

Решение некоторых проблем создания высокоскоростного амфибийного флота



В. В. Буковский,
д.т.н., генеральный
директор —
генеральный
конструктор
ООО «Небо + Море»

Проблему деградации местного регионального транспорта можно решить, в частности, с помощью внедрения в широкую эксплуатацию инновационного вида транспорта — высокоскоростных амфибий. Но для этого потребуется реализовать ряд мероприятий организационного, технического и эксплуатационного характера.

В СССР реализовывалась так называемая политика аэрофикации страны. Она привела к тому, что в этот период даже маленькие населенные пункты имели аэродром местных воздушных линий (МВЛ). Либо на вертолете, либо на Ан-2 люди добирались до более крупного аэропорта, пересаживались на другие самолеты и улетали в любую точку страны.

К настоящему времени самолеты МВЛ выработали свой ресурс, аэродромы пришли в запустение, себестоимость вертолетов настолько высока, что оказывается недоступной для рядового гражданина. Внутренние водные пути (ВВП) также уже не в состоянии обеспечить даже сократившуюся потребность населения в перевозках вследствие прекращения очистки когда-то судоходных рек, а также из-за физического старения судов и деградации береговой инфраструктуры. По ВВП России перевозится 1,2 % перемещаемых по стране внутренних грузов.

Несколько лет назад в Евросоюзе стали развивать речной транспорт как приоритетный вид перевозок. В Западной Европе по воде перевозят 11 % всего объема внутренних грузов и собираются поднять эту долю до 17 %. В Германии этот показатель составляет 11 %, в Нидерландах — 34 %, во Франции — 10 %. Это неудивительно, так как основное конкурентное преимущество водного транспорта — дешевизна.

Президент В.В. Путин 15 августа 2016 г. на выездном заседании Госсовета в Волгограде отметил важность развития внутреннего водного транспорта как основного в регионах со слабо развитой инфраструктурой и обмелевшими реками, особенно в приарктической зоне. Также на заседании

президиума Госсовета в Керчи 15 сентября 2016 г. президент высказал озабоченность состоянием транспортной системы в целом по стране, и особенно в Азово-Черноморском бассейне. А в сентябре 2017 г. на заседании президиума Госсовета в Ульяновске глава государства поставил цель связать постоянными маршрутами каждый поселок, каждый населенный пункт региона [1].

Высокоскоростные амфибии — возможное решение проблемы

В настоящее время во всем мире наблюдается возрождение интереса к амфибийным судам, использующим аэродинамические принципы поддержания для увеличения скорости движения — экранопланам, судам на воздушной подушке, судам на каверне, аэроботам, высокоскоростным амфибиям (ВСА) и др.

При этом ВСА имеют неоспоримые преимущества перед водоизмещающими судами:

- высокую скорость, соизмеримую с вертолетами;
 - амфибийность (способность двигаться по тверди);
 - всесезонность эксплуатации, независимость от ледоколов;
 - способность облетать торосы;
 - эксплуатацию без дорогостоящей береговой инфраструктуры;
 - непотопляемость (применительно к ВСА «Небо + море»).
- Преимущества ВСА перед вертолетами:
- безопасность;
 - дальность действия, соизмеримая с водоизмещающими судами;
 - эксплуатация без дорогостоящей инфраструктуры;
 - способность подойти к объекту при волнении;

Таблица 1. Основные данные зарубежных экранопланов

Разработчик (страна)	Ю. Корея	Германия		КНР
Название	VSH - 500	Air Fish - 8	VSH - 20	CYG-11
Максимальная стартовая масса, кг	17 500	3000	10 000	5500
Максимальная грузоподъемность, кг (пасс.)	4500 (50)	(8)	3000	1200 (12)
Крейсерская/максимальная скорость, км/ч	175	160–180	160–180	175/220
Дальность (максимальная грузоподъемность), км	600	500	1000	1500
Ориентировочная стоимость одного аппарата, млн евро	17,0	5,5	7,0	2,5
Состояние программы	Идут ходовые испытания	Строится малой серией	Идет подготовка к ходовым испытаниям	Строится малой серией

- менее затратная подготовка персонала;
- значительно меньшие эксплуатационные расходы.

Преимущества ВСА перед наземным транспортом:

- высокая скорость;
- высокая проходимость;
- малое удельное давление на опорную поверхность;
- отсутствие грунтозацепов;
- внедорожная эксплуатация.

Созданием этого вида транспорта занимаются зарубежные конкуренты в Китае, Ю. Корее, США, Германии и в других странах (табл. 1).

Исходя из анализа зарубежного экранопланостроения, можно сделать вывод, что иностранные компании используют существующие наработки и ничего принципиально нового не создают, т. е. занимаются копированием; разрабатывают и строят ВСА, использующие только один эксплуатационный режим — движение на экране (экранопланы) без реализации возможностей движения на других режимах.

Проблемы внедрения высокоскоростных амфибий

Анализ показывает, что оптимальным видом транспорта по критерию «качество — скорость» являются экранопланы (высокоскоростные амфибии). Поэтому необходимо внедрить новый вид транспорта, сформировать нормативно-правовую базу, обеспечивающую легитимность эксплуатации этого вида транспорта.

В настоящее время новый вид транспорта фактически уже создан. Это высокоскоростной амфибийный транспорт (ВСА-транспорт), который способен:

- обеспечивать круглогодичные грузопассажирские перевозки практически во всех регионах РФ и мало зависеть от погодных и климатических условий;

- функционировать без обустроенных трасс движения: маршрутами движения являются естественные транспортные артерии — реки и другие акватории, тундра, снежные и ледяные поля, — и при этом не зависеть от рельефа дна, уровня воды и конфигурации береговой черты;

- функционировать без больших капитальных затрат на создание инфраструктуры обеспечения эксплуатации;

- осуществлять перевозки с большой эксплуатационной экономичностью;

- эксплуатироваться с большой скоростью, мобильностью и проникающей способностью;

- минимально воздействовать на окружающую среду;

- по необходимости действовать в различных физических средах (по тверди, по воде и в воздухе);

- стать самым безопасным видом транспорта;

- снять проблему транспортной доступности населения.

Для создания жизнеспособных экранопланов необходимо решение ряда фундаментальных проблем:

- технологических — разработка нетрадиционных компоновочных схем, использующих новые аэрогидродинамические эффекты; разработка специальных движителей и силовых установок; создание композитных материалов с заранее заданными свойствами; создание технологий формирования сложных конструкций; разработка производственных технологий

для массового производства ВСА в регионах применения;

- организационных — разработка отечественной и международной нормативно-правовой базы легитимации нового вида транспорта и промышленности;

- эксплуатационных — создание комплексных систем производства и эксплуатации в форме научно-производственных транспортных комплексов (НПТК).

Также вызывает озабоченность отсутствие в ключевых министерствах специалистов — профессионалов в данном направлении.

Проблемы нормативно-правовой базы

ВСА имеют пять эксплуатационных режимов движения: водоизмещающий, глассирующий, контактно-бесконтактный, экранный и режим аэросаней. При этом на каждом из них необходимо обеспечить остойчивость, устойчивость, управляемость, стабилизацию и — главное — безопасность.

Требования к различным транспортным средствам изложены в соответствующих нормативных документах для наземного, водного и воздушного транспорта, и все эти нормы должны учитываться при проектировании и строительстве ВСА.

Российский морской Регистр судостроения (РМРС) и Российский речной Регистр (РРР) определяют условия водоизмещающих режимов, поскольку экранопланы отнесены к речным и морским судам. Здесь определены требования к остойчивости, непотопляемости, маневренности, а также к оснащению средствами сигнализации. Кроме того, определены нормы постройки и сертификации.

Таблица 2. Основные данные отечественных экранопланов

Разработчик	ЗАО «НПК «ТРЭК»»	ООО «ИнПромФин-Групп»	ООО «Орион» (бывш. ООО «ИнПромФинГрупп»)		ЗАО «АТТК»	ООО «Небо+Море»
Название	К-12 «Иволга»	ЭК-12 «Иволга»	«Орион-14» (копия ЭК-12)	«Орион-20»	«Акваглайд-5»	«Буревестник-24»
Максимальная стартовая масса, кг	5500	5500	5500	≈ 17 000	2400	≈ 7000
Максимальная грузоподъемность, кг (пасс.)	1200 (12)	1200 (12)	1200 (12)	2000 (21)	300 (4)	3000 (24)
Крейсерская/максимальная скорость, км/ч	175/220	175/220	175/220	180/250	150–170	170/250
Дальность (максимальная грузоподъемность), км	1500	1500	1500	1600	350–450	1500
Состояние программы	Производится серий в КНР под названием CYG-11	1 аппарат испытывается в ПС ФСБ, 1 аппарат используется в Морской академии (Новороссийск)	Производится малой серией для Ирана	Проходит испытания	Производился малой серией	1 аппарат проходит эксплуатационные испытания 1 аппарат проходит заводские испытания

Режим глиссирования также регламентируется РМРС в правилах классификации и постройки высокоскоростных судов [2–5]. Требования к проектированию, постройке и эксплуатации ВСА вне экрана регламентируется авиационными правилами АП-23 и АП-25, разработанными Межгосударственным авиационным комитетом [6, 7].

Такие требования к проектированию, постройке и эксплуатации ВСА и к их движению на экране отсутствуют в существующих нормативных документах. В связи с этим отсутствие требований и процедуры сертификации является препятствием для развития ВСА.

Россия, как ни одна другая страна, имеет богатый научно-технический задел и уникальный опыт применения экранопланов и других высокоскоростных амфибий. Пока мировой рынок ВСА не сформировался, необходимо захватить инициативу и стать лидером в развитии инновационного вида транспорта, стать законодателем и некоторое время — даже монополистом в этой сфере. Для этого предлагается легитимизировать ВСА сначала в России, а потом (через ИМО) в масштабах всего мира.

Для скорейшего внедрения в широкую эксплуатацию ВСА предлагается:

- разработать по заказу Минпромторга РФ (или другого легитимного государственного органа) первоочередные документы, регламентирующие разработку, проектирование и постройку ВСА;
- разработать первоочередные документы, регламентирующие сертификацию ВСА;

- разработать первоочередные документы по эксплуатации ВСА, а именно по организации движения ВСА, по управлению движением ВСА и по управлению безопасностью ВСА;

- разработку нормативно-правовых документов проводить одновременно с их испытаниями в соответствующих климатических зонах;

- результаты испытаний предоставить на утверждение в отраслевые министерства (или в другие легитимные государственные органы);

- после их утверждения и ввода в действие в РФ на их основе разработать проекты соответствующих международных документов и представить на утверждение в ИМО.

Выполнение данных предложений снимет административные барьеры, мешающие проектированию, сертификации, и применению ВСА, создаст конкурентные преимущества для российского бизнеса, поможет совершить рывок в развитии новых отраслей промышленности и транспорта, сделает Россию лидером транспортного прогресса.

Некоторые российские достижения в развитии ВСА

В России, как и в других странах, развивающих экранопланостроение, преобладает принцип копирования существовавших ранее аппаратов, показавших приемлемые характеристики (табл. 2).

В ООО «Небо + Море» на протяжении 18 лет без какого-либо участия государства и без слепого копирования решаются сложные, порой невыполнимые

задачи, создается теоретическая и практическая основа нового, инновационного направления в транспорте.

За это время созданы восемь моделей ВСА, сформированы предпосылки для создания более 20 моделей ВСА и причальных комплексов. Разработаны основы изготовления ВСА как в центре, так и на окраинах страны, т. е. в местах их непосредственной эксплуатации, что позволит более безопасно их эксплуатировать, готовить местные кадры, повышая интеллектуальный уровень населения данной местности.

Теоретически и практически доказано существование нового вида транспорта — высокоскоростного амфибийного. Подготовлены все предпосылки его успешного существования как прорывного, «срезающего углы» инновационного направления, открывающего целый раздел в фундаментальных и прикладных науках (материаловедении, теории прочности, аэродинамике, гидродинамике и др.). Начаты исследование новой области развития композитного материаловедения, изучение и анализ свойств разработанных материалов, их применение в реальных конструкциях, изучение их поведения в различных физических средах.

Полноразмерные элементы конструкции, изготовленные по разработанным технологиям, испытывались в Крыловском государственном научном центре.

В результате приложенных усилий разработаны следующие составляющие успешного строительства и освоения ВСА:

- конструкционный композитный материал с коэффициентом теплопроводности $\nu \leq 0,06$ Вт/м \times К и с интегральной плотностью $\rho \leq 1$ кг/дм³, т. е. материал, способный придавать конструкции свойство непотопляемости и изотермичности, обладающий к тому же околонулевой гигроскопичностью (предполагаемое рабочее название — полиармозопоеноволокнит);

- технология цифрового безматричного послойного формирования сложных поверхностей, образующие элементы которых становятся силовым набором создаваемой конструкции;

- математический алгоритм определения координат парных базовых точек как основы бесстапельной сборки сложных конструкций с высокой точностью (с погрешностью до 0,1 %).

В настоящее время к основным стратегическим фундаментальным проблемам в развитии ВСА-транспорта (флота) можно отнести следующие:

- в области разработки и строительства — отсутствие фундаментальных исследований и расчетов движения ВСА в экранном режиме на отстояниях от экрана менее 0,25 САХ и как следствие — отсутствие нормативных документов и актов;

- в области эксплуатации ВСА — отсутствие нормативно-правовой базы организации движения, управления движением и управления безопасностью ВСА-транспорта, что делает бессмысленными любые работы по проектированию, строительству и организации эксплуатации ВСА;

- в области организации — необходимость создания нового направления промышленности и транспорта — ВСА-транспорта. Это требование исходит из того, что если он будет развиваться с авиацией или с флотом, то всегда будет лишь нежеланным дополнением, никогда не получит бурного развития и не займет того места, которое заслуживает, исходя из его возрастающей значимости. Отсюда вытекает необходимость подготовки кадров на всех уровнях. Кроме того, ВСА-транспорт может дать толчок в развитии авиации и флота по многим направлениям.

Комплексное решение транспортных проблем

Для выполнения задач обеспечения транспортной доступности населения и развития территорий предлагается использовать высокоскоростной амфибий-

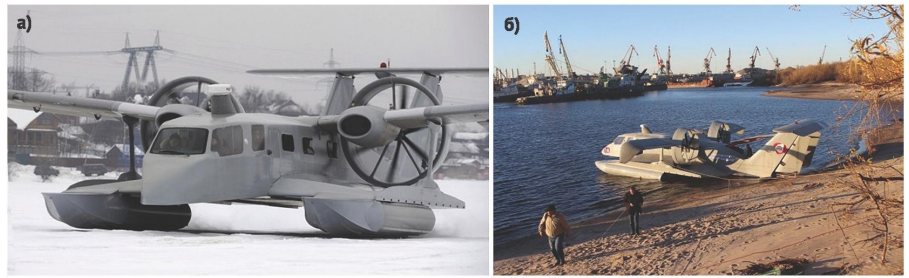


Рис. 1. ВСА-7 вместимостью до 24 пасс. в условиях эксплуатационных испытаний на реке Лена в Республике Саха (Якутия): а) зимой; б) летом

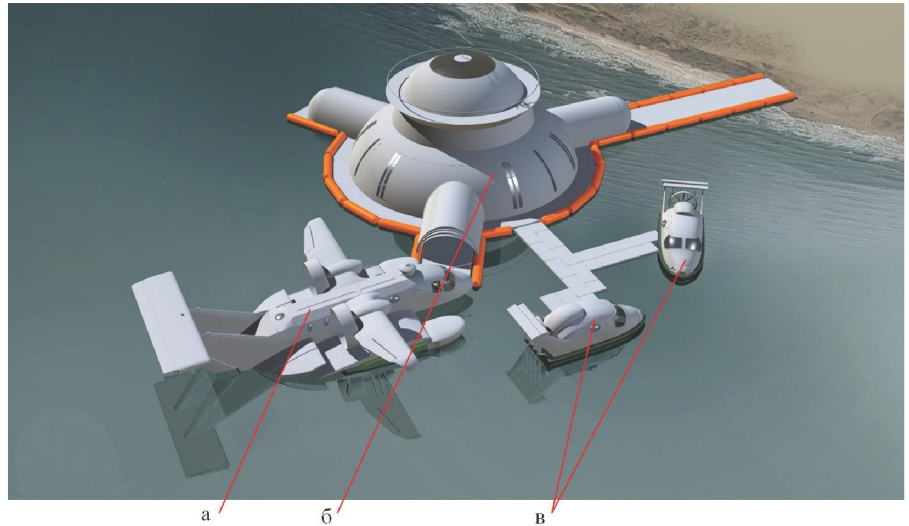


Рис. 2. Высокоскоростной амфибийный транспортный комплекс: а — высокоскоростная амфибия ВСА-7; б — плавающий причал в варианте пассажирского терминала (дебаркадера); в — вспомогательное судно на воздушной подушке (СВП) ВСА-3

ный флот, сформированный из высокоскоростных амфибийных транспортных комплексов освоения территории. Особенно это актуально в труднодоступных регионах, где люди издревле селились вблизи рек (Печора, Енисей, Обь, Лена, Амур и др.), на северном и Дальневосточном морском побережье России.

Такой комплекс уже разработан и испытывается, имеется четкое понимание его практического применения путем организации транспортных линий. Расчеты и испытания его прототипа в Республике Саха (Якутия) показали высокую экономическую эффективность. Расчетная окупаемость, подтвержденная испытаниями, составит от 12 до 18 месяцев в зависимости от района эксплуатации [8].

Комплекс самодостаточен: в его состав входит транспортное средство ВСА-7, перевозящее до 24 пассажиров со скоростью 250 км/ч (рис. 1), вспомогательное (аварийное) судно на воздушной подушке ВСА-3, вмещающее до 10 пассажиров, и плавающее самодвижущееся помещение для пассажиров и отдыха персонала (рис. 2). При установке в любой выбранной географической

точке комплекс обеспечит перевозки на расстоянии до 1500 км в трех физических средах: по земле — как аэросани, по воде — как скоростное судно, в воздушной среде — на высоте до 150 м.

Разработаны основы всего жизненного цикла ВСА, отработаны принципы производства, эксплуатации и утилизации. Также существуют программы подготовки персонала для проектирования, изготовления, эксплуатации и утилизации, т. е. для получения личного состава на весь жизненный цикл ВСА.

Некоторые проблемы аэрогидродинамики ВСА

В процессе испытаний восьми опытных образцов ВСА основные сложности проявились в обеспечении продольной устойчивости и стабилизации при движении на экране на отстояниях менее 0,25 САХ (< 1м в нашем случае).

Статическая продольная устойчивость была обеспечена расположением f_c в 17 % за ЦТ, что было достигнуто увеличением площади горизонтального оперения, а также применением управляемого стабилизатора и дополнительного крыла.

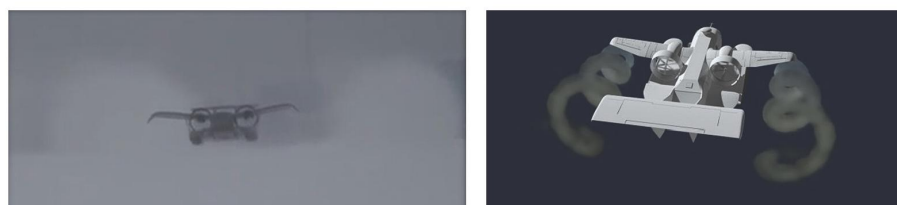


Рис. 3. Вихревая пелена: а) в натурном эксперименте; б) при компьютерном моделировании

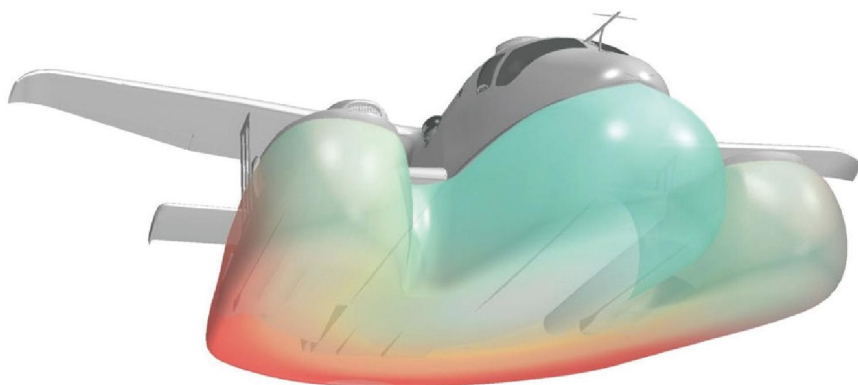


Рис. 4. Ванна давлений в зоне малых отстояний

Самой большой проблемой явилось обеспечение динамической продольной устойчивости. В своих работах Р.Е. Алексеев считал, что экранопланы с площадью крыла $S_{кр} < 80 \text{ м}^2$ конструктивно не могут быть динамически продольно устойчивыми. Для обеспечения динамической продольной устойчивости необходимо применять систему автоматическо-

го демпфирования. Проблема была устранена установкой второго крыла, вынесенного из зоны влияния экранного эффекта. Это позволило обеспечить компенсацию верхним крылом колебательных движений, возникающих на нижнем крыле, поскольку в нашем случае верхнее и нижнее крылья работают в противофазах восстанавливающих моментов.

Кроме того, для увеличения статической устойчивости и обеспечения жесткой стабилизации применено щелевое крыло, специально рассчитанное для ВСА-7. Это увеличило САХ, а, следовательно, и статическую продольную устойчивость, а также жесткость динамической стабилизации ВСА. Дополнительным следствием стало заметное уменьшение скорости отрыва $V_{отр}$ (до 65 км/ч).

Продольная устойчивость ВСА

В процессе испытаний нескольких опытных образцов ВСА начато исследование вихревой пелены с целью управления ее параметрами и использования полезных свойств (рис. 3).

Выявлено влияние интенсивности вихревой пелены на увеличение зоны самостабилизации сбалансированного ВСА. При этом исследовалась зависимость интенсивности вихревой пелены влияние индуктора (отогнутой законцовки верхней несущей поверхности). Оптимальная форма была использована при изготовлении ВСА-7. Выявленные эффекты влияния вихревой пелены на динамику движения ВСА еще предстоит изучить более глубоко.

В процессе ходовых испытаний опытных образцов ВСА зафиксированы особенности движения в водо-воздушной эмульсии (пене), образующейся при определенных условиях (скорости и

Таблица 3. Основные характеристики разработанных ВСА

Характеристики	ВСА-3	ВСА-7	ВСА-20	ВСА-500	ВСА-600
Скорость, км/ч	0–120	0–250	0–350	0–500	0–500
Дальность действия, км	600	1500	5000	6000	6000
Макс. стартовая масса, т	3	7	20	500	600
Макс. грузоподъемность, т	1	3	10	300	350
Пассажировместимость	8	20	90		
Высота движения, м	0,1–0,3	До 3 – экран, 150 – самолет	До 5 – экран, 150 – самолет	20 – экран	25 – экран
Часовой расход топлива, л	16	50 (экрaн)	750 (экрaн)	~ 10 000	~10 000
Вид топлива	АИ-95 или ДТ	АИ-95 или ДТ	ТС – 1		
Размах крыла, м	3	16	23	60	50
Длина, м	9	19	27	60	76
Высота, м	2	4,6	6,4	12,0	13,5
Размеры грузовой кабины Д×Ш×В, м	2,5×2,2×1,5	6,0×2,5×1,9	12,0×4,0×2,2	40×20×4,5	48×12×5
Материал корпуса ВСА	90 % из композита	90 % из композита	90 % из композита	85 % из композита	85 % из композита

Таблица 4. Основные данные отечественных экранопланов «близкой перспективы»

Разработчик	ООО «Небо + Море»	ЦКБ по СПК
Название	ВСА - 20	А - 050
Максимальный стартовый вес, кг	20 000	54 000
Максимальная грузоподъемность, кг (пасс)	10 000 (до 100)	9 000 (100)
Крейсерская/максимальная скорость, км/час	280/350	350/450
Дальность (максимальная грузоподъемность), км	5 000	5 000
Состояние программы	Готов к производству	Готов к производству

направлении движения, высоты волны, силе и направлении ветра и др.). Эта эмульсия по своим физическим свойствам резко отличается как от водной, так и от воздушной среды, поэтому при движении в ней проявляются особенные эффекты. Наиболее ярким является контактно-бесконтактный режим движения (рис. 4).

Этот режим характеризуется движением на достигнутой скорости (в зависимости от внешних условий) 80–120 км/ч при пониженных режимах силовой установки (до $0,3 n_{ном}$). При этом значительно уменьшается расход топлива (рис. 4).

Исследования выявленного режима требуют продолжения, особенно в выявлении условий, при которых он возникает. Для облегчения изучения явлений, возникающих при движении на экране, предлагается рассматривать три специфические зоны состояний на относительной высоте $\tilde{h} = H/b_{сак}$:

$0,35 < \tilde{h} < 1$ — зона больших отстояний;
 $0,1 < \tilde{h} < 0,35$ — зона малых отстояний;
 $\tilde{h} < 0,1$ — зона сверхмалых отстояний.

Зона малых отстояний наиболее интересна для дальнейшего исследования, поскольку контактно-бесконтактный режим движения (экраноплавание) проявляется именно в этой зоне движения.

Компьютерное моделирование процессов в зоне малых отстояний демонстрирует интересную картину распределения давлений.

ВСА на малых отстояниях движется на сжатом воздухе такой плотности, что прогибается поверхность воды. Возникает своеобразная «ванна». Взаимодействие ВСА с плотным воздухом «ванны» подобно взаимодействию с водой водонизмещающего судна. Выявлено, что каждой скорости движения соответствует своя величина малого отстояния.

В случае непреднамеренного увеличения скорости возникает «подхват» как начало увеличения отстояния, но

при этом возникают силы, аналогичные гидродинамическим, как при продольной остойчивости судна.

Нетрадиционная компоновка ВСА-7 выявила аэрогидродинамические особенности в проявлении положительной интерференции кольцевого и щелевого крыла. Эта особенность проявилась как в увеличении общей подъемной силы, так и в появлении стабилизирующего момента при сбалансированном движении ВСА.

Ближние перспективы развития ВСА

Перспективные проекты предполагают последовательно наращивать производство уже разрабатываемых моделей ВСА до грузоподъемности 300 т (табл. 3).

В настоящее время в средствах массовой информации анонсированы проекты новых экранопланов (ВСА) с характеристиками, значительно превосходящими существующие отечественные и зарубежные образцы (табл. 4).

Помимо чисто материаловедческих перспективных технологий разработаны и готовы к применению следующие перспективные практики:

- подготовка персонала для всего жизненного цикла ВСА (проектирования, изготовления, эксплуатации и утилизации) непосредственно на местах производства и эксплуатации ВСА;
- размещение заводов по производству ВСА непосредственно в регионах эксплуатации;
- формирование сети транспортных линий ВСА на основе транспортных комплексов освоения территории, оборудование опорных станций, становящихся центрами развития сопутствующей инфраструктуры и даже новых населенных пунктов
- развитие самих транспортных комплексов, дополнения их новыми элементами, придания им различных необходимых функций;
- формирование социально-производственных кластеров, становящихся

центрами новых населенных пунктов, поселений и даже городов.

Уже приобретена территория в Крыму для строительства испытательно-сертификационного центра ВСА.

К настоящему времени созданы все предпосылки для возникновения в нашей стране высокоскоростного амфибийного флота, решающего обширный круг транспортных задач: от обычных грузопассажирских перевозок в труднодоступных регионах до выполнения аварийно-спасательных и специальных операций практически в любых акваториях. ■

Литература

1. Заседание президиума Госсовета по вопросам комплексного развития пассажирских перевозок. URL: <http://www.kremlin.ru/events/president/news/55679> (дата обращения 12.10.2017 г.).
2. Правила классификации и постройки морских судов. Т. 1. Издание Российского морского Регистра судоходства.
3. Правила классификации и постройки малых экранопланов типа А. Издание Российского морского Регистра судоходства.
4. Правила классификации и постройки высокоскоростных судов. Издание Российского морского Регистра судоходства.
5. Правила классификации и постройки судов внутреннего плавания (ПСВП). Дополнение 1 «Временные правила классификации и постройки экранопланов». Издание Российского речного Регистра.
6. Авиационные правила. Ч. 23. Нормы летной годности гражданских легких самолетов. Издание Межгосударственного авиационного комитета (МАК).
7. Авиационные правила. Ч. 25. Нормы летной годности самолетов транспортной категории. Издание МАК.
8. Ноосферные транспортные системы Сибири и Дальнего Востока / РАЕН. Новосибирск, 2001–2005.