

В.А. Коноваленко

*Летающий
маломестный
транспорт*

Санкт-Петербург
2012 г.



Об авторе:

Коноваленко Виктор Антонович,
физик, автор многих изобретений,
лауреат ВДНХ, изобретатель СССР, один из
основателей Академии Технического Творчества
и автор ряда научно-популярных книг.

Предисловие

Продолжая традиции наших далёких предков, зародившихся в океане, затем освоивших сушу и взлетевших в воздух, человек стремительно осваивает атмосферу (космос тоже, но не так быстро). Авиалайнеры обеспечивают комфортабельные перелёты на большие расстояния множества пассажиров, дельта- и паропланы – одиночные перелёты на короткие дистанции и спорт. Не заполнена ниша комфортабельных персональных (маломестных) летательных аппаратов (ПЛА) и над этим интенсивно работают.

Так, объединение специалистов из нескольких институтов и университетов Германии, Швейцарии и Великобритании, финансируемое Евросоюзом, занято сейчас этой проблемой. Оно получило \$6,2 миллиона на изучение возможности внедрения персональных летательных аппаратов в городах.



Рис.1. Персональный летательный аппарат Personal Aerial Vehicle (PAV) в представлении европейцев.

В Евросоюзе полагают, что люди смогут на таких PAV'ах, размером с легковой автомобиль, добираться от дома до офиса по прямой. Такие машины не поднимались бы выше 600 метров и не влияли бы на существующее воздушное движение.

Предлагаемая вниманию читателя книга посвящена одному из возможных решений этой проблемы – маломестному транспортному средству (будем называть его *мобилем*), сочетающему комфорт и простоту эксплуатации со способностью двигаться по относительно ровной поверхности (земле или воде), взлетать с неё без предварительной подготовки и специального разбега и садиться на неё же. Такое решение (см. обложку), превосходящее европейский PAV, было найдено автором ещё в прошлом веке, запатентовано, математически моделировано и до сих пор пребывает в «виртуальном состоянии».

Подобная ситуация хорошо знакома многим изобретателям. Как правило, изобретатель богат идеями, но не деньгами, необходимыми для реализации этих идей, а люди, богатые деньгами, бедны идеями и мало восприимчивы к ним. В этих условиях одним из камней преткновения в использовании достижений человеческой мысли с древнейших времён, а особенно в последнее время стал приоритет.

Под предлогом его охраны созданы сложные юридические системы защиты авторских прав (соответственно, как и вся юриспруденция, включающие в себя способы их обхода), созданы бюрократические

организации для реализации этих систем, карательные органы для борьбы с контрафактом и т.д., и т.п.

Так, в России только регистрацией «интеллектуальной промышленной собственности» (в рамках ФИПС) занято около 2,5 тыс. сотрудников с бюджетом более миллиарда руб. и весьма скромным «кпд».

Причина не только в бюрократизации. Существенную роль играет явное противоречие: с одной стороны желание как можно шире распространить идею, а с другой, удержать всё «в своих руках», чтобы извлечь максимум прибыли.

Тезис «Лучшее – враг хорошего» изобретатели и производители понимают диаметрально противоположно: первые хотят немедленной замены, а вторые – подождать, пока хорошее окупится!

Негативных примеров применения «патентного права» более чем достаточно! Чего стоит эпопея с не перегорающими лампочками – патент был куплен фирмой-производителем обыкновенных, перегорающих лампочек и пролежал на полке до истечения срока действия. Не зря же Пастер не стал брать патент на «пастеризацию»!

И это далеко не единичный пример. В этом отношении советская система авторских свидетельств была куда прогрессивнее, хотя у неё были свои серьёзные недостатки. Вот поэтому автор предпочитает пойти по стопам Пастера и опубликовать идею в открытой печати (с патентованием узловых решений, чтобы предотвратить «патентный перехват»).

Маломестные ЛА

Прототипы-аналоги заявленного в предисловии *мобиля* представлены в настоящее время двумя классами: «наземно-летающими» (*террамобилиями*) и «водно-летающими» (*гидромобилиями*). Связано ли это с «генеалогией» разработчиков или с опасением получить аналог утки из анекдота (которая и бежит, но не так хорошо, как лошадь, и плавает, но хуже рыбы, и летает, увы, не по соколиному), не столь важно.

Можно строить гидромобили (летающие катера) и террамобили (летающие автомобили), отличающиеся друг от друга лишь ходовыми частями для движения по поверхности (воде или суше), но имеющими идентичное устройство для полёта. Поэтому мы достаточно подробно рассмотрим именно эту общую, «летательную» часть, ограничившись по отношению к «ездовым» частям формулировкой требований к ним.

Надо сказать, что дефицит персональных маломестных летательных аппаратов (МЛА) ощущается давно, а попытки его компенсации разной степени успешности насчитывают не один десяток лет.

Их анализ и использование, говоря изобретательским языком, в качестве прототипа — дело не только полезное (хотя бы, например, для применения алгоритма Артоболевского). Поэтому, прежде всего, сделаем краткий обзор современных МЛА, включая и «сухопутно-воздушные», и «водно-воздушные», и «амфибийно-воздушные».

Прототипы МЛА

Террамобили

История

Строителем первого в мире летающего автомобиля принято считать американца Глена Кёртиса (Glenn Curtiss). Его автоплан (Curtiss Autoplane) появился в 1916-м, а первые испытания прошли в 1917 году. Этот четырёхколёсный «монстр» немного похож на джип, которому «натянули нос». Трёхуровневые крылья размахом более 12 метров, 4-лопастный пропеллер, экипаж – три человека.



Рис. 2. Кёртис Автоплан

Трудно представить, как этот самолет трансформировался в автомобиль. Вероятно, крылья всё-таки как-то снимались. Это чудо совершило несколько коротких перелётов и всё. Однако, для тех лет это огромное достижение.

В 1937-ом году Вальдо Ватерман (Waldo Waterman) показал миру «Стрелобиль» (Arrowbile) гибрид самолёта и трёхколёсного автомобиля Studebaker. Как и его части, машина была оснащена обычным двигателем Studebaker на 100 л.с., а на приборной па-

нели располагались компас, высотомер и индикатор лётной скорости. Крылья отделялись после посадки и складировались в аэропорту.

Что бы вышло из этого проекта не известно, потому что Ватерману пришлось закрыть проект, т.к. Studebaker прекратила финансирование, ссылаясь на чрезмерные затраты, не оправданные результатом.

В 1940 году компания Convair начала разработку проекта аэрокара (ConvAirCar) – это двухдверный седан со съёмной самолётной частью. На этот раз это был действительно автомобиль и почти настоящий самолет. ConvAirCar дебютировал в 1947 году. Он пролетал один час и показал хороший результат, расходуя на 72 километра 5 литров горючего. Convair уже собралась запустить автомобиль в серию или же продать военным, но во время третьего полёта произошла катастрофа, которая похоронила проект.

В 1946 году Роберт Фултон (Robert Fulton) берётся за создание «Летающей амфибии» (Airphibian). Он считал, что крепить автомобиль к самолету не разумно, правильнее адаптировать самолет к дороге. Автомобиль имел шестицилиндровый двигатель мощностью 150 лошадиных сил. «Амфибия» могла лететь со скоростью 190 км в час и ехать со скоростью 80 км в час. Крылья и секция хвоста самолёта снимались, а пропеллер складывался внутри фюзеляжа. Фултон говорил, что «домохозяйка может сделать это одна за пять минут».

«Аэрокар» (Aerocar) Молта Тейлора является одним из самых известных представителей летающих ав-

томобилей. «Аэрокар» летал хорошо, никого не убил. В автомобиле Тейлора хвост и крылья снимались, но именно Тейлор предложил возить это всё с собой. Крылья, хвост, и тыловой пропеллер, по его проекту, грузились в буксируемый автомобилем прицеп. Годом рождения «Аэрокара» принято считать 1956 год, когда Taylor's Aerocar Incorporated выпустила опытный образец первой своей машины



Рис.3. ConvAirCar (седан со съёмной самолётной частью)

В России летающим автомобилем занимался В.В. Татаринов, который в молодости зарекомендовал себя как автор нескольких изобретений, имя его было известно в России и за границей.

В 1908-1909 гг. он построил два бипланных планера и делал подлёты на них. В том же году он представил в Главное инженерное управление модель ортоптера, а потом проект четырехроторного вертолёт с тянущим винтом, названного им «Аэромобилем». В 1909 г. изобретатель получил деньги от Военного министерства для постройки вертолёт. Кроме того, были и частные пожертвования.

Те, кто не мог помочь деньгами, предлагали бесплатно свой труд для воплощения замысла изобретателя. Россия возлагала большие надежды на это отечественное изобретение. Но затея закончилась полным провалом. Опыт и знания Татаринова не соответствовали сложности поставленной задачи, и большие деньги были выброшены на ветер.

Этот случай отрицательно повлиял на судьбы многих интересных авиационных проектов: русские изобретатели не могли больше добиться государственных субсидий. Но если сказано «Нет» летающим машинам, можно попробовать запустить в небо танк.

Задание на подобный летательный аппарат, которому не было аналогов в истории, Олег Антонов, поддержанный начальником НТК ГБТУ генералом С. Афониним, получил в конце 1941 года. Машину спроектировали всего за две недели и к лету 1942 года построили на планерном заводе в Тюмени.



Рис. 4. Летающий танк О. Антонова
Осенью 1942 года (по другим данным – 1943-го) были проведены первые и, судя по всему, последние

испытания «Крыльев танка». Танк взлетел с трудом, и в полёте двигатель начал перегреваться. Летчику-испытателю Сергею Анохину, благодаря своему профессиональному мастерству, удалось успешно совершить посадку. Тем не менее, испытательный полёт «показал, что идея летающего лёгкого танка целесообразна и вполне осуществима».

Современное состояние

С тех пор немало воды утекло, и сейчас в разной степени разработки существуют следующие модели:

- летающий микроавтобус «Автолёт (Airvan)» конструкции П. Антипова (на 7 чел.), Россия;
- летающий автомобиль «Ларк-4» (персональный, 4-местный), разработка ОКБ НАК, Россия;
- летающий микроавтобус «БСК-10» на 10 пассажиров, разработка ОКБ НАК, России;
- 1- и 2-местный Skycar M200 и M400, США, конструктор – Пол Моллер;
- CityHawk, Израиль;
- PALV, Голландия, Дж. Беккер;
- SkyRider X2R, США;
- AMV-211, США;
- Skyblazer, США, Р. Хайнес;
- Eagle, Израиль, Д. Метревели;
- Chrysler VZ-6, США;
- Roadable Aircraft International, США;
- Transition, Terrafugia Inc, США;
- Rotapower M200, США;
- Аэрокар, США, Тейлор;
- Аэроджип, США, Н. Джеранио.

Разумеется, список неполон, но перечисленные в нём модели – вполне репрезентативная выборка, позволяющая оценить состояние дел



Рис. 5. Летающий автомобиль со складными крыльями «Ларк-4», ОКБ НАК, Россия



Рис. 6. Летающий автомобиль со складными крыльями Transition, Terrafugia Inc, США



Рис.7. M400 Skycar (авт. Пол Моллер)



Рис. 8. M200X Neuera (авт. Пол Моллер)

К сожалению, за всё это время концепции не изменились: по-прежнему либо к автомобилю цепляют крылья и хвост (иногда складные как в авианосной авиации, рис. 5, 6), либо к самолёту цепляют автомобиль, либо создают нечто типа НЛЮ (рис. 7, 8).

Не спасает дело и малокомфортабельный проект летающего мотоцикла (Hoverbike) из Австралии. Пара вентиляторов заменила летающему байку колёса. Между винтами – рама с двигателем (ДВС, 80 киловатт) и сиденьем. Сухой вес «парящего мотоцикла» составляет 110 килограммов, максимальный взлётный – 270 кг, а подъёмная сила – до 295 кг (рис. 9).



Рис. 9. «Ховербайк» (фотографии Hoverbike).

Есть и ещё одно решение – в Германии автомобиль снабжают складным вертолётным винтом, но, как видим, подлинно летающий автомобиль пока не создан. Есть лишь гибриды или ЛА с ограниченными возможностями движения по дорогам.

Гидромобили

В настоящее время представителями гидромобилей можно считать только суда на воздушной подушке (СВП) – тип судна с динамическим принципом поддержания, которое может двигаться с большой скоростью и над водой, и над твёрдой поверхностью (амфибийные СВП) на небольшом расстоянии над ней, на так называемой воздушной подушке, образованной нагнетаемым под днище воздухом.



Рис. 10. Судно на воздушной подушке

Воздушная подушка – это слой сжатого воздуха под днищем судна, который приподнимает его над поверхностью воды или земли. Отсутствие трения о поверхность позволяет снизить сопротивление движению. От высоты подъёма зависит способность такого судна двигаться над различными препятствиями на суше или над волнами на воде.

По способу создания различают статическую (создаваемую вентилятором) и динамическую (создаваемую за счёт повышения давления при движении аппарата вблизи опорной поверхности) воздушные подушки. По схеме образования различают следующие виды

воздушной подушки – камерная, скеговая, сопловая, щелевая, крыльевая (динамическая). Наиболее простой способ образования воздушной подушки – камерный. Воздух, нагнетаемый вентилятором под куполообразное днище, свободно вытекает по его периметру. Чем больше подача воздуха, тем выше поднимается судно, но это требует повышения затрат энергии, поэтому при большой высоте подъёма этот способ не экономичен.

Для уменьшения расхода воздуха у судов, предназначенных для движения только над поверхностью воды, подушку по бортам ограждают погруженными в воду жёсткими стенками или узкими корпусами – скегами. Такие суда называют судами скегового типа.



Рис.11. Катер СВП скегового типа

Более экономичен при большой высоте подъёма сопловой способ образования воздушной подушки, когда нагнетаемый вентилятором воздух подаётся под днище через наклонённые внутрь сопла, расположенные по его краям. Струи вытекающего из сопел воздуха направлены так, что воздушная подушка как бы «запирается» этими струями.

Для увеличения высоты подъёма и уменьшения затрат мощности на образование воздушной подушки по её периметру дополнительно устанавливают гибкие ограждения (рис.12).



Рис. 12. Сопловое СВП с ограждением

История

Первые в мире опытные катера на воздушной подушке были построены в 1935 году советским конструктором Владимиром Левковым. В работе «Вихревая теория ротора» (1925) он первым обосновал возможность создания СВП и создал аэродинамическую лабораторию в 1926-ом.

К началу XXI века было построено множество экспериментальных судов на воздушной подушке водоизмещением более 150 тонн, которые уже совершали пассажирские и грузовые рейсы. Одно из первых судов на воздушной подушке с повышенной мореходностью, предназначенное для перевозки пассажиров и грузов через Ла-Манш при волнах высотой до 3 м – английское судно SR.N4.

Оно было построено в 1967 г., имеет сопловую схему образования подушки с гибким ограждением

высотой 2,1 м. Водоизмещение судна – 167 т, на нём размещается 670 пассажиров.

Современное состояние

Основным преимуществом судов на воздушной подушке является скорость. Полностью неограничен и навигационный период этого вида. Суды могут ходить и в летнее, и в зимнее времена года, преодолевать уступы высотой до 1,0 метра.

Недостатком СВП является большой расход топлива. В тех случаях, когда это не главное, например, в десантных судах, СВП находят широкое применение. Здесь решающей является их способность высаживать десанты на практически любой берег.



Рис. 13. Катер СВП для МЧС

Оптимизация отношения расхода топлива к перевозимому грузу позволяет широко применять СВП и в мирных целях. Так, например, спроектировано и построено СВП "Хивус-48", которое вмещает до 48 человек, при этом, для его управления необходимо всего 2 человека экипажа.

Экранопланы

Ответвлением СВП, получившим самостоятельное существование, стали экранопланы¹ и экранолёты.



Рис. 14. Экраноплан

Для всех экранопланов основным² режимом эксплуатации является полёт в непосредственной близости к поверхности с использованием «экранного эффекта» Это означает, что они постоянно находятся внутри сферы эксплуатации обычных судов и должны подчиняться «Международным правилам предупреждения столкновений судов на море».

¹ *Экраноплан (от экран + (аэро)план), официальная советская классификация «Судно на динамической воздушной подушке» – высокоскоростное транспортное средство, аппарат, летящий на относительно небольшой (до нескольких метров) высоте от поверхности воды, земли, снега или льда.*

² *В связи с этим совместным решением ИМО и Международной организации гражданской авиации (ИКАО) экраноплан рассматривается не как самолёт, который может плавать, а как судно, способное летать.*

В 1992 - 2002 годы в ИМО (Международная морская организация) при активном участии Российской Федерации была осуществлена работа по разработке, согласованию и введению в действие изменений в «Международные правила предупреждения столкновения судов в море» (МППСС-72), а также разработано первое международное «Временное руководство по безопасности экранопланов».

При равных массе и скорости, площадь крыла экраноплана намного меньше, чем у самолёта. По международной классификации (ИМО) экранопланы относятся к морским судам. Согласно определению, сформулированному во «Временном руководстве по безопасности экранопланов», принятом ИМО:

«Экраноплан – это многорежимное судно, которое в своём основном эксплуатационном режиме летит с использованием «экранного эффекта» над водной или иной поверхностью, без постоянного контакта с ней, и поддерживается в воздухе, главным образом, аэродинамической подъёмной силой, генерируемой на воздушном крыле (крыльях), корпусе, или их частях, предназначенных для использования действия «экранного эффекта».

Диапазон тактико-технических данных экранопланов (экранолётов) весьма велик:

Компания «Боинг» (проведя с разрешения Ельцина фото и киносъёмку КМ на Каспии) представила концепцию экранолёта для переброски воинских контингентов и военной техники к местам конфликтов

(проект Pelican). Было заявлено, что экранолёт будет иметь длину 152 м и размах крыльев 106 м. При движении на высоте 6 м над поверхностью океана (максимальная высота – 6000 м), Pelican³ будет перевозить до 1400 тонн груза на расстояние 16 000 км.

Авиационный ВПК «Сухой» впервые продемонстрировал свою новую разработку – экранолёт С-90 (главный конструктор Александр Поляков). Новый 3-режимный (самолёт, экраноплан и СВП) летательный аппарат предназначен для пассажирских и грузовых перевозок. Максимальный вес в первом варианте 7900 кг, во втором – 9500 кг и в третьем – 10500 кг. Нагрузка – 2500, 3100 и 4500 кг соответственно. Высота полёта – от 0,5 метра до 4000 метров. Дальность – свыше 3000 км.



Рис. 15. «Акваглайд»

³ Последнее упоминание о проекте датируется 2003 годом, более никаких сведений о Pelicane не публиковалось.

Наконец, существуют маломестные «речные такси» на базе экранопланов, (рис. 16).



Рис. 16. «Речное такси»

«ЭКИП»

Особое место среди СВП занимает «ЭКИП» Л. Н. Щукина, в начале 80-х годов продолжившим работы Бартини в объединении «ЭКИП» (ЭКИП – сокращение слов «экология и прогресс»), где проектировалась модель Л4-2. Это был бескрылый дисковидный экранолёт, с активным управлением пограничным слоем.

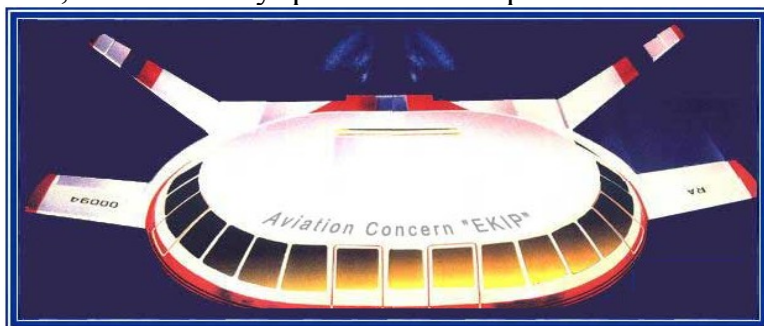


Рис. 17. Внешний вид ЭКИП (Л4-2)

По расчетам, Л4-2 со своей взлётной массой 600 тонн, мог нести полезный груз массой 200 тонн на дальность 8600 км. Шасси на воздушной подушке позволяло взлетать с неподготовленного грунта, воды льда. ЭКИП мог летать на высоте от 3 м до 10 км.

После кризиса перестроечного периода идея серийного производства наконец-то была поддержана на госуровне миноборонпромом, минобороны (головной заказчик) и минрослесхозом. В 1999 году разработка аппарата ЭКИП (в г. Королёв) была включена отдельной строкой в бюджет страны. Несмотря на это, финансирование было прервано⁴ и деньги так и не были получены.

После того, как оригинальные идеи Щукина получили мировую огласку, был объявлен общеевропейский грант на исследование управления обтекания тел большой относительной толщины, который выиграли несколько европейских университетов. В итоге была создана совместная европейская программа под названием «Вихревая ячейка-2050» (Vortex Cell 2050), с учётом перспективы на дальнейшие десятилетия.

Анализируя современное состояние маломестных летательных аппаратов, легко видеть, что требованиям, предъявляемым к персональным летательным аппаратам, в полной мере не отвечает ни один современный маломестный летательный аппарат, прежде

⁴ Создатель ЭКИПа Лев Николаевич Щукин сильно переживал за судьбу проекта и после многочисленных попыток продолжить проект на личные средства умер от сердечного приступа в 2001 году (на 69 году жизни).

всего, типа СВП, – трудно даже представить его с неизбежными воздушными потоками из-под днища на заполненных проходимыми улицах.

Не годятся и экранопланы, даже такие, как на рис. 18, – и они не могут обойтись без воздушных потоков, несовместимых с уличным движением, в особенности, пешеходами.



Рис. 18. Летательный аппарат «Стрела-10»

Несколько лучше обстоят дела с террамобилями, – по крайней мере, модели со складными крыльями вписываются в городские условия. Но, помимо хлопот с трансформацией, они предъявляют к взлётно-посадочным площадкам требования, близкие к самолётным, и вряд ли пригодны для российских дорог.

Постановка задачи

Базируясь на высказанных Евросоюзом соображениях, можно сформулировать следующие требования к маломестному персональному транспортному средству – *мобилю*:

1. По своим массо-габаритным данным мобиль должен быть близок к современному легковому автомобилю и иметь возможность парковаться как в открытых, так и закрытых многоэтажных паркингах, то есть в наземном режиме быть его аналогом.

2. Взлетать и садиться, используя площадки ограниченных размеров без специального покрытия и на скоростях, разрешённых для движения по улицам.

3. Летать на высотах от 0 до 100-150 м вне зависимости от подстилающей поверхности.

4. Обеспечивать безопасную аварийную посадку при поломке двигателя.

Для выполнения этих требований, по-видимому, необходимо создавать именно подъёмную, а не «подпирающую» силу, следовательно, использовать взаимодействие воздушного потока с крылом или, как в ЭКИПЕ, корпусом, служащим крылом.

А это, с учётом массо-габаритных требований, вынуждает искать пути увеличения подъёмной силы крыла без увеличения его площади и взлётной скорости. Именно такой путь и был предложен в патенте РФ № 2517777. В дальнейшем мы рассмотрим его подробно, но прежде необходимо, хотя бы коротко, освежить некоторые элементы теории крыла.

Немного теории

Создание подъёмной силы

Для создания подъёмной силы могут быть применены (и находят своё применение) три закона физики – закон Архимеда, закон сохранения импульса и уравнение Бернулли.

1. Закон Архимеда используют воздухоплавательные аппараты легче воздуха – воздушные шары (аэростаты и монгольфьеры) и дирижабли. В наших целях не применимы из-за больших объёмов несущей части.

2. Закон сохранения импульса, использование которого основано на отклонении воздушного потока и, соответственно, реакции этого потока.

Этот способ применялся нашими далёкими предками для воздушных змеев, которые далеко не всегда были игрушками. Так, моряки использовали хранившиеся на кораблях воздушные змеи для заброса при необходимости вспомогательных якорей (верпов).

Именно это натолкнуло А.Ф. Можайского на идею его самолёта. Та же идея использована в самолётах братьев Райт, в других бипланах и «этажерках», а также в современных дельтапланах. Однако, низкая удельная нагрузка на отклоняющую поток поверхность исключает подобный способ из рассмотрения.

3. Использование разностей давлений в воздушном потоке, обтекающем твёрдое тело. При обтекании твёрдого тела воздушный поток подвергается деформации, что приводит к изменению скорости, давления, температуры и плотности в струях потока.

Обтекание крыла

При обтекании тела воздушным потоком в потоке из-за его неразрывности локально изменяются скорости потока и, согласно уравнения Бернулли, зоны повышенных и пониженных давлений. Обтекание тела не симметричной формы (рис. 19) приводит к возникновению аэродинамических сил и моментов. Распределение этих сил зависит от характера обтекания тела, его положения в потоке, конфигурации тела.

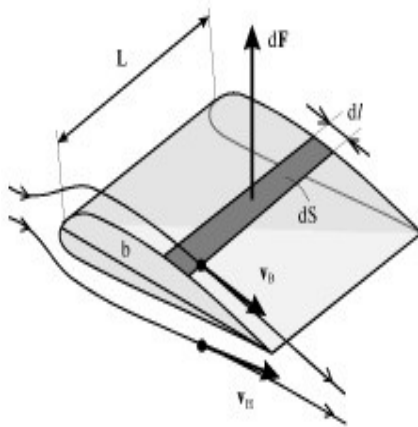


Рис. 19. Обтекание не симметричного крыла

Однако, разность давлений, создающее нужную нам подъёмную сила Y (рис. 19), создаёт и совершенно не нужные нам потоки, обтекающие крыло с его торцов и вдоль задней кромки.

Торцевые потоки создают так называемые «индуктивные вихри», увеличивающие лобовое сопротивление, а вихри задней кромки, внедряясь между поверхностью крыла и обтекающим её потоком, отрываются

ют поток от крыла, создают турбулентность и, в конечном итоге, ограничивают величину создаваемой крылом подъёмной силы.

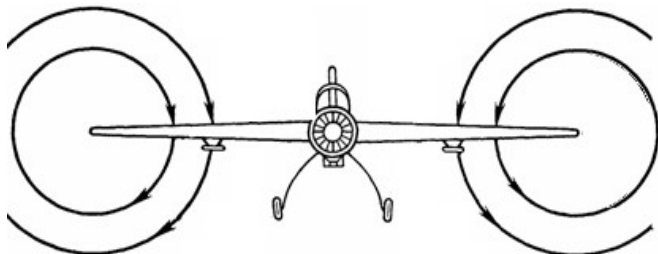


Рис. 20. «Индуктивные вихри»

Обычно с «индуктивными вихрями» довольно успешно справляются, устанавливая на торцах крыльев антииндуктивные щиты (например, на рулях высоты у хорошо известного пикирующего бомбардировщика Пе-2, да и у многих предыдущих и последующих самолётов), а вот вихри задней кромки долгое время оставались непобедимыми!



Рис. 20. Вихри задней кромки

Борьбе с ними посвящено множество патентов, в которых предлагаются способы управления пограничным слоем на верхней поверхности крыла, позволяющие «продлить зону ламинарности» и тем самым увеличить подъёмную силу без увеличения площади. Приведём в качестве примера некоторые из них.

Способы борьбы со срывом потока

Для улучшения аэродинамических характеристик профиля крыла, при обтекании которого градиент давления в потоке вызывает в кормовой части крыла отрыв потока от поверхности, повышают скорость воздуха, обтекающего верхнюю поверхность крыла. Одним из известных способов предотвращения срыва обтекания, является отсос воздуха из пограничного слоя.

Для отсоса воздуха из пограничного слоя с верхней обтекаемой поверхности крыла используют расположенные в ней отверстия и щели различных форм, которые соединяют с камерой разрежения, размещённой внутри крыла под его обтекаемой поверхностью.

Такое конструктивное решение позволяет осуществить необходимый отбор массы из приповерхностной области пограничного слоя, и тем самым улучшить условия обтекания профиля крыла.

По такому принципу работает устройство управления пограничным слоем, предлагаемое в патенте US № 4671474. Вихревое движение внутри камер поддерживается за счёт гидродинамического взаимодействия вихревого движения в камерах с внешним течением в зоне отверстий. При этом скорость внешнего потока в приповерхностной области возрастает, что приводит к безотрывному обтеканию профиля.

Однако, это устройство имеет ряд недостатков, основными из которых являются: сложность конструкции, высокий уровень сопротивления профиля крыла и большие энергозатраты на отсос вихревого потока,

связанные. с большим сопротивлением магистралей, соединяющих камеры с источником низкого давления.

В патенте ФРГ 1273338 устройство управления пограничным слоем, применённое в конструкции летательного аппарата, выполненного в виде тела толстого аэродинамического профиля, представляет собой ряд щелевых канавок, выполненных на обтекаемой поверхности тела, размещённых перпендикулярно потоку и соединённых с источником низкого давления.

Недостатками этого устройства являются повышенные энергетические затраты, обусловленные большим перепадом давления, который преодолевается приповерхностным потоком, так как отсос воздуха производится в местах минимального давления на обтекаемой поверхности, а вдув – в местах, где давление максимальное. Большие энергозатраты не позволяют получить высокое аэродинамическое качество ЛА.

В патенте РФ № 2015942 устройство управления пограничным слоем обеспечивает безотрывное обтекание поверхности крыла при меньших энергозатратах. Устройство содержит несколько размещённых друг за другом вихревых камер, выполненных в виде полостей в верхней поверхности кормовой части крыла и сообщённых с источником низкого давления.

В каждой вихревой камере установлено обтекаемое тело, образующее с внутренними стенками вихревой камеры кольцевой вихревой канал.

Вихревые камеры каналами соединены с единым газодинамическим трактом, сообщённым с источником низкого давления. Обтекаемое тело в полости ви-

хревой камеры позволяет за счёт естественного градиента давления получить циркуляционный режим течения, обеспечивающий безотрывное обтекание потоком верхней поверхности крыла при малых уровнях отсоса, и снизить энергозатраты в несколько раз по сравнению с решением патента ФРГ № 1273338.

Перечень патентов, посвящённых решению этой проблемы, можно продолжить, благо их не один десяток, но анализ всех таких патентов показывает, что в них борьба идёт со следствием – срывом потока, а не с причиной – отрицательным градиентом давления вдоль задней кромки крыла.

Устранение причины срыва потока

Вихри задней кромки крыла, вызывающие все перечисленные неприятности и ограничивающие величину удельной подъёмной силы, возникают за крылом на границе воздушных потоков, обтекающих крыло снизу и сверху. Именно разность давлений в них и создаёт подъёмную силу, следовательно, увеличение удельной подъёмной силы требует увеличения этой разности, то есть усиления вихрей, следовательно, увеличения отрицательного градиента и т.д.

Однако в конце предыдущего предложения и содержится основная ошибка. Дело в том, что подъёмную силу создаёт разность давлений **под** крылом и **над** крылом (по вертикали), а отрицательный градиент со всеми его неприятными свойствами – разность давлений **за** крылом и **над** крылом, то есть почти по горизонтали!

Но ведь именно горизонтальный воздушный поток создают тяговые движители ЛА, потребляющие расходуемую на полёт энергию. И поток этот направлен *навстречу* градиенту! Поэтому для уничтожения причины срыва ламинарного потока над крылом достаточно сделать поток от тяговых движителей плоским и расположить его вдоль задней кромки крыла.

Возможных решений здесь несколько:

- можно равномерно распределить тяговые движители по задней кромке толстого крыла малого удлинения так, чтобы они всасывали в себя воздушный поток, обтекающий крыло сверху;
- можно расположить в зоне возможного срыва потока на верхней поверхности крыла продольную щель, соединённую со всасывающими частями движителей, а их выходные части расположить непосредственно в задней кромке ;
- можно, наконец, забирать воздух в движители вдоль антииндукционных щитов, а выбрасывать его из задней кромки крыла по всей её длине...

Во всех этих случаях отрицательному градиенту будут противостоять тяговые движители, а зоны высокого и низкого давлений будут разделены высокоскоростным потоком, выходящем из тяговых движителей.

Конечно, в первом и втором вариантах всасывание воздуха в движители будет происходить из зоны пониженного давления, что потребует некоторых дополнительных энергозатрат, но это понижение давления будет почти полностью перекрыто скоростным напором набегающего потока.

Конструктивные решения

Первое из этих решений применено в моём патенте «Способ управления пограничным слоем на поверхности крыла толстого профиля и устройство для его реализации» (патент РФ № 2157777), запатентованное в котором устройство и представляет первый вариант – размещение тяговых движителей в корме ЛА, вдоль задней кромки крыла.

Патент не поддерживается и может быть использован без ограничений.

Модели ламинарного обтекания

Модель с кормовыми винтами

Поставленная задача решается тем, что набегающий поток направляют в канал, образованный на верхней поверхности крыла, и ускоряют тяговыми движителями летательного аппарата, установленным в канале в кормовой части крыла (рис. 21).

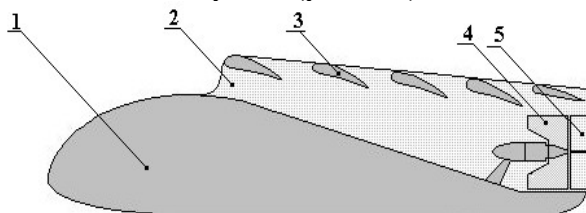


Рис. 21. Модель с кормовыми винтами:

1 – корпус-крыло, 2 – антииндуктивный щит, 3 – надкрылок, 4 – тяговый движитель, 5 – рули.

Согласно патенту № 2157777 устройство управления пограничным слоем на поверхности крыла толстого профиля содержит канал, образованный верхней поверхностью крыла, выступающими над ней верти-

кальными щитами, расположенными вдоль боковых кромок указанной поверхности, и системой надкрылков, соединяющих вертикальные щиты с образованием щелей, расположенных поперёк набегающего потока.

В конце канала, вдоль задней кромки крыла, установлены тяговые движители, всасывающие набегающий поток и ускоряющие его, сообщая ЛА продольную тягу и создавая плоский высокоскоростной поток, разделяющий зону пониженного давления (над крылом) от области нормального давления (под крылом).

Таким образом, для улучшения аэродинамики крыла используется энергия, расходуемая на всасывание воздуха в движитель, а нужный эффект достигается за счёт целесообразного использования выходного воздушного потока.

Давление в выходном потоке ещё ниже, чем над крылом (его скорость выше), поэтому выходной поток всасывает в себя дополнительные потоки воздуха извне, в том числе и сверху.

Для управления этими дополнительными потоками между щитами установлены поворотные надкрылки (обычного тонкого профиля) симметричного сечения, выполняющие также функции рулей высоты. Рули поворота установлены в тяговых движителях.

Тяговых движителей должно быть чётное число с попарно противоположным направлением вращения для исключения влияния гироскопических моментов движителей.

Приведённый в патенте РФ № 2157777 расчёт, даже без учёта кумулятивного эффекта надкрылков,

показывает, что при скорости летательного аппарата $V_1 = 15$ м/с и выходной скорости тяговых двигателей $V_2 = 70$ м/с подъёмная сила крыла составит около 3000 Н на квадратный метр площади крыла при выходном сечении аэродинамического канала равным 1 м^2 .

Для площади горизонтальной проекции крыла 5 м^2 общая подъёмная сила достигнет 1,5 тонн. В патенте приведён расчёт для двух тяговых двигателей. При этом крейсерская полётная скорость составит более 450 км/час (мощность тяговых двигателей 200 кВт).

Щелевая модель

Второй вариант решения – модель с поперечной всасывающей щелью и размещёнными в корпусе тяговыми двигателями – показана на рис. 22 (схема).

Щелевая модель содержит канал, образованный верхней поверхностью корпуса, имеющего форму толстого крыла, выступающими над ней вертикальными антииндукционными щитами, расположенными вдоль боковых кромок, и системой соединяющих щиты надкрылков в верхней части канала.

В канал направлен обтекающий корпус-крыло воздушный поток, при этом в нижней части канала, в зоне возможного срыва потока, расположена по всей ширине канала поперечная щель, соединённая с всасывающими частями тяговых двигателей (центробежные или осевые компрессоры), размещённых внутри кормовой части корпуса-крыла.

Тяговые двигатели работают на общий коллектор-конфузор, формирующий горизонтальный плоский воздушный поток, равномерно распределённый по

всей задней кромке корпуса-крыла и отсекающий зону пониженного давления над крылом от зоны нормального давления под крылом.

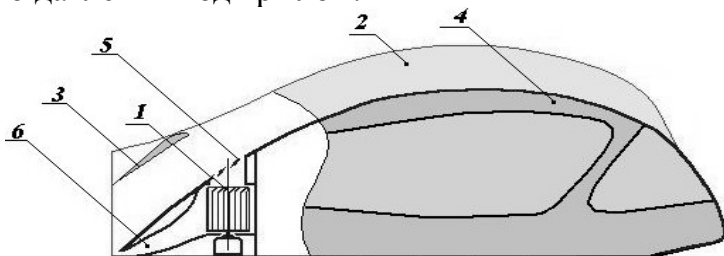


Рис. 22. Щелевая модель – схема.

Конструкция пояснена рисунком 22, где 1 – тяговые движители, 2 – боковые антииндукционные щиты, 3 – надкрылки, 4 – корпус аппарата, выполненный в виде толстого крыла (корпус-крыло), 5 – всасывающие щели движителей, 6 – выходной коллектор-конфузор.

Щиты 2, установленные вертикально на боковых поверхностях корпуса-крыла вдоль потока обтекания, исключают индуктивные завихрения у боковых оконечностей корпуса-крыла. Надкрылки 3, установленные в верхней части щитов 2 и соединяющие их, направляют в канал дополнительные воздушные потоки, позволяя при изменении углов атаки надкрылков регулировать величину и точку приложения равнодействующей подъёмной силы, а при отрицательном угле атаки, частично выводя воздушный поток из канала, доводить подъёмную силу до нуля и отрицательных значений. Каждый надкрылок имеет форму симметричного крыла тонкого профиля.

Расположение и количество надкрылков в конкретных решениях может быть уточнено в процессе

конструирования с учётом параметров движителей и профиля корпуса-крыла таким образом, чтобы обеспечивать в полёте равномерное распределение входного воздушного потока по поверхности корпуса-крыла.

Изменение угла атаки отдельных надкрылков обеспечивает смещение точки приложения равнодействующей подъёмной силы, а при наземном движении – срыв потока и обнуление подъёмной силы.

Установленные в кормовой части корпуса-крыла тяговые движители всасывают пограничный слой воздуха с верхней поверхности корпуса-крыла через всасывающие щели, ускоряют его и выбрасывают в горизонтальной плоскости через коллектор-конфузор, обеспечивая изоляцию зоны пониженного давления от слоёв воздуха, обтекающих корпус-крыло снизу.

Размещение тяговых движителей внутри корпуса-крыла исключает воздействие вращающихся движителей на обтекающий воздушный поток. Количество тяговых движителей определяется конструктивными особенностями ТС, но оно должно быть чётным с попарно противоположным направлением вращения для компенсации гироскопического эффекта.

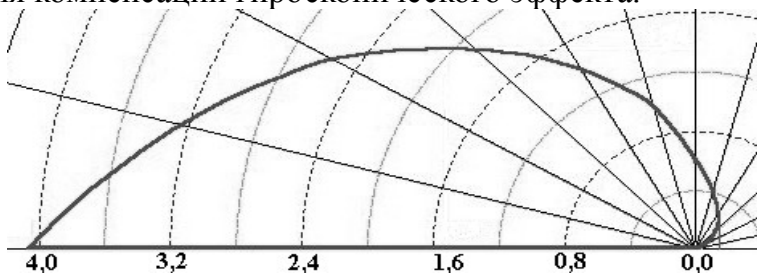


Рис. 23. Огибающая крыла $R(\varphi) = 0,2\varphi^2 + 0,1\varphi^3$

Ориентировочный расчёт щелевой модели профиля рис. 23 показывает, что для ТС с параметрами:

- длина $L = 4,0$ м;
- ширина $D = 1,8$ м;
- высота $H \sim 1,25$ м;
- сечение миделя $S_{\text{мид}} = 2,25$ м²;
- коэф. лобового сопротивления: $G = 0,5$;
- взлётная масса $M_{\text{мах}} = 800$ кг

взлётная скорость (при подъёмной силе 8350 Н) составит 15 м/с (54 км/час),

а крейсерская – 30 м/с (108 км/час) при выходной мощности ~ 66 (кВт).

При этом максимальная подъёмная сила составит $F_{\text{мах}} \sim 12000$ Н (1,2 тонны).

Модель с внешними воздухозаборниками

Модель, реализующая третий вариант, в котором тяговые движители выполняют сразу две функции: всасывают воздух с внешних сторон антииндукционных щитов, противодействуя тем самым возникновению торцевых вихрей, а выходным потоком срывают вихри задней кромки, наиболее перспективна.



Рис. 24. Возможный вид модели с внешними воздухозаборниками

Но она и наиболее трудна для расчёта, так как распределение интенсивности торцевых вихрей вдоль щитов зависит не только от разности давлений под крылом и над ним, но и от скорости самого ЛА. Воздухозаборник же в каждом своём сечении должен обеспечивать наиболее полный захват вихревого потока, то есть его сечение – функция и продольной координаты, и переменной скорости ЛА.

Решение, видимо, следует искать в разделении каждого из бортовых воздуховодов на несколько самостоятельных, питающих осевые компрессоры, также независимые друг от друга, но работающих на общий коллектор-конфузор. Такое решение позволит, управляя каждым компрессором отдельно, локально менять производительность воздухозаборников, подстраивая воздухозабор к текущим условиям полёта.

Расщепление потоков не окажет существенного влияния на массу аппарата, так как увеличение числа компрессоров (по меньшей мере до 4-х) способствует увеличению безопасности и уже поэтому желательно.

Однако, обтекание такой конструкции трудно моделировать и физически, и математически. По крайней мере, до сих пор автору это не удалось. Расчёт тоже пока не выполнен. Поэтому к моменту написания книги автор располагает только общими соображениями, экспериментально ничем не подтверждёнными.

Сравнение моделей

Перечисленные выше модели, разумеется, имеют свои достоинства и недостатки. Так, в модели с кормовыми двигателями размещение двигателей в основном потоке ведёт, в конечном счёте, к заметному увеличению лобового сопротивления, зато винтовые двигатели более устойчивы к попаданию в них водяных брызг и других мелких предметов.

Они имеют большой диапазон регулирования скорости и способны эффективно работать на сравнительно больших скоростях, конечно, расплачиваясь за это бо'льшими энергозатратами. Так, при крейсерской скорости ~ 300 км/час необходима мощность ~ 100 кВт, а скорость 450 км/час требует 200 кВт.

Возможность повышения горизонтальной тяги при практически неизменной подъёмной силе делает этот вариант удобным для применения в водно-воздушных мобилях.

Компрессорные двигатели целевого мобилля имеют гораздо меньший диапазон изменения горизонтальной тяги, но внешне такой мобиль наиболее близок к автомобилю и более всего подходит для эксплуатации в городских условиях. Двигаясь по земле на колёсах, он впишется в уличное движение и способен парковаться так же, как обычный автомобиль.

Что касается третьего варианта, мобилля с внешними воздухозаборниками, то априорно можно предположить, что он может превзойти их в экономичности, хотя судить об этом без соответствующих расчётов преждевременно.

Схемы реализации

Основные требования к мобиле как летательному аппарату очевидны:

1. Обеспечение безопасной посадки при отказе двигательной установки.

2. Минимизация веса.

Первое требование особенно актуально из-за активного способа создания подъёмной силы – остановка движителя ведёт к срыву потока обтекания и практически полному исчезновению подъёмной силы.

Наличие двух типов движителей – полётных и поверхностных (колёс или гидродвижителей) – и необходимости подвода энергии к ним однозначно определяет выбор гибридной схемы. Именно эта схема минимизирует массу трансмиссий и ЛА.

Она же наилучшим образом способна обеспечить безопасную посадку, так как включает в себя аккумулятор достаточно большой ёмкости, способной обеспечить питание движителей на время аварийной посадки летательного аппарата.

Мобили «Земля – Воздух»

Мобиль на основе щелевой модели

Наиболее удачным решением, как следует из предварительного сравнения моделей, для такого мобиля может служить щелевая модель.

Учитывая вышеизложенные требования к ЛА, наиболее подходящей базой из существующих сейчас автомобилей может служить Ё-мобиль. Он построен

по гибридной схеме, содержит аккумуляторы достаточно большой ёмкости и конструктивно лёгок.

По сути дела, на Ё-мобиле достаточно установить кузов соответствующего профиля и полётные движители с электроприводом. Выглядеть такой мобиль может так, как показано на рис. 25.



Рис. 25. Возможный внешний вид мобиля на основе целевой модели.

Достоинства такого мобиля в том, что при эксплуатации в условиях города он даже внешне ничем (кроме выступающих сверху щитов) не отличается от обычного автомобиля ни в движении, ни на стоянке.

Мобиль на основе других моделей

Мобиль с кормовыми винтами мало в чём уступит щелевому мобилю (кроме антивандальной устойчивости), но менее экономичен. Его также легко построить на базе Ё-мобиля. По своей сути такая модель гораздо больше подходит для модуля «Вода-Воздух», где винтовые движители могут работать в обоих режимах движения, позволяя тем самым существенно упростить и облегчить ЛА. Третья модель, видимо, также более пригодна для мобиля «Вода-Воздух».

Мобили «Вода – Воздух»

Мобиль с кормовыми винтами

Наиболее удачным решением, как следует из предварительного сравнения моделей, для такого мобиля может служить модель с кормовыми винтами, так как она наиболее устойчива против водяных брызг, которых не избежать как при движении по воде, так и, особенно, при взлёте и посадке (рис. 26).

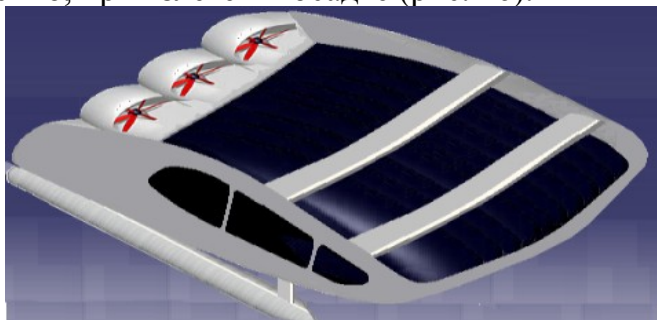


Рис. 26. Мобиль с кормовыми винтами

Кроме того, отсутствие ограничений по ширине позволяет, за счёт удлинения крыла, существенно увеличить грузоподъемность мобиля. Эта особенность позволяет рассматривать модуль с кормовыми винтами как своего рода водо-воздушный пикап, пригодный для транспортировки мелких грузов, но не как персональное транспортное средство.

Но, с другой стороны, он может найти применение в военной сфере – между поплавками легко подвесить ракеты и другое вооружение, превратив мобиль в малозаметное, быстроходное средство нападения, способное базироваться в самой бездорожной местности и внезапно атаковать.

Мобиль с внешним воздухозабором

Мобиль с использованием третьей модели – с внешним воздухозабором – может оказаться водно-воздушным аналогом щелевого модуля.



Рис. 27. Мобиль с внешним воздухозабором

Он может оказаться гораздо легче своего земного аналога, так как его полётные движители могут быть универсальным приводом (работать и в полёте, и на воде), благо выхлопная струя не угрожает пешеходам, поскольку их на воде просто-напросто нет.

По сути дела, такой мобиль может быть востребован на болотистых просторах Западной Сибири, став летним аналогом широко используемых там в зимнее время аэросаней.

Кстати, именно там может найти применение и водная модификация щелевого мобиля, на котором вместо колёс установлены поплавки. Разумеется, в этом случае полётные движители также становятся универсальными.

Заключение

Повышение мобильности населения Земли выдвигает на первый план проблему дорог даже в густо населённой Европе, что уж говорить о России, в которой она давно уже стала национальной.

Помимо расходов на строительство дорог, их текущий и капитальный ремонт, нельзя не учитывать, что с каждым годом всё большие площади покрываются асфальтом (или чем-то ещё) и на них уже ничего не растёт. Мало того, что эти земли выводятся из сельхозоборота, так они выводятся также и из «кислородооборота», что хорошо видно в той же Европе.

Предложенное в патенте РФ № 2157777 решение и описанные в этой книге конструкции позволяют вывести личный транспорт в третье измерение, обеспечив тем самым рост мобильности населения независимо от количества и качества дорог, что очень актуально для России.

Конечно, грузовые перевозки по-прежнему будут нуждаться в дорогах, но требования к ним совсем иные. Для грузовых перевозок требуется дорожная структура в виде дерева магистралей, а не сплошной многосвязной сети. Ясно, что такая структура гораздо менее затратна и экономически, и экологически.

Освоение личным транспортом третьего измерения позволяет также надеяться на ликвидацию пробок, как таковых. Правда, придётся всерьёз озаботиться системой обеспечения воздушного движения и предотвращения столкновений в воздухе, но это вторая сторона медали.

Оглавление

Предисловие.....	3
Маломестные ЛА.....	6
Прототипы МЛА.....	7
Террамобили.....	7
Гидромобили.....	15
Постановка задачи.....	25
Немного теории.....	26
Создание подъёмной силы.....	26
Обтекание крыла.....	27
Способы борьбы со срывом потока.....	29
Устранение причины срыва потока.....	31
Конструктивные решения.....	33
Модели ламинарного обтекания.....	33
Модель с кормовыми винтами.....	33
Щелевая модель.....	35
Модель с внешними воздухозаборниками.....	38
Сравнение моделей.....	40
Схемы реализации.....	41
Мобили «Земля – Воздух».....	41
Мобиль на основе щелевой модели.....	41
Мобиль на основе других моделей.....	42
Мобили «Вода – Воздух».....	43
Мобиль с кормовыми винтами.....	43
Мобиль с внешним воздухозабором.....	44
Заключение.....	45