

Анатолий Матвеев, п. Кузнецово Нижегородской обл.

СЛУЖЕНИЕ СКОРОСТИ

**О создателе судов на подводных крыльях и экранопланов
Р. Е. Алексеева (1916–1980 гг.)**

...Как закончено все у птицы:
Каждый мускул и каждый нерв.
Вот крыло слегка шевелится
Отклонилось чуть – и маневр!
У природы учись, у природы.
Вечный символ, живой вопрос,
Упиваясь полетом, свободой,
На посадку идет альбатрос.

С. Жуков, поэма «Крылья», 1989 г.

Часть 2. Надводные крылья

В этой части статьи (начало см. в № 215) автор подробно знакомит с вкладом Р. Е. Алексеева в создание экранопланов.

Логика развития скоростных судов предполагает дальнейшее увеличение их размеров и скорости. На пути значительного увеличения размеров стоят прочность современных материалов и, конечно, экономика, а на пути повышения скорости судов на подводных крыльях – отсутствие легких и сверхмощных двигателей и кавитация. Кавитация ПК – явление, связанное с кипением воды в зоне разрежения плосковыпуклого крыла, нарушающее его обтекание и резко снижающее характеристики. Сопротивление стоек ПК в общем сопротивлении судна возрастает. Экономическая целесообразность судов на подводных крыльях (СПК) ограничена скоростью 100–120 км/ч.

Исключить кавитацию оказалось возможным, только исключив контакт судна в крейсерском режиме с водой. Этим и занялся с конца 50-х гг. Р. Е. Алексеев во главе созданного коллектива. Продолжая работать над новыми проектами СПК, он начал исследовать «экранный эффект».

Многие птицы (например, чайки, дикие утки, гуси, цапли и др.) используют для полета экранный эффект. Они скользят над водой, почти не работая крыльями довольно длительное время и, очевидно, экономя силы.

Экранный эффект наблюдали авиаторы на заре самолетостроения. При посадке самолет не хотел касаться земли и летел за пределы посадочной полосы. Случались аварии. Одной из первых работ, посвященной экранному эффекту, была экспериментальная работа Б. Н. Юрьева «Влияние земли на аэродинамические свойства крыла» («Вестник воздушного флота», 1923, № 1). В 1935–1937 гг. комплекс экспериментальных и теоретических исследований в этом направлении провели Я. М. Серебрянский и Ш. А. Биячнев в ЦАГИ. Примерно в этот же период проведен ряд теоретических исследований видными зарубежными учеными А. Бетцем, К. Визельсбергом, С. Хаггетом, Д. Баглей, М. Финном. Полученные результаты позволили качественно оценить влияние экранного эффекта на аэродинамические характеристики низко-

летающего крыла. В частности, было показано, что его подъемная сила растет, причем тем больше, чем ближе крыло к земле; сопротивление уменьшается, изменяется продольный момент. Эффект особенно проявляется при высотах полета менее 0.5 хорды крыла, на углах атаки 2–8°. Это позволило разработать рекомендации для управления самолетом, у которого проявляется влияние экрана на аэродинамические характеристики на взлетно-посадочных режимах. Тем не менее для авиации этот эффект остается «вредным» [6].

Увеличение подъемной силы крыла при одновременном снижении лобового сопротивления – это увеличение его аэродинамического качества. Как показали эксперименты, качество воздушного крыла с приближением к экрану может увеличиться в 1.5–2 раза по сравнению с качеством крыла в неограниченном потоке. Это означало, что экраноплан – специально спроектированный аппарат для движения над поверхностью воды или земли – способен перевезти как минимум в 1.5 раза больше груза, чем самолет с крыльями таких же размеров и летящий с той же скоростью.

Первый одноместный экраноплан построил в 1935 г. финский инженер Т. Каарио. Хотя аппарат выходил на режим околоэкранного полета и его аэродинамическое качество достигало 15, обнаруженную продольную неустойчивость автору устранить так и не удалось. В конце 30-х гг. XX в. шведский инженер И. Троенг построил два самоходных пилотируемых экраноплана по схеме «летающее крыло». С 1940 по 1960 г. над разработкой проектов экранопланов работал американский конструктор гоночных катеров Д. Уорнер, в 1948 г. американский инженер Х. Зундштедт построил шестиместный катер-экрanoплан, который не смог разогнаться до скорости околоэкранного полета. Задача создания экраноплана была многоплановой и до конца 60-х гг. XX в. (до Р. Е. Алексеева) не была решена.

В 1958 г. Р. Е. Алексеев сумел убедить руководство страны в необходимости дальнейшего развития скоростных судов. Ему были известны работы зарубежных предшественников, так что устойчивости движения изначально уделялось значимое место. Проработки общего расположения проверялись экспериментами на моделях, вначале на простых

катапультируемых настольных моделях, выстреливаемых тонкой авиамодельной резинкой. Для отобранных вариантов изготавливались более тяжелые, буксируемые за скоростным катером модели. Модели и эксперименты усложнялись, накапливался опыт, совершенствовались методики исследований.

Проектирование летательного аппарата, предназначенного для скоростного движения вблизи границы раздела двух сред – воздуха и воды, ставит множество задач, не встречающихся в других областях техники. Среди них – обеспечение устойчивости движения на очень малых (0,5–2 м) высотах полета; прочность и одновременно малый вес конструкции, рассчитываемой на удар о гребень волны на высоких (200–400 км/ч) скоростях; выбор для корпуса морских экранопланов материала, не разрушающегося в морской воде; создание мощных и легких двигателей, не боящихся водяных брызг и соли, или «оморячивание» авиационных двигателей и множество других, не менее сложных проблем. Р. Е. Алексеев был полон сил, энергии, новых замыслов и горячо взялся за новое, малоизученное дело. Для испытаний моделей, в том числе самоходных, на открытой воде требовался просторный полигон. Летом 1959 г. он с группой специалистов искал безлюдное место для него на Горьковском водохранилище и нашел искомое в Чкаловском районе. В мае 1960 г. на реку Троча привели старый колесный пароход «Златовратский». В каютах второго яруса жили инженеры и испытатели, а на главной палубе, в центральной части, была «препараторская» для подготовки буксируемых моделей. Катера-буксировщики на ПК «Волга» с моделями экранопланов, закрепленными на штангах, трудились с раннего утра до позднего вечера. Так началась история филиала ЦКБ по СПК в Чкаловске. В скором времени на прилегающей территории началось строительство капитальных сооружений, предназначенных для доработок самоходных моделей и исследования особенностей экранного эффекта.

В 1960 г. Р. Е. Алексеев разработал аэрогидродинамическую компоновку (АГДК) экраноплана схемы «тандем» (когда два крыла на режиме полета несут примерно одинаковую нагрузку, как у СПК). АГДК появилась в результате анализа результатов многочисленных опытов катапультирования моделей на треке и буксировочных испытаний на открытой воде. У первого экраноплана были два расположенных друг за другом крыла малого удлинения с концевыми шайбами. Переднее крыло прямоугольной формы в плане имело элероны-закрылки, а заднее было трапецевидным, по прямой его задней кромке установлен руль высоты. Заднее крыло находилось практически на одинаковой высоте с передним крылом.

Специфика создания аппарата, движущегося в трехмерном пространстве, в частности экраноплана, такова, что для исследований поведения его в динамике требуются продувка моделей в аэродинамической трубе, катапультирование трековых моделей, буксировки моделей на жесткой и свободной подвесках на открытой воде, запуски радиуправляемых модели. Завершающим этапом является создание пилотируемой самоходной (меньшего масштаба, чем натурный образец) модели, которая испытывает реальные внешние возмущения и способна их парировать в реальном времени при минимальном воздействии человека.

Экраноплан СМ-1. В начале ноября 1960 г. Р. Е. Алексеев отправил группу молодых конструкторов в командировку на филиал ЦКБ по СПК в Балахне и поручил им разработку рабочих чертежей пилотируемой самоходной модели экраноплана схемы «тандем». В составе группы были В. П. Ефремов (разрабатывал общее расположение), С. И. Кубасов (конструкция корпуса), В. А. Литов (энергетическая установка), К. Е. Белов (электрооборудование), Ю. П. Чернигин (система управления), В. И. Щадрин (элементы АГДК), К. Захаров (измерительный комплекс). Руководил разработкой сам Р. Е. Алексеев, а в его отсутствие – заместитель главного конструктора по аэрогидродинамике Б. А. Зобнин.

С начала января 1961 г. на Сормовском заводе началось строительство СМ-1, и в мае того же года аппарат был частями (из соображений секретности) доставлен на Трочу. Турбореактивный двигатель (4 турбостартера ТС-12Р тягой по 100 кг, впоследствии РУ-19-300 тягой 800 кг) был установлен сверху фюзеляжа на ферменной мотораме перед килем за кабинами пилотов. Экипаж – 3 чел.

22 июля 1961 г. на Чкаловском филиале был выполнен первый полет экраноплана СМ-1. Его пилотировал Р. Е. Алексеев – главный конструктор аппарата. К осени 1961 г. техника пилотирования была освоена. Когда Р. Е. Алексеев почувствовал, что модель ведет себя в полете предсказуемо, периодически допускал до штурвала В. Щадрин, который как аэрогидродинамик хорошо чувствовал процессы, протекающие в полете.

Испытания экраноплана СМ-1 продолжались зимой надо льдом и снегом. Достигнутая максимальная скорость околоскранных полета составляла более 200 км/ч при удовлетворительных характеристиках устойчивости и управляемости.

Р. Е. Алексеев был так уверен в надежности аппарата, что пригласил на демонстрационные полеты Д. Ф. Устинова, Б. Е. Бутому и С. Г. Горшкова. Демонстрация оказалась настолько убедительной, что высокие гости выразили желание прокатиться на экраноплане.

Натурные испытания пилотируемого экраноплана СМ-1 позволили наглядно показать достоинства кораблей этого типа: высокую скорость движения (близкую к авиационной), трудность радиолокационного обнаружения, хорошую мореходность и амфибийность – способность самостоятельного выхода на пологий берег и базирование на нем. Эти сильные стороны заинтересовали ВМФ, который с 1962 г. становится основным заказчиком экранопланов различных типов.

Обнаружился и ряд недостатков: высокие взлетно-посадочные скорости экраноплана СМ-1 – порядка 150 км/ч, а также высокая чувствительность к неровностям экрана. Дальнейшие работы были направлены на преодоление этих недостатков.

Экраноплан СМ-2. В 1961–1962 гг. был спроектирован и построен экраноплан СМ-2 (гл. конструктор – Р. Е. Алексеев, ведущий конструктор – С. И. Кубасов). По компоновке он в основном был идентичен СМ-1. На новом экраноплане Р. Е. Алексеевым была впервые в мировой практике реализована идея «поддува» газовой струи от газотурбинного двигателя, установленного в носовой части фюзеляжа, под



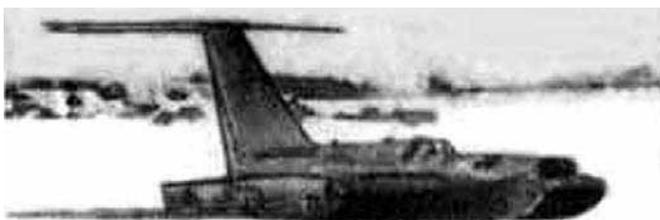
Экраноплан СМ-1

Длина – 20 м, высота – 1.53 м, размах крыла – 10.3 м, взлетная масса – 2830 кг, мореходность – 0.3 м.



Экраноплан СМ-2П

Длина – 20 м, высота – 1.5 м, размах крыла – 11.5 м; взлетная масса – 3200 кг, макс. скорость – 250 км/ч, кр. скорость – 210 км/ч, скорость выхода на экран – 160 км/ч, мореходность – 0.5 м.



Экраноплан СМ-3

Длина – 14.5 м, высота – 1.3 м, размах крыла – 8.9 м, взлетная масса – 3400 кг, макс. скорость – 200 км/ч, кр. скорость – 170 км/ч, скорость выхода на экран – 140 км/ч, мореходность – 0.2 м.

переднее крыло, с целью улучшения взлетно-посадочных характеристик аппарата. Эта идея была выдвинута им еще в конце 1959 г. Потребовался комплекс специальных исследований для определения энергетических характеристик струи и ее оптимального распределения перед несущим крылом. Высокий эффект поддува, когда 1 кг тяги двигателя обеспечивал возникновение до 10 кг подъемной силы, создавал предпосылки для значительного снижения взлетно-посадочных скоростей экраноплана. Это в перспективе означало повышение весовой отдачи и мореходности высокоскоростных судов этого типа. Благодаря системе поддува стартовые характеристики СМ-2 оказались значительно выше, чем у СМ-1.

По предложению Д. Ф. Устинова в конце апреля 1962 г. экраноплан СМ-2 продемонстрировали Н. С. Хрущеву и другим членам правительства на Истринском водохранилище под Москвой. С Чкаловского филиала ЦКБ экраноплан СМ-2 доставили на вертолете «Ми-10К» (летающий кран). Показывали с одним носовым двигателем, к кормовому не успели подключить системы. Пилотировал экраноплан В. Шадрин, бортмехаником был В. Литов. Хотя во время показательных проходов СМ-2 не вышел на расчетный режим околоскранных полета, он все-таки произвел хорошее впечатление на главу государства. Б. А. Зобнин рассказывал, как один генерал из свиты Н. С. Хрущева говорил: «Экраноплан-то на режим не выходит». На что Хрущев от-

ветил: «Если за дело взялся Алексеев – выйдет». По возвращении на базу кормовой двигатель был подключен, и СМ-2 показал заложенные в расчетах характеристики.

Летом 1962 г. в Советском Союзе принимается развернутая государственная программа, предусматривавшая создание полноразмерного экспериментального макета экраноплана (КМ), а также разработку проектов боевых летательных аппаратов для ВМФ и других видов вооруженных сил.

Сильное влияние поддува на аэродинамические характеристики носового и кормового крыла создали трудности при обеспечении продольной устойчивости экраноплана компоновки «тандем». Преодолеть их удалось благодаря выносу кормового несущего крыла из зоны воздействия воздушных потоков от носового крыла. Так была создана принципиально новая АГДК экраноплана, получившая название «самолетной». особенностью ее является одно несущее крыло с устройством для поддува и стабилизаторы для обеспечения продольной и боковой устойчивости. В 1963 г. на основе этой компоновки была доработана самоходная модель экраноплана СМ-2, получившая название СМ-2П. Маршевый двигатель РУ-19-300 у СМ-2 расположен в хвостовой части фюзеляжа под килем. Стартовый двигатель КР-7Ф-300 исходной тягой 1200 кг, установленный в носовой части фюзеляжа, имел развитую систему в виде плоского сопла, направляющего газовую струю под крыло экраноплана. Оба турбореактивных двигателя имели «морское» исполнение. Модель прошла большой комплекс испытаний, подтвердила хорошие летные данные, взлетно-посадочные характеристики, а также устойчивость и управляемость в условиях водной и других типов поверхностей (снег, лед, земля).

Эта аэродинамическая компоновка с поддувом газовой струи двигателей под крыло и Т-образным хвостовым оперением в дальнейшем стала основной для экранопланов первого поколения, разработанных под руководством Р. Е. Алексеева.

К испытаниям экспериментальных экранопланов СМ-1, СМ-2, а затем СМ-3, СМ-4 и всех последующих привлекаются профессиональные летчики, для чего в структуре конструкторского бюро формируется Летно-испытательная служба (ЛИС).

Экспериментальный одноместный **экрaноплан СМ-3** (гл. конструктор – Р. Е. Алексеев, вед. конструктор – С. И. Кубасов) построен в 1962 г. для исследования аэродинамической компоновки с крылом малого удлинения. На СМ-3 применена новая схема поддува газовой струи под крыло. Турбореактивный двигатель РУ-19-300 в носовой части фюзеляжа обеспечивал поддув газовой струи через выхлопные сопла, расположенные вдоль передней кромки на нижней поверхности крыла. Таким образом создавалась струйная завеса по передней кромке крыла. Кроме этого, экраноплан имел увеличенную примерно в два раза хорду и удлинение всего 0.5. Подобные параметры крыла привели к тому, что на высоте полета более 1.5 м появилась боковая колебательная неустойчивость.

Трехместный **экрaноплан СМ-4** (гл. конструктор – Р. Е. Алексеев, вед. конструктор – С. И. Кубасов) спроектирован с целью отработки удлинения крыла, для чего оно имело разъем по размаху.

Крыло с концевыми шайбами крепилось к фюзеляжу в средней части и имело прямоугольную форму и начальное удлинение 2, закрылки крыла – двухсекционные с амортизацией для уменьшения нагрузок при контактах с водой. Киль – уменьшенной площади с небольшим рулем направления. В носовой части фюзеляжа установлено дополнительное цельно-поворотное вертикальное оперение. Стартовый двигатель – КР-7Ф-300, маршевый двигатель – РУ-19-300.

Изолированные кабины экипажа расположены одна за другой в два яруса. Первые две кабины, закрытые фонарем, имели двойное управление. Третья, задняя, кабина исследователя была открытой. Стартовый двигатель в носовой части фюзеляжа имел плоскую сопловую систему, разнесенную вдоль бортов. Воздухозаборник маршевого двигателя размещался за кабинами экипажа перед килем, а выхлопное сопло в нижней части фюзеляжа имело газовый руль для управления экранопланом на малой скорости, когда аэродинамические рули оказывались неэффективными.

Экраноплан СМ-5. Для экспериментального определения характеристик перспективного экраноплана большой взлетной массы и освоения техники его пилотирования в 1963 г. была построена самоходная модель, уменьшенная в четыре раза и геометрически подобная основному проекту (гл. конструктор – Р. Е. Алексеев, вед. конструктор – В. П. Ефремов). Она имела прямоугольное крыло в плане с концевыми шайбами и многосекционными подрессоренными закрылками. На днище фюзеляжа установлены реданы, повышающие мореходность экраноплана. В носовой части фюзеляжа размещалась кабина экипажа, закрытая фонарем, а за ней – стартовый двигатель РД-95КР с разнесенными по бортам поворотными соплами, которые направляли газовую струю под крыло. Маршевый двигатель РД-95КР находился перед килем, его воздухозаборник – сверху фюзеляжа над средней частью крыла, выхлопные сопла – по бортам экраноплана у основания кила. Хвостовое оперение Т-образное. Руль поворота располагался по всей высоте хвостового оперения, и его нижняя часть, находящаяся ниже ватерлинии, являлась водным рулем направления.

В августе 1965 г. в ходе летных испытаний экраноплан СМ-5 попал в мощный встречный поток ветра, его резко качнуло и приподняло над экраном. Пилот, вместо того чтобы сбросить «газ» и уменьшить скорость, наоборот, включил форсаж, стараясь набрать высоту. Торвавшись от экрана, машина потеряла устойчивость, ее завалило на крыло, и она врезалась в воду, разрушилась. Экипаж (пилот и приборист) погибли. Это была первая катастрофа с экранопланом семейства «СМ».

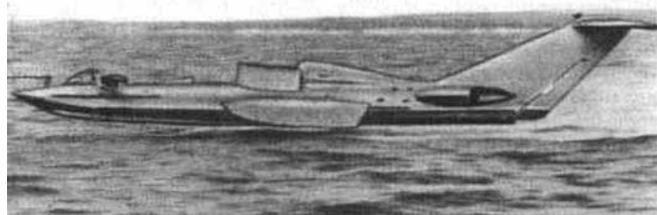
Экраноплан СМ-2П7. На основе хорошо показавшей себя «самолетной» компоновочной схемы с хвостовым оперением СМ-2П была разработана новая модификация экраноплана СМ-2П7. Аппарат был построен в 1964 г. (гл. конструктор – Р. Е. Алексеев, вед. конструктор – С. И. Кубасов) для исследования взлетно-посадочных характеристик, проблем устойчивости полета над экраном и возможности оптимизации аэродинамической компоновки экраноплана с одним двигателем.

СМ-2П7 проходил испытания до 1967 г. в различных условиях: зимой и летом при высоте волны до 0.5 м. Были зафиксированы следующие характеристики экраноплана:



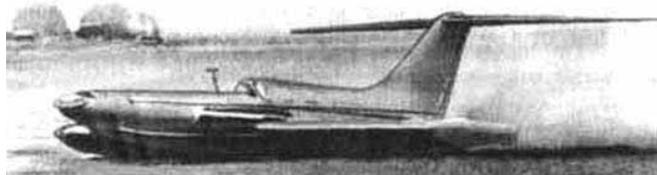
Экраноплан СМ-4

Длина – 20.0 м, высота – 1.96 м, размах крыла – 15.7 м, взлетная масса – 4800 кг, макс. скорость – 300 км/ч, кр. скорость – 250 км/ч, скорость выхода на экран – 140 км/ч, мореходность – 0.5 м.



Экраноплан СМ-5

Длина – 18.0 м, высота – 1.52 м, размах крыла – 19.4 м, взлетная масса – 7300 кг, макс. скорость – 250 км/ч, кр. скорость – 210 км/ч, скорость выхода на экран – 140 км/ч, мореходность – 0.6 м.



Экраноплан СМ-2П7

Длина – 19.4 м, высота – 1.54 м, размах крыла – 19.5 м, взлетная масса – 6300 кг, макс. скорость – 270 км/ч, крейсерская скорость – 220 км/ч, мореходность – 0.5 м.

скорость отрыва – 150 км/ч, аэродинамическое качество в момент отрыва $K = 10 \div 11$; длина разбега и пробега при посадке – 600–800 м; время разбега – 35–40 с, пробега – 40 с; посадочная скорость – 140 км/ч. Двигатель – КР-7Ф-300.

Практически это был новый аппарат на динамической воздушной подушке. Прямоугольное в плане крыло СМ-2П7 имело удлинение больше 2.4 и многосекционный подрессоренный закрылок, а также концевые шайбы. Дноместная кабина пилота закрыта фонарем. Дин двигатель был установлен в носовой части фюзеляжа. Воздухозаборник дугообразной формы размещался в носу фюзеляжа сверху. Выходное устройство газовой струи двигателя выполнено в виде ряда сопел, размещенных параллельно передней кромке крыла примерно до середины его размаха. Направляющие сопловые аппараты обеспечивали отклонение потока под крыло при разбеге в режиме поддува.

Экранопланы серии СМ не имели специальных взлетно-посадочных устройств. В ходе испытаний освоены методики старта (взлета) с воды и снега, полеты над водой, снегом, льдом и твердым грунтом (с травяным покровом). При амфибийных испытаниях самоходные модели сходили с пологого берега, самостоятельно выходили на берег и двигались в режиме поддува газовой струи под крыло на малых скоростях над относительно ровными участками суши.

Окончание следует