничивает максимальную скорость судна, в том числе и потому, что невозможно бесконечно увеличивать мощность силовой установки. Однако оказалось, что можно спроектировать суда с конструкцией, обеспечивающей движение на принципе поверхностного планирования, чтобы уменьшить волновое сопротивление на более высоких скоростях. На данном принципе было построено много различных судов, хотя мощность силовой установки, требуемая для высокой скорости, была ограничена их размерами. Они нашли применение для отдыха, скоростных гонок и в военных целях, например, скоростные патрульные суда.

Аквапланирующие суда продемонстрировали высокий потенциал для увеличения скорости, но хлопанье, вызываемое столкновением с волнами, все еще создавало проблемы для команд, пассажиров и непосредственно корпусам судов из-за высокого вертикального ускорения.

Очевидно, что существует две возможности избежать хлопанья: надо или изолировать

корпус от контакта с водной поверхностью, или погрузиться настолько, насколько это возможно, чтобы уменьшить волновое поверхностное сопротивление. Развитием первой из этих идей явилось создание судов на подводных крыльях, аквапланирующих катеров, судов на воздушной подушке, экранопланов. Вторая идея привела к созданию судов с корпусами малого сечения (по типу морской нож), что в дальнейшем было развито в создание высокоскоростных катамаранов.

Классификация типов высокоскоростных водных транспортных средств показана в табл. 1.

Предметом этой статьи является обзор начала проектирования и создания судов на принципах поддержания давлением воздуха в воздушной подушке.

Воздушная подушка определяется как некая твердая структура, находящаяся на достаточном расстоянии от водной поверхности, для уменьшения влияния водной поверхности и волнового сопротивления, в то же время имеющая закрытую зону, создающую зону воздушного давления, позволяющую обеспечить достаточный промежуток между поверхностью и поднимаемым телом. При этих обстоятельствах произведенное давление во много раз больше, чем давление под свободным крылом, в то же время сопротивление поднятого таким образом тела достаточно мало по сравнению, например, с поверхностным сопротивлением аквапланирующего судна (глиссированием).

Таблица 1

Классификация скоростных судов

Принцип поддержания	Классификация	Классификация
Гидростатический	Водоизмещающие	Монокорпусные
	«Морской нож»	Мультикорпусные
Гидродинамический	Аквапланирующие (глиссирующие)	Монокорпусные
	На подводных крыльях	Мультикорпусные
Аэростатический	«Воздушная смазка»	Ступенчатые аквапланирующие корпуса
		Воздушная каверна
	Воздушная подушка с автономным нагнетанием	Амфибийные корпуса с гибким ограждением
		Корпуса с жестким ограждением
Воздушная подушка с нагнетанием от маршевого винта	Амфибии с закрытой камерой	
	Амфибии с открытой камерой	
Аэродинамический	Катамаранные корпуса туннельного типа с канальной продувкой	
	Экранопланы	Экранопланы со вспомогательными силовыми установками принудительного нагнетания воздушной подушки

Идея использования воздушной подушки для уменьшения сопротивления водной поверхности появилась более ста лет назад. В 1877 в Великобритании сэр Джон Торникрофт предложил большое число форм корпусов с выступами и впадинами на днище для создания воздушного пузыря под днищем. Данные модели он тестировал как альтернативу обычным водоизмещающим торпедным катерам, строившимся его компанией в то же время для британского флота. Эта идея была проверена не на всех типоразмерах судов, хотя на созданных образцах были получены неплохие результаты.

В 1882 г. шведский инженер Густав де Лаваль получил патент на идею «воздушной смазки» корпусов судов обычной формы. Было построено судно по предложенной Лавалем

конструкции, но эксперимент не имел успеха. Воздушная смазка создавала турбулентную смесь воздушных пузырей и воды вокруг корпуса, а не «смазывающий» слой воздуха, в результате чего скорость увеличить не удалось.

С тех пор идея воздушной смазки изучалась многими инженерами и учеными, и в итоге на практике было установлено, что однородную воздушную ленту на днищевой поверхности обычного водоизмещающего корпуса создать на практике довольно трудно. И в противоположность, дополнительный турбулентный слой увеличивал сопротивление водной поверхности. Это означало, что необходимо создавать более стабильную воздушную прослойку.

В 1925 г. Д. К. Уорнер использовал принцип «захваченного воздушного пузыря», для создания лодки, выигравшей морские гонки в Коннектикуте (США). Он использовал судно с боковыми реданами и кормовым воздушным затвором.

В 1935 г. финский инженер Тойвио Каарио (Toivio Kaario) построил два опытных прототипа экраноплана, из которых один с двумя нагнетательными камерами, а другой – с передним разрезающим крылом (рис. 1).

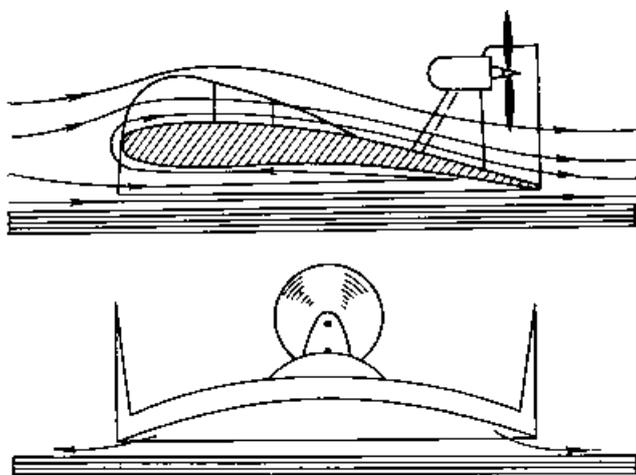


Рис. 1. Эскиз СВП, построенного Тойвио Каарио в 1935 г.

В России в конце 20-х – начале 30-х гг. XX века конструированием судов на воздушной подушке и исследованиями в этой области занимались лишь немногие энтузиасты. Первоначальником был В. И. Левков. В 1927 г. молодой доцент В.И. Левков, специалист в области аэродинамики, начал опыты над моделями аппаратов на воздушной подушке и в 1933г. разработал методику расчета таких аппаратов, а в 1934 г. было созданное первое в мире парящее судно – двухместный катер Л-1, успешно прошедший испытания.



Рис. 2. СВП Л-5

На базе Л-1 коллектив, возглавляемый Левковым, построил несколько катеров. Л-5 массой 9 т на испытаниях в 1937г. развил 73 узла! (рис. 2). Было создано еще несколько парящих судов массой до 15 т, а в проектах уже фигурировали 30-тонные аппараты. Война прервала работу.

И хотя первенство создания судна на воздушной подушке приписывают английскому

инженеру Кристоферу Коккереллу, он создал такое судно лишь в 1950 г. Работая в Маркони Компании в период 1935 по 1950 гг. и будучи инженером-конструктором, он поставил перед собой задачу попытаться увеличить скорость морского судна. Сначала он экспериментировал с воздушной смазкой корпуса, но сделал вывод, что существенное сокращение трения могло бы быть получено только тогда, когда корпус поддерживался бы на воде действительно толстой воздушной подушкой. В 1953 г. начал работу над судном на воздушной подушке, выполнил свои начальные эксперименты на Оултон Броуд, Норфолк, и зарегистрировал свой первый патент на судно на воздушной подушке в 1955 г. В 1957 г. к нему пришла идея о применении гибкой юбки в кораблестроении, и в 1958 г. он нашел коммерческую поддержку. Первое выполненное в полный размер судно на воздушной подушке было построено и пересекло пролив Ла-Манш с изобретателем на палубе.

В середине 1950-х годов XX в. для развития программы скоростного судостроения британское, а позже и американское правительство выделило большое финансирование. В тот же самый период Китай и СССР также разрабатывали подобные программы.

Чтобы исследовать воздушное смазывание некоторые эксперименты по буксировке резервуаров были выполнены в MARIC (Marine Research Institute of China, Шанхай, Китай) в 1968 г., но тесты подтвердили более ранние результаты Лавалья, Коккерелла и других о необходимости отделения корпуса судна от водной поверхности с помощью каверны или туннельной формы корпуса.

Транспортные средства на воздушной подушке могли быть успешно развиты только при использовании легких материалов для корпуса и двигателей. Первые опытные образцы использовали опыт авиационного проектирования и изготовления для достижения необходимого соотношения мощности силовой установки и веса судна.

Опыт амфибийных самолетов или летающих лодок был особенно ценен, так как для обычных самолетов использовались не коррозионно-стойкие материалы, в то время как коррозионная стойкость аппаратов эксплуатируемых в морской соленой воде - важный параметр проектирования морских транспортных средств.

Использование измененной формы крыла позволяет транспортным средствам достигнуть скорости, близкой к скорости самолетов. Вот несколько концепций подобных транспортных средств начального периода.

Амфибийное скоростное судно на воздушной подушке (СВП)

Амфибийное скоростное судно поддерживается полностью его воздушной подушкой с воздушной завесой (формируется струей высокого давления) или гибкой системой юбок по периметру корпуса. Такие суда обладают, как правило, мелкой или отрицательной осадкой в зависимости от структуры воздушной подушки и амфибийными особенностями. Они могут быть пассивными (буксируемыми другими машинами) или активными, то есть приводятся в движение воздушными пропеллерами или вентиляторами.



Рис. 4. Китайское СВП модели 722-1

Суда с корпусами туннельного (скегового) типа (СС)

Некоторые гибридные суда имеют рифленую поверхность, надувные круглые баллоны, бортовые двигатели, водометы, позволяющие выполнять необходимые функции конкретному судну. Концепция такого судна имеет (рис. 4 и рис. 5) менее гибкую юбку, закрывающую только нос и корму. Днищевая часть корпуса по конструкции схожа с катамаранами. Боковые стенки корпуса или катамаранная схема, носовая и кормовая завесы позволяют создать закрытое пространство под корпусом для нагнетания воздушной подушки и позволяют минимизировать мощность необходимую для подъема судна. Из-за отсутствия утечки воздуха по боковым бортам судна мощность, необходимую для поднятия судна, можно значительно уменьшить по сравнению с СВП. Кроме того, на СС имеется возможность установить обычные водные винты или водометы, используя меньшее пространство для движительных установок по сравнению с воздушными пропеллерами и фановыми вентиляторами на СВП. Это дает возможность устанавливать более компактный движительный комплекс, позволяющий иметь большую полезную нагрузку и упрощает проектирование судов именно большого размера.



Рис. 5. Китайское судно с корпусом туннельного типа с жесткими боковыми скегами. Пассажирская модель 719-1



Рис. 6. Первое китайское пассажирское судно с корпусом туннельного типа с жесткими боковыми скегами (на реке Джин Сах)

Экранный эффект и экраноплан

Данные суда несколько отличаются от СВП или СС. Они больше походят на низко летящий самолет. Использование экранопланов основывается на близости к поверхности, чтобы увеличить подъемную силу на крыле специфичной формы. Судно поддерживается в воздухе над поверхностью динамической, а не статической подушкой. Экраноплан (рис. 7) первоначально плавает на воде, и его взлет подобен гидроплану. Крыло самолета работает вблизи поверхности, при этом из-за экранного эффекта создается подъемная сила за счет давления набегающего потока на нижнюю поверхность крыла.

Аэрогидродинамические особенности экраноплана значительно оптимизируют конструкцию судна и улучшают его полезную несущую способность по сравнению с самолетом.



Рис. 7. Китайский экраноплан модели 902

PARWIG, показанный на рис. 9 отличается от экраноплана другим местоположением фановых вентиляторов. Фановые вентиляторы (или вспомогательные винты) расположены вне воздушной подушки, следовательно, большое количество воздуха может быть непосредственно подано в подушку под крылом и производить статический подъем.

Суда на воздушной подушке – часть большей группы транспортных средств высокой эффективности показанных в табл. 1. Они могут быть подразделены, как показано на рис. 8, по их эксплуатационным особенностям, применению, системе гибких ограждений и силовым пропульсивным установкам.

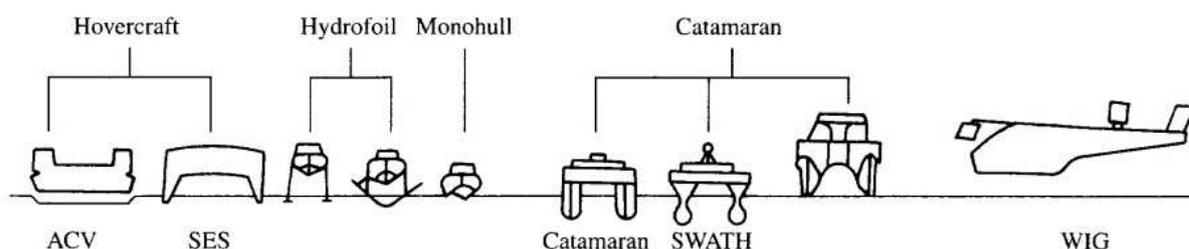


Рис. 8. Классификация скоростных судов

Работа сэра Кристофера Коккерелла привела к постройке в Европе первого полномасштабного скоростного судна на воздушной подушке, “Saunders” SR.N1, которое впервые успешно пересекло Ла-Манш 25 июля 1959 г.

Китай тоже начал собственные исследования в области скоростных судов. В 1957 в Харбинском институте судостроения был успешно разработан проект и в июле 1959 г. проведены первые испытания в открытом море скоростного судна на воздушной подушке на побережье порта Лю Шун. Основные сравнительные параметры первых китайских и британских опытных скоростных судов приведены в табл. 2.



Рис. 9. Первый китайский экраноплан модели 750 с дополнительной силовой установкой

Таблица 2

Сравнительные характеристики первых СВП британского и китайского производства

	SR.N1	Craft "33"
Страна	Англия	Китай
Проектировщик и изготовитель	Сандерс Рой	Harbin Shipbuilding Engineering Institute. Harbin Aeroplane Manufactory
Тип судна	СВП	СВП
Вес, т	3,4	4,0
Двигатель	Авиационный поршневой двигатель, P=320 kW 70% мощности на нагнетание подушки, 30% на пропульсивный комплекс	Авиационный поршневой двигатель 176 kW на нагнетание подушки 117 kW на пропульсивный комплекс
Материал корпуса	Алюминиевый сплав	Алюминиевый сплав
Первые морские испытания	Пролив Ла-Манш	Порт Лю Шун
Дальность при первых испытаниях	25 морских миль	16 морских миль



Рис. 10. SR N1 – первый британский СВП, успешно пересекший Ла-Манш

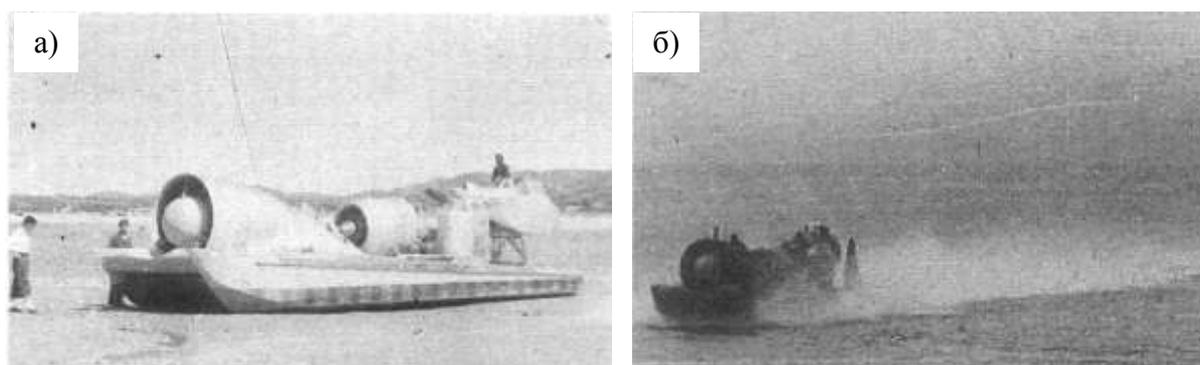


Рис. 11. Первое китайское экспериментальное скоростное судно "Craft"33" на воздушной подушке, успешно эксплуатируемое на длинные расстояния в акватории порта Лю Шун в июле 1959:

а – на берегу; *б* – в движении на высокой скорости

К началу XXI столетия с тех пор, как прошли первые успешные испытания СВП в Китае, Англии других странах, число СВП, разработанных и построенных и для коммерческого и для военного назначения превысило 2000 во всем мире, включая порядка 1000 Советских платформ в Арктике для разведки нефти. Благодаря быстрому развитию материалов, двигателей, электроники и компьютерных систем в последние годы, скоростные судна имели быстрое развитие от стадии исследования до коммерческого и военного применения (см. сравнение с другими типами транспортных средств в табл. 3).

Таблица 3

Тип машины	Время от изобретения до первого применения
Паровые суда	41
Суда на подводных крыльях	35
Подводные лодки	25
Суда на воздушной подушке	13
Реактивные самолеты	12
Самолеты	8

В 60–70-х гг. XX в. концепция скоростного судостроения развилась, особенно начинают развиваться СС в размерах, первоначально предсказанных пионерами (1000 т и более). Хотя в разных странах были приняты различные подходы для развития скоростных судов, все они проходили одинаковые стадии: начальное исследование, разработка концепции, развитие рынка и затем стадия доработки для улучшения параметров экономической эффективности судов, чтобы можно было конкурировать с судами других типов, например, скоростными катамаранами, получившими широкое распространение с 1985 г.

Основные центры аналитического и практического развития скоростных судов сосредотачиваются в Великобритании, России, США и Китае. В Великобритании скоростное судостроение было развито, главным образом, для применения в гражданских целях, в то время как Американское правительство настоятельно поддерживало развитие СВП для военного использования, и только в последнее время увеличило коммерческий интерес. В Китае основное развитие СВП шло параллельно с развитием аналогичных типов судов в Великобритании, начиная с опытных образцов для полномасштабного тестирования. Затем появлялись суда и для коммерческого использования и позже некоторые опытно-экспериментальные модели военного назначения. Большинство СВП и СС в Китае создавалось для коммерческого использования.

В прежнем СССР скоростные амфибийные суда среднего размера были созданы для военного использования, СС использовался для внутреннего речного транспорта, а также

были созданы платформы на воздушной подушке для разведки нефти. В конце 70-х годов были созданы военные очень крупные скоростные десантные суда.

Очевидно, что подобные технологии развивались параллельно и в других странах, помимо упомянутых выше основных центров скоростного судостроения. Так, в Норвегии построено большое количество СС, используемых в качестве прибрежных скоростных судов береговой охраны и противопожарных судов для борьбы с возгораниями на судах, в портах, и береговых сооружениях. В Южной Корее было создано большое количество СС и СВП коммерческого использования, в Японии была принята в течение 1990-х годов крупномасштабная программа строительства небольших СС для грузовых перевозок.

Библиографический список

1. **Hayward, L.** The History of Air Cushion Vehicles. /L. Hayward. Kalerghi-McLeavy Publications, 1963.
2. **Mantle, P.J.** A Technical Summary of Air Cushion Craft Development / P.J. Mantle // David W. Taylor Naval Ship Research and Development Center, Report 80/012, January 1980.
3. **Yun, L.** Theory and Design of Air Cushion Craft / L. Yun, Alan Bliault.
4. **Yun, L.** The Technical Evaluation of a 65 tonne Amphibious Hovercraft / L. Yun, X. Gu, J.Z. Zhu.
5. **Черников, И.** Туполевские торпедные // Катера и яхты. 1991. № 5.

*Дата поступления
в редакцию 03.02.2012*

Pham Phu Thanh, Pham Van Anh

HIGH-SPEED SHIP BUILDING. RETROSPECTIVE

Vietnam Naval Technical Institute

High-speed river and sea vessels with dynamic support today is an investigate area of apparatus. Many countries produce a lot of samples for commercial, military or other services. But some countries only beginning steps into the speed vessels market, attempt exploitation or start production programs, based on rivers or coastal areas particular qualities.

The present article is analyses a hovercraft initial experience of leading countries for the subsequent adaptation of the given ideas in the country of the author of article.

Key words: high-speed ships, shipbuilding history.