

Е. А. Крамарев, канд. техн. наук

Экраноплан как транспортное средство

По аэрогидродинамическим характеристикам и эксплуатационным качествам экраноплан ближе всего к гидросамолету. Полет над экраном, т. е. опорной поверхностью воды, ровного льда или снега, позволяет повысить аэродинамическое качество: отношение подъемной силы к сопротивлению (рис. 1) и увеличить несущую способность крыла (рис. 2). При этом высокое качество достигается при меньшем, чем у самолета, удлинении крыла (отношение его размаха к средней ширине). Естественно, что существенное уменьшение крыла благодаря этому размаху дает определенные эксплуатационные преимущества. Кроме того, создание воздушной подушки путем поддува под широкое низко расположенное крыло струй, образуемых воздушными винтами или реактивными двигателями, позволяет снизить сопротивление при взлете и

уменьшить ударные перегрузки на волнении.

Эффективная воздушная подушка позволяет также выходить на отлогий берег, обеспечивая тем самым амфибийность без дополнительных приспособлений. Еще одно достоинство экраноплана – возможность использовать его над ровной поверхностью снега или льда на полной скорости, а на неровной опорной поверхности – в режиме поддува или аэросаней на пониженной скорости.

том, что экранный эффект позволяет увеличить скорость и повысить безопасность эксплуатации (снизить аварийность) аэродинамически устойчивых спортивных судов, упоминается в другом материале этого номера – «Идеи предпринимателям».

Надо отметить, что использование всех преимуществ экранного режима полета до сих пор осложняется не ре-



шенной окончательно задачей обеспечения устойчивого движения аппарата во всем практическом диапазоне высот, скоростей и нагрузок; причина тому – высокая сложность процесса взаимодействия крыла с экраном.

Основные понятия и зависимости теории устойчивости судов с динамическими принципами поддержания (СДПП) мы освещали в № 208. Тем не менее значительное количество испытанных моделей позволяет выделить несколько аэродинамических компонентов малых экранопланов, а значит, и задачу устойчивого полета считать практически решенной.

Небольшие экранопланы взлетным весом от нескольких сот килограммов до нескольких тонн со скоростью 100–200 км/ч на больших реках и озерах и в прибрежной морской полосе могут найти следующее применение:

- в качестве патрульных для борьбы с контрабандой и браконьерством, причем в случае необходимости для повышения автономности можно использовать в качестве их носителей более тихоходные сторожевые суда;
- как быстроходные спасатели, способные быстро доставлять аварийному судну спасательные средства;
- для контроля за судоходной обстановкой, экологической разведки, поиска с помощью магнетометра некоторых полезных ископаемых;
- для быстрой перевозки ценных, но небольших по весу и объему грузов;
- в качестве разъездных и прогулочных средств.

Следует отметить, что за границей



«Пасьянс» из силуэтов моделей – так автор хранит для памяти отработанные аэродинамические компоновки

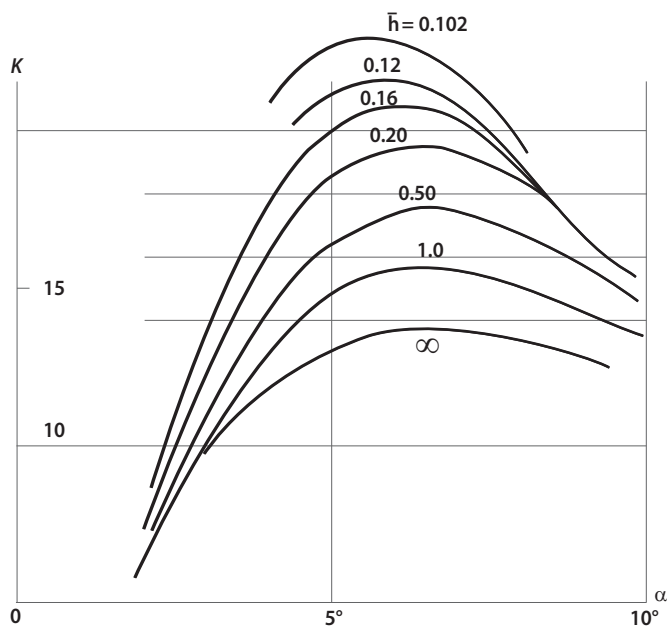


Рис. 1. Повышение аэродинамического качества K при уменьшении относительной высоты полета \bar{h} (отношения высоты задней кромки крыла над экраном к его средней ширине) при различных углах атаки α

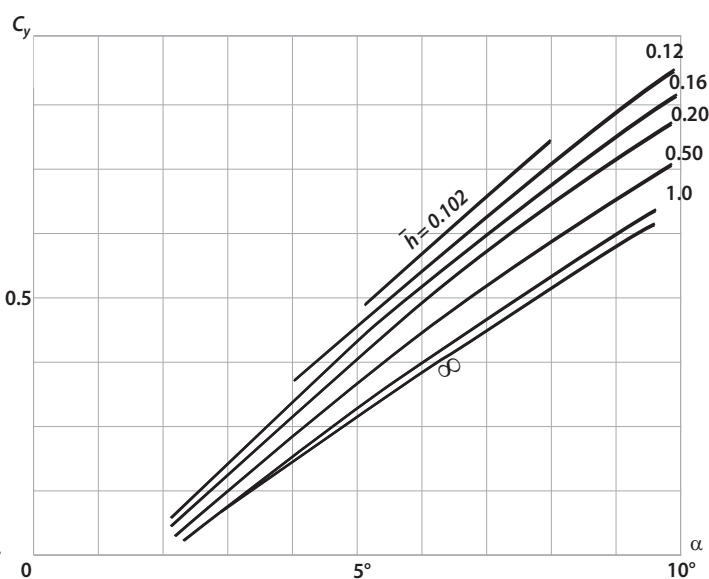


Рис. 2. Увеличение коэффициента подъемной силы C_y при уменьшении относительной высоты полета \bar{h}

любители используют тысячи легкомоторных экранопланов, причем при взлетном весе до 400–450 кг получение права на их эксплуатацию сильно упрощено. Сверхлегкие аппараты также могут найти широкое применение в районах, где отсутствуют взлетно-посадочные полосы, но имеются большие акватории.

Представляется, что на крупных реках, например сибирских, и в прибрежных районах, например, Юго-Восточной Азии, кеании или Австралии пассажирские экранопланы вместимостью 20–30 человек окажутся весьма эффективным средством сообщения. В районах с редко расположенными населенными пунктами и малым количеством аэродромов их использование позволит резко сократить время в пути до них, поскольку эти аппараты в несколько раз превосходят по скорости все виды водного транспорта (глиссеры, суда на подводных крыльях и воздушной подушке, а тем более водоизмещающие суда), что, конечно, существенно при протяженности маршрутов 500–1000 км. Что же касается гидросамолетов, то следует помнить об упомянутых преимуществах экранопланов по сравнению с ними.

Кроме того, отличными пилотируемыми моделями, прототипами пассажирских экранопланов, могут служить тщательно отработанные и всесторонне испытанные очень небольшие

относительно дешевые прогулочные и развездные экранопланы вместимостью один-два человека, создание которых представляет самостоятельный интерес.

Интересно было бы сравнить эффективность экраноплана с другими транспортными средствами, которые можно использовать для тех же целей: с глиссерами, судами на подводных крыльях и воздушной подушке – СДПП, а также с самолетами, но такое сравнение затруднено тем, что, если упомянутых судов и самолетов построены тысячи, то количество по-

строенных экранопланов исчисляется единицами, а их аэрогидродинамическая компоновка и конструкция находятся еще в стадии отработки и совершенствования. Соответственно будут улучшаться и их эксплуатационные характеристики.

И все же, исходя из близости эксплуатационных характеристик небольших экранопланов и самолетов, попробуем сравнить их с СДПП, а, учитывая тематику журнала, и с рядом других маломерных судов и ультралайтами – сверхлегкими самолетами.

В качестве основных критериев эф-

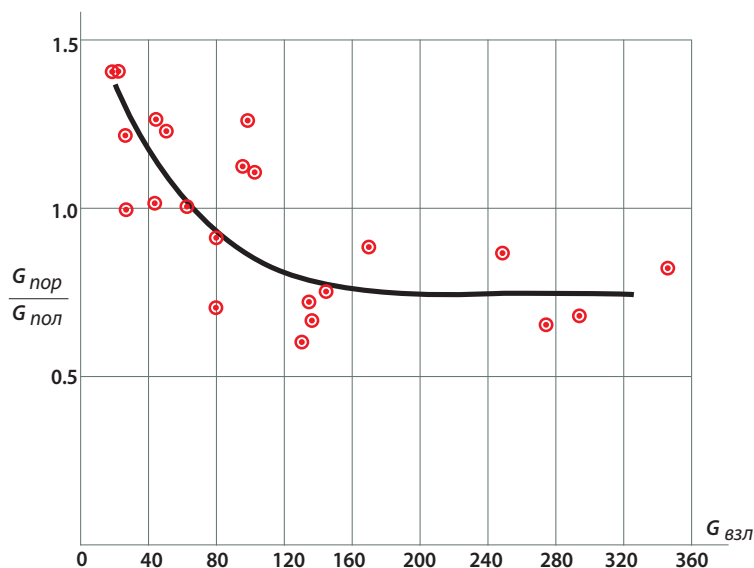


Рис. 3. Снижение веса судна порожнем по отношению к полезной нагрузке при увеличении возможного веса транспортных самолетов

Таблица 1

Сравнительные характеристики транспортных средств вместимостью один-два человека и экранопланов

Судно	$D_{\text{пол}}/D$	$D_{\text{пор}}/n$, кг	$K \cdot \eta$	E	E_T , г/чел-км
Мотолодки	0.478	87.5	2.02	0.96	84.6
СВП	0.436	129	2.33	1.02	–
СПК	0.66	41.5	4.49	2.96	40
Ультралайты	0.432	120	7.7	3.32	82.8
Экранопланы	0.410	152	9.1	3.21	19.8

Таблица 2

Сравнительные характеристики разных традиционных судов и экранопланов водоизмещением до 2.8 т

Судно	Вместимость, чел.	$D_{\text{пол}}/D$	$D_{\text{пор}}/n$, кг	$K \cdot \eta$	E	E_T , г/чел-км
Мотолодки, катера	2–10	0.382	227	3.05	1.06	95.3
СВП	50	0.400	180	2.20 2.93	0.88 1.17	148 111
СПК	50	0.283	229	4.80	1.36	~49.1
Самолеты	<40	0.357	252	6.1 мало	2.18	52.2 48.4
Экранопланы	–	0.370		8.8	3.25	28.2

эффективности рассматриваемых транспортных средств примем:

– вес порожнем, отнесенный к взлетному весу $D_{\text{пол}}/D$;

– вес порожнем, приходящийся на одного пассажира: $D_{\text{пор}}/n$, где n – число пассажиров;

– пропульсивное качество K_y , представляющее собой произведение аэрогидродинамического качества K на коэффициент полезного действия движителя или реактивного двигателя η . Под полезными действиями понимается произведение сопротивления R или равной ему тяги T на скорость движения V , причем $R = T = D/K$. Следовательно, $K_y = K \cdot \eta = DV/N_3$, где N_3 – эксплуатационная мощность. Необходимо только отметить, что в справочниках нередко приводится не используемая на основном режиме эксплуатационная мощность N_3 , а максимальная N . В таких случаях приближенно принималось, что $N_3 = 0.75N$;

– транспортная эффективность по полезной нагрузке

$$E = D_{\text{пол}} V / N_3,$$

где полезная нагрузка $D_{\text{пол}} = D - D_{\text{пор}}$, следовательно,

$$E = D_{\text{пол}}/D \cdot DV/N_3 = D_{\text{пол}}/D K_y = K_y (1 - D_{\text{пор}}/D);$$

– обратная топливная эффективность E_T , представляющая собой количество топлива в граммах, затрачиваемое на перевозку одного пассажира на 1 км:

$$E_m = C_e N_3 / V n, \text{ г/чел-км,}$$

где C_e – удельный расход топлива, кг/кВт · ч.

Приведенные в табл. 1 и 2 осредненные данные носят сугубо ориентировочный характер, поскольку разброс значений рассматриваемых характеристик эффективности весьма велик. Эти характеристики также сильно зависят (рис. 3) от величины транспортного средства, требуемой дальности полета или плавания, необходимых мореходных качеств, а также времени создания и, соответственно, степени совершенства.

Анализ многочисленных данных и результатов, приведенных в сводных таблицах, позволяет сделать вполне определенные выводы, приведенные ниже.

По полезной весовой отдаче все пересчитанные транспортные средства

близки между собой, хотя незначительное преимущество – на стороне СВП вместимостью до 50 чел.; экранопланы близкой к этому вместимости пока неизвестны.

По весу порожнем, приходящемуся на одного пассажира, экранопланы несколько превосходят суда и самолеты. Но необходимо учитывать, что первые небольшие экранопланы строились скорее для экспериментальной проверки правильности принятых решений в отношении аэрогидродинамической компоновки и с целью оценки эксплуатационных качеств, а не как транспортные средства. Поэтому их грузоподъемность не отражает реальной провозоспособности; например, экраноплан Липпиша «Х-113» был одноместным, тогда как более ранний «Х-112» практически такого же взлетного веса имел грузоподъемность 160 кг.

По расходу топлива для перемещения одного человека на 1 км существенное преимущество явно на стороне экранопланов, что особенно важно с учетом цен на горючее.

По пропульсивному качеству и, соответственно, транспортной эффективности E самолеты и экранопланы существенно превосходят все СДПП и особенно, в 3–4 раза, глиссирующие мотолодки и катера. И это при значительно большей скорости летательных аппаратов, что для пассажирского транспорта также очень важно.

Таким образом, есть все основания считать, что 10–30-местные пассажирские экранопланы, а также прогулочные и разъездные экранопланы вместимостью один-два человека в недалеком будущем смогут найти широкое применение, причем последние могут служить и в качестве прототипов более крупных экранопланов. Не исключено также, что найдут применение и быстроходные океанские экранопланы вместимостью несколько сот человек, так как, по крайней мере, эксплуатационные характеристики самолетов улучшаются с увеличением вместимости. В еще большей степени это должно, по-видимому, относиться к экранопланам, поскольку по мере увеличения их размеров будет уменьшаться относительная высота полета, что приведет к повышению аэродинамического качества.