

ОСНОВНИ СВЕДЕНИЯ ЗА ЕКРАНОЛЕТИТЕ

Историята на екранолетите реално започва от хидросамолетите и апаратите на въздушна възглавница. Финландският инженер Томас Каарио е прието да се счита за пионер в екранолетостроенето. Първите апарати, създавани между 30 и 50 години на 20 век, са строени на базата на експериментални данни. Изпитанията им изявяват основните **проблеми на полета – неблагоприятни особености на надлъжната устойчивост и свързаната с това специфичност на управлението**. Първи, който е решил тези проблеми е немският авиоконструктор Александър Мартин Липпиш (1894-1976). На авиационната аудитория той е известен преди всичко с фундаменталния си принос в теорията на летящото "делта крило" и с участието си в разработката на ракетния изстребител "Месершмит 163" през годините на Втората световна война и преди нея.

За своите първи опити с екранния ефект А. Липпиш разказва в свое интервю пред кореспондент на едно от авиационните издания в ГФР ("Флуг ревю интернационал"), представено в следващия кратък преразказ за личните му впечатления, неговите изследвания и постижения:

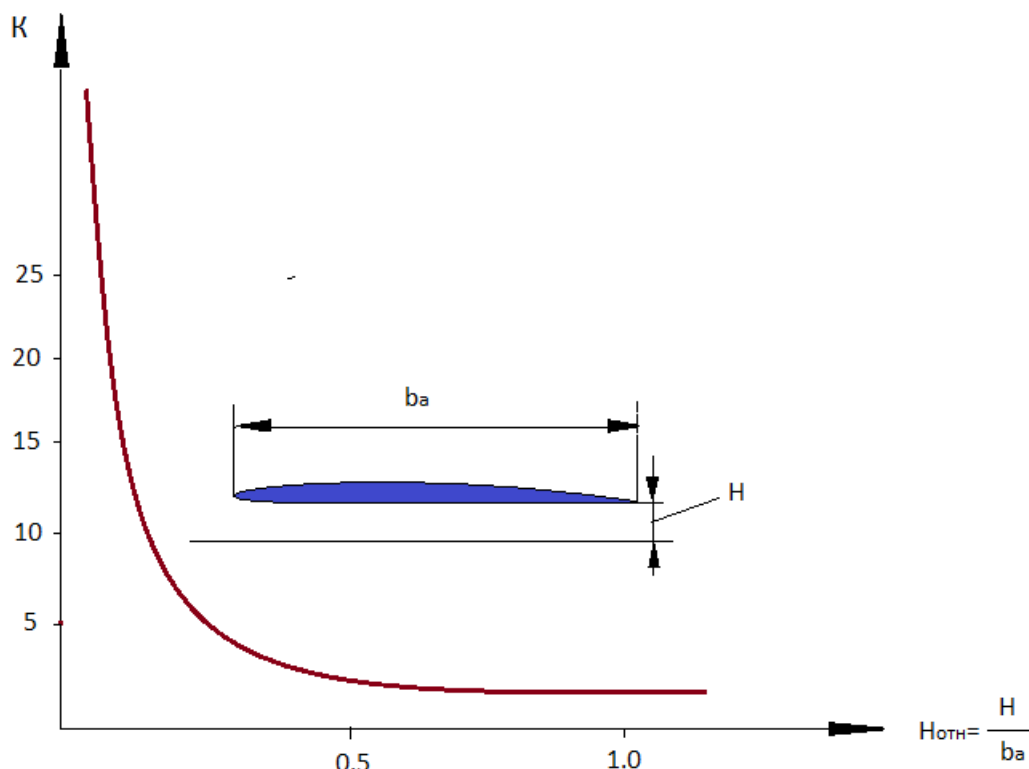
*"С лодка, построена за изпитания на радиоелектронна апаратура, заедно с Колинз (собственик на американската фирма "Колинз" за авиационно оборудване) през 1959г започнахме изпитания по едно от нашите езера. **Лодката набираше скорост бързо и ни удиви с възможностите си да се ускорява, когато изведнъж носовата ѝ част започна да се повдига със стремеж за преобръщане**. Разбрах каквото трябваше да разбере. Продължих да работя по този проблем. За да лети над водата, трябва да има крило, а за да съхрани надлъжна устойчивост, когато се повдигне над водата, е нужна опасна част, подобна на самолетните (стабилизатор и хоризонтално кормило за балансиране на надлъжните моменти). Заедно със синовете си построихме няколко модели с микромотори, които изпробвахме по снежни покрития и в хидроканал. Аеродинамическото качество на тези модели достигаше до 40 - като на добрите планери. По-късно (в 1964г) построихме първата си "летяща лодка" X-112, а през 1972г – X-113А. Опити с лодки провеждаха и фирмите "Локхид" и "Боинг" - не особено удачни. Лодките губеха надлъжна устойчивост и се преобръщаха – с тях ставаше същото, което и с нашата първа лодка. Фирмите преустановиха изпитанията, а ние продължихме."*

С тази надлъжна неустойчивост са свързани катастрофите на Доналд Кямпбел през 1967г. - със "Синята птица" и през 1974г. на Чезаре Скоти .

След тази историческа справка предимствата и особеностите на екранолетите накратко може да бъдат обяснени чрез известни понятия от аеродинамиката и динамиката на полетите (раздел "устойчивост и управляемост").

На фиг.8.1. е представена крива, която показва нарастването на аеродинамичното качество K (отношение на подъемната сила към съпротивлението) с намаляване на относителната височина на полета. Забележимо влияние на екранния ефект се забелязва на височина по-малка от средната аеродинамична хорда на крилото ($H_{отн} = \frac{H}{b_a} < 0.5$). На такива

височини картината на обтичането е различна от движението извън зоната на екрана. При много малко разстояние до екрана повишаването на налягането под крилото е близо до значението на скоростния напор и подъемната сила рязко нараства за сметка на налягането в заприщения поток.

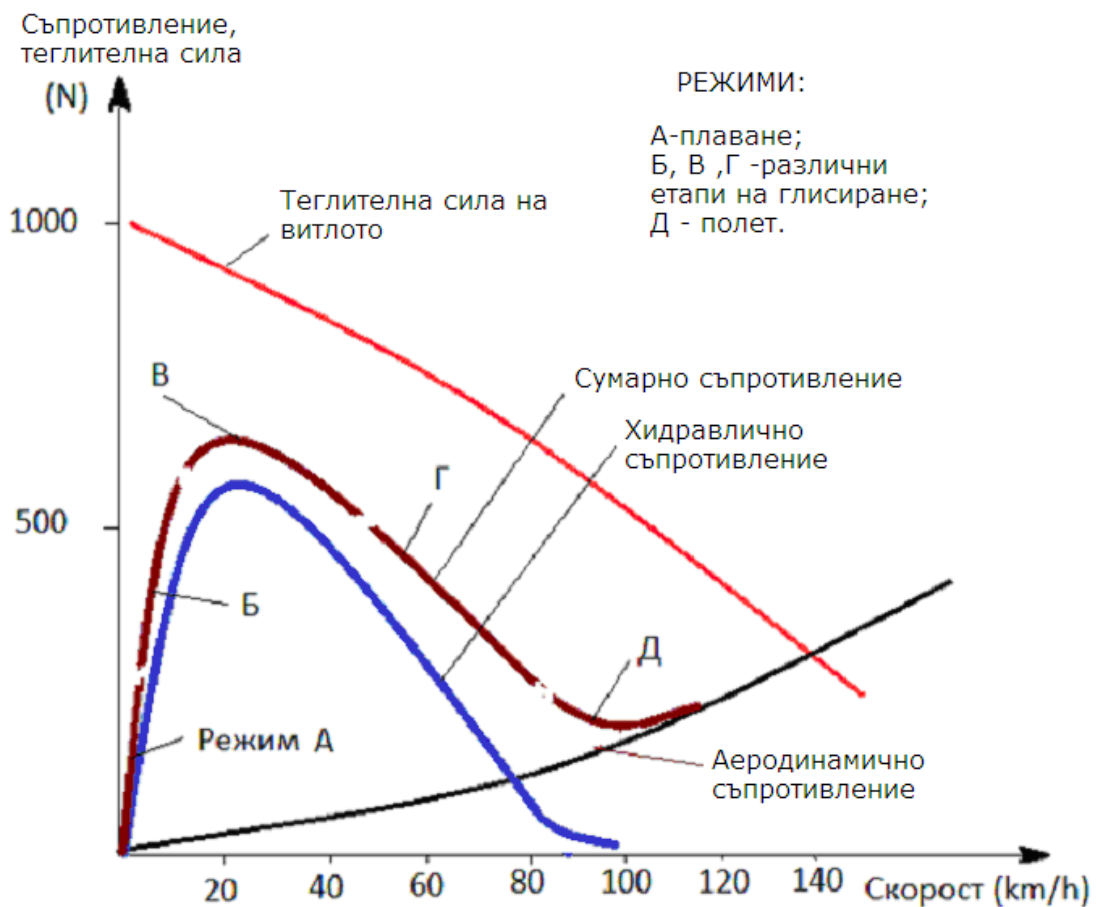


Фиг. 8.1. Примерна зависимост на аеродинамичното качество от относителната височина на полета

Масата въздух под крилото, която основно поддържа екранолета може условно да се раздели на две части: едната остава като "заприщен" поток под крилото, друга - значително по-малка част - изтича назад и в района на изходящия ръб се слива с потока от горната страна. Основната част от въздуха

остава под крилото и създава там налягане равно почти на скоростния напор (кинетичната енергия на потока почти напълно се трансформира в потенциална на налягането). Това играе ролята на своеобразна пързалка, по която апаратът се "плъзга като по масло". Далече от екрана подъемната сила се определя главно от по-голямото разреждане **над крилото**, а при полет в зоната на екрана подъемната сила се създава главно за сметка на повишеното налягане **под крилото**. Има разлики и в полярите за полети извън екранния ефект и в зоната на ефекта. От влиянието на екранния ефект с намаляването на относителната височина полярата става по-стръмна, а това води до значителен ръст на аеродинамичното качество. Това е основното преимущество на екранолетите – голямо качество и възможност икономично да превозва по-големи товари.

На фиг.8.2. е показана примерна зависимост от скоростта на полета на аеродинамичното, хидродинамичното и сумарното съпротивление при излитане от вода и полет в режим на екранен ефект.



Фиг.8.5. Режими на екранолета

За стартиране от вода на екранолета са нужни поплавъци и глисираща повърхност на корпуса на лодката. При засилване

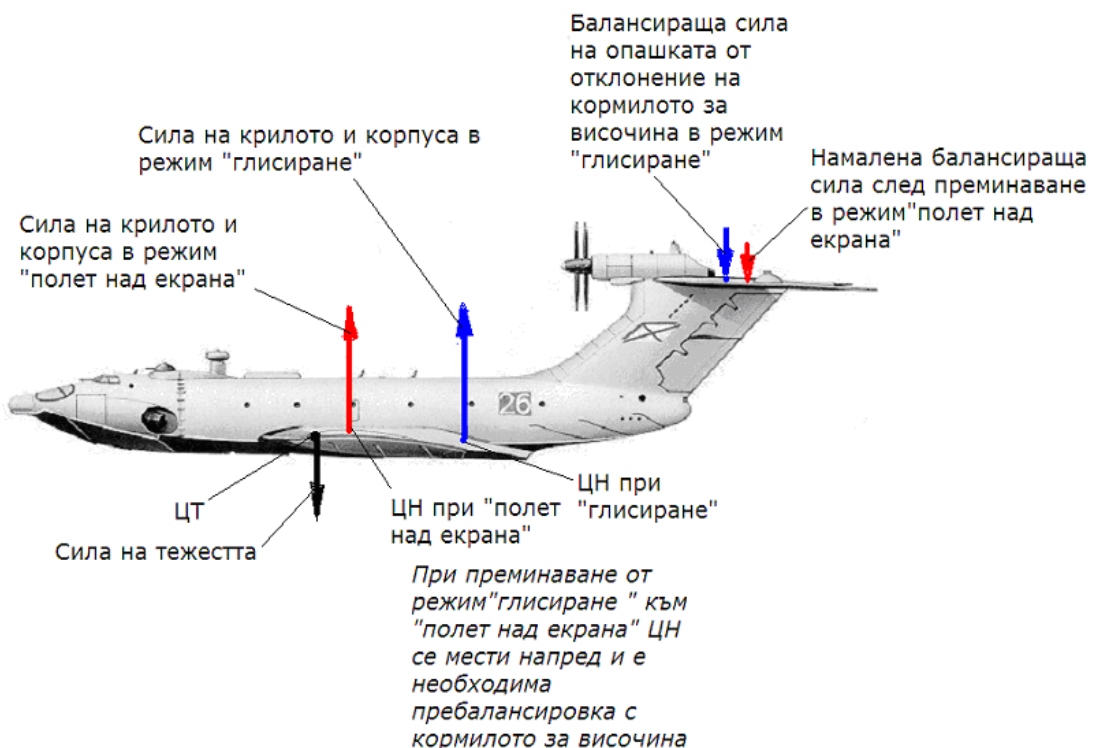
(с работа на витломоторна група на максимален режим), в началото – на участък "А" - е режимът на **плаване**.

Глисирането е следваща фаза от движението във водата, което преминава през етапи "Б", "В" и "Г". Апаратът се държи на повърхността на водата само от скоростния ѝ напор, т.е. той се плъзга по водата. Към края на глисирането хидросъпротивлението се намалява, но то има добре изразен максимум в етап "В". В показаното на фиг. 8.5 разположение на кривата на теглителната сила от витломоторната група има излишък от тяга, които обуславя ускорението на апарата. При преминаване на максимума в съпротивлението ускорението се намалява, но след това отново нараства до края на глисирането. В тази фаза предната част на апарата е във въздуха, а задната (глисиращата част от корпуса-лодка и изходящият ръб на крилото) е във водата. Въздействието на водата и въздуха с апарата има характера на повърхностните сили – разпределени по обтекаемата и обдухвана повърхност, но условно цялото въздействие може да се сведе до една сила, която не е приложена в центъра на тежестта и от това се поражда момент. Приема се, че приложните точки на резултантната хидроаеродинамична сила и силата на теглото лежат на средната аеродинамична хорда (b_a). Приложната точка на хидроаеродинамичното въздействие (т.н. "център на налягането - ЦН) е разположена зад центъра на тежестта (ЦТ) и моментът е пикиращ (натиска носа надолу). Този пикиращ момент трябва да се **балансира** с друг момент – от опасната хоризонтална плоскост с кормилото за височина, което се отклонява в положение да създава кабриращ момент (повдига носа на самолета нагоре).

Същественото за екранолетите е, че ЦН има нестабилно положение и в зависимост от съотношението на аеродинамичните и хидродинамичните сили се мести. Това съотношение се променя от височината на полета над екрана и от ъгъл на атака. Най-общото е, че при отделяне на апарата от водата в края на глисирането, ЦН се премества напред към атакуващия ръб на крилото. В зависимост от формата на крилото този "дрейф" на ЦН може да бъде от 65% до 15% от средната аеродинамична хорда b_a . Апаратът започва да проявява тенденция към кабриране и преобръщане. Затова е нужно управление с кормилото за височина. В края на глисирането апаратът се отделя от водата и преминава към полет с по-нататъшно ускоряване, подемната сила се увеличава и поведението му все повече се подчинява само на законите на аеродинамиката. Максималната скорост съответства на равенството между аеродинамичното съпротивление и тягата на витломоторната група (пресечната точка на двете криви). С

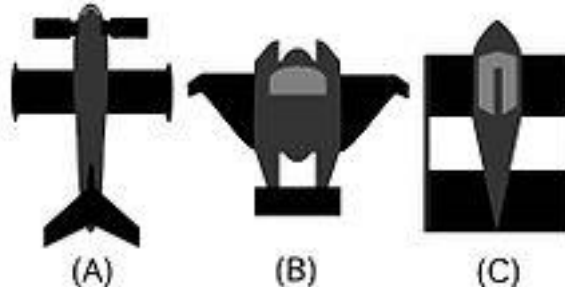
изменението на скоростта и височината над повърхността на водата (екрана) балансировката трябва да се променя непрекъснато, за да се поддържа равновесие на моментите. Краят на глисирането, преминаването в полет с ускоряване според специалистите е пример за свръхнеустойчиво равновесие. Ако има още и наклони (или вълни, които изменят относителната височина на двете полукрила), ЦН се мести освен напред, но и по диагонал. **В това се състои и главната специфика на управлението – по-трудна от самолета надлъжна балансировка.** За подобряване на устойчивостта и управляемостта са нужни специфични форми на крилото в план. Триъгълното крило с малко удължение и обратна стреловидност на изходящия ръб има по-малък "дрейф" на ЦН от правоъгълното. Крилото се прави обикновено с аеродинамично и геометрично усукване и има крайни конзоли с голяма "V" образност, на които са разположени органите за напречно управление (елерони).

Идеята за пребалансировката в края на глисирането и полет на височина в зоната на екранния ефект е показана на фиг. 8.3. Ако своевременно не се пребалансира екранолетът, се появява резултантен "кабриращ" момент, който се стреми да преобърне апарата назад.



Фиг.8.3. Потребност от своевременна пребалансировка на екранолета

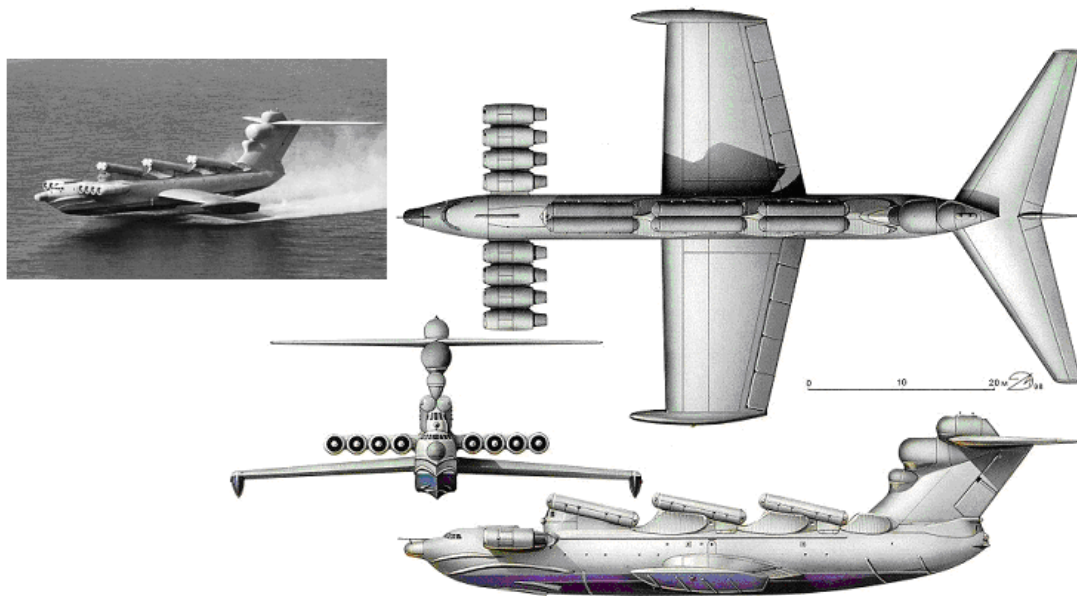
Екранолетите по международната класификация се отнасят към морските съдове. Интересът към тях е свързан с голямата икономичност на транспортирането и решението на проблемите в надлъжната устойчивост и управляемост вероятно ще се търсят в автоматизиране на управлението.



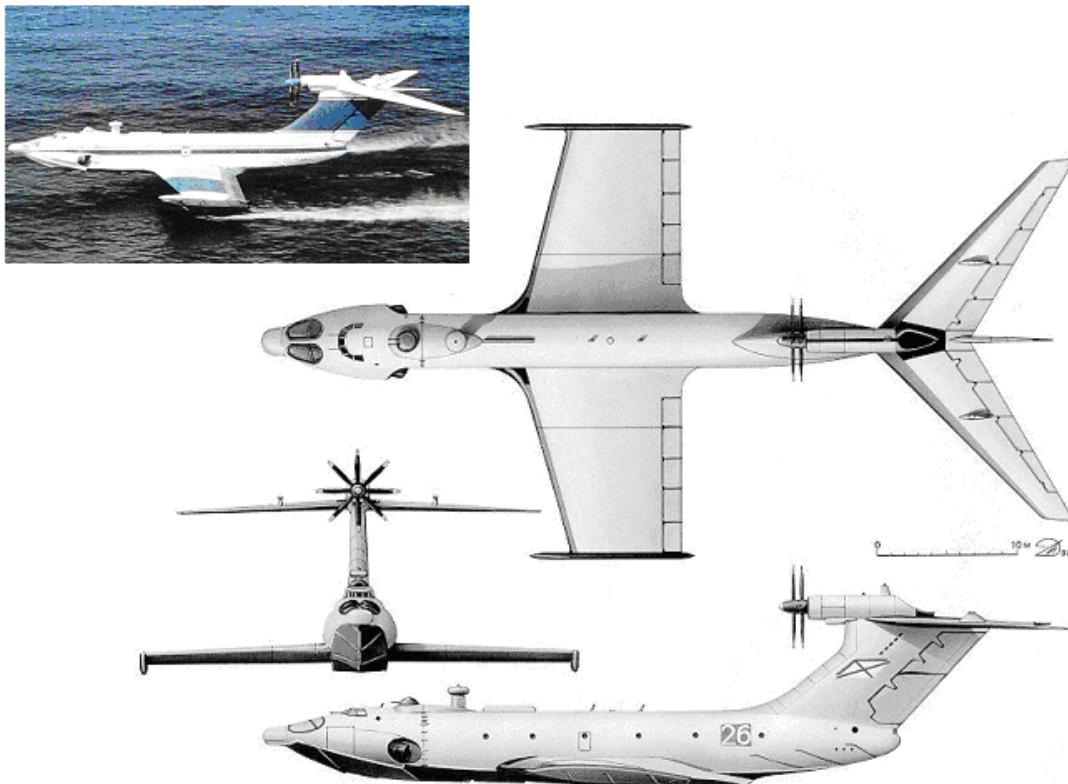
Фиг.8.4. Схеми на екранолети

В конструкциите на екранопланите са популярни главно две схеми (фиг. 8.4. А и В). Първата е разработка на Ростислав Алексеев (Русия) – с право крило. Втората (В) е схемата на Александър Липпиш (Германия, САЩ) - триъгълно крило с обратна стреловидност и обратна V-образност. Схемата на Алексеев има предимство в по-голямата скорост на режима "полет над екрана", но е сложна за стабилизация във връзка с описаните по-горе проблеми на надлъжната устойчивост и управляемост. Схемата на Липпиш (В) е свойствена за по-малко скоростни, леки екраноплани. Тя има подобрени характеристики на надлъжната балансировка. Третата показана схема (С) е предложена от Г.Йорг (Германия) и има тандемна конструкция (с две носещи плоскости, разположени една зад друга). По опита от построените и изпитани самолети през Втората световна война може да се предположи, че Г.Йорг е имал идеята да се използва основното предимство на тази схема - големият диапазон на допустими центровки и по-добра възможност за решаване на проблемите със надлъжната устойчивост и управляемост. Но тандемната схема при самолетите има по-лоши летателни характеристики от нормалната схема и затова нейното развитие завършва с появата на реактивната авиация. В конкретната конструкция на Г. Йорг проблемите на екранолетите в надлъжната устойчивост и управляемост се решават чрез система за автоматична стабилизация.

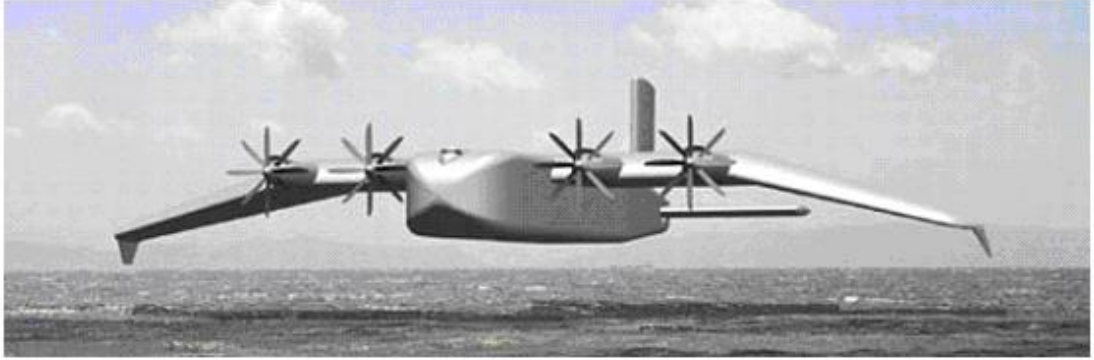
На фигури 8.5, 8.6, 8.7 са показани реализирани схеми и конструкции в полет на руски и американски екранолети.



Фиг.8.5. Руски военен екранолет "Лунь" с 8 газотурбинни двигателя и 6 противокорабни ракети.



Фиг.8.6. Руски десантен екранолет "Орленок" с комбинирана силова уредба: два стартови ТРД в предната част и един ТВД със съосни витла в опашната част.



Фиг. 8.7. Американски екранолет "Пеликан" на фирмата "Боинг" – по проектни данни може да превозва 17 танка "М1 Абрамс" на разстояние 16000 км.

Литература

1. Грунин Е. "Полет на висоте...сантиметров" списание "Моделист конструктор" 1983/9.
2. Интернет:
aerospaceweb.org/question/aerodynamics/q0130.shtml