

**ОЛИМПИАДА ШКОЛЬНИКОВ «ШАГ В БУДУЩЕЕ»
ПО ПРОФИЛЮ «ИНЖЕНЕРНОЕ ДЕЛО»**

регистрационный номер

Секция: Многоцелевые роботы и летательные аппараты

**ЛЕТАТЕЛЬНЫЙ АППАРАТ
ДЛЯ ТРУДНОДОСТУПНЫХ РЕГИОНОВ**

Автор:

Литвин Станислав Семенович,
ГБОУ «Бауманская инженерная
школа № 1580», 9 класс

Научные руководители:

Машков Константин Юрьевич,
МГТУ им. Н.Э. Баумана, каф. СМ9,
к. т. н., доцент;
Чумаченко Алексей Иванович,
Технопарк «Наукоград» МФЮА,
преподаватель дополнительного
образования

Аннотация

Предметом исследования является аэродинамическая компоновка летательного аппарата, предназначенного для перевозки грузов в труднодоступные районы северной части России и Дальнего Востока.

Летательные аппараты (ЛА) традиционной аэродинамической схемы (фюзеляж в виде трубы и несущие крылья) показывают свою экономическую неэффективность в этих районах из-за необходимости строительства большого количества качественных длинных взлетно-посадочных полос. Я считаю, что эффективным решением проблемы могут быть ЛА, основанные на нестандартной аэродинамической схеме. **Целью** проекта является поиск аэродинамической схемы ЛА, позволяющей снизить требования к аэродромной инфраструктуре и перевозимому грузу, с изготовлением действующей радиоуправляемой модели.

Для достижения этой цели было необходимо решить **задачи**:

- анализа имеющихся решений, разработки собственной конструкции ЛА с поиском соотношений размеров и форм, размещения узлов и элементов аэродинамического управления, силовой установки;
- изготовления нескольких вариантов действующих моделей с их последующими испытаниями в полете и доработкой.

Анализ недостатков типовой аэродинамической схемы самолетов позволил мне остановиться на альтернативной схеме - «несущий корпус с каплевидным профилем». Я считаю ее перспективной для достижения поставленной цели проекта. Для проверки этого я использовал моделирование - мной лично были изготовлены радиоуправляемые модели, на которых я проверил возможности управления, устойчивость в полете, определил нагрузочную способность и другое.

На основе серий испытаний я сделал выводы, что ЛА, построенные по аэродинамической схеме с несущим корпусом:

- 1) являются перспективными для создания авиапарка со сниженными требованиями к аэродромам;
- 2) имеют бóльшую свободу к форм-фактору перевозимого в них груза и высокое соотношение «полезный объем/размеры», что позволяет их использовать как универсальные транспортные платформы;
- 3) обладают повышенной живучестью конструкции.

Областью применения результатов проекта являются созданные ЛА, которые станут основой будущего авиапарка в районах Крайнего Севера, Северного морского пути, на Дальнем Востоке и обеспечат выполнение поручений Президента РФ и Плана правительства по развитию России. Создаваемые ЛА позволяют:

- доставлять крупногабаритные грузы непосредственно к месту назначения с безаэродромной посадкой/взлетом на воду, снег, ровное поле. Грузом могут быть неразборные конструкции, которые не умещаются в фюзеляж типового самолета среднего класса;
- обеспечить быструю смену типа груза ЛА с помощью стандартизованных сменных модулей-капсул (пассажирских, спасательных, медицинских, грузовых и их комбинаций).

Результаты проекта также могут применяться для создания малогабаритных беспилотных ЛА (БПЛА), обладающих большим полезным объемом при малых габаритах с повышенной прочностью и живучестью при внешнем воздействии на них.

Содержание

Аннотация.....	2
Содержание.....	4
Введение	5
1 Разработка действующей модели ЛА с несущим корпусом	13
1.1 Разработка первого варианта модели	13
1.2 Испытания на корде.....	16
1.3 Доработка модели (второй вариант).....	16
1.4 Итоговая конструкция созданной модели. Ее параметры, себестоимость.....	19
Заключение.....	21
Список использованных источников.....	24

Введение

Развитие Северного морского пути (СМП) – это стратегическая задача, стоящая перед нашей страной на ближайшее десятилетие. Ее решение позволит как создать наикратчайший транспортный путь для международных перевозок между Европой и Азией (рисунок 1а), так и стать основой для развития Сибири, Арктики и Дальнего Востока.

На рисунке 1а показаны морские пути, соединяющие страны Европы и Азии, - Южный путь через Суэцкий канал (отмечен красным цветом) и Северный путь (отмечен синим). Расстояние из голландского порта Роттердам до японского порта Иокогама по Южному морскому пути составляет 11205 морских миль, а при использовании СМП - 7345 морских миль. Так, в среднем для перехода из Европы в Китай при использовании Суэцкого канала нужно 35 дней и 875 тонн мазута, а по Севморпути нужно всего 25 дней и 625 тонн мазута [1].

Другая стратегическая задача России – развитие Дальнего Востока в свете сближения России с Китаем и другими странами Востока. Президент России обозначил Дальний Восток приоритетным регионом и поставил задачу повысить связанность территорий. СМП обеспечивает связь между ключевыми промышленными кластерами страны и используется для доставки полезных ископаемых от Норильского комбината, Восточно-Сибирского нефтегазового комплекса, добывающих предприятий Якутии, Магадана, Чукотки, лесоэкспортирующими предприятиями Архангельской области и многих других.

В настоящий момент реализуется Федеральный проект «Развитие Северного морского пути», создано Министерство развития Дальнего Востока, на государственном уровне приняты программы развития регионов, указы и постановления.

Для того, чтобы СМП работал эффективно, нужно модернизировать порты или построить новые (рисунок 1б), обустроить склады, инфраструктуру и обеспечить безопасность, включая при необходимости быстрые аварийно-спасательные работы.



(а)



(б)

а - варианты транспортных путей, соединяющих страны Европы и Азии,
б - основные порты СМП

Рисунок 1 – Северный морской путь

Однако, существуют проблемы, затрудняющие быструю реализацию планов. И в первую очередь, - транспортные. При высокой стоимости строительства дорог на вечной мерзлоте очень трудно улучшить транспортную доступность населенных пунктов в удаленных регионах. Согласно последнему докладу Министерства транспорта, стоимость 1 км дороги в 2 полосы на вечной мерзлоте составляет 170 млн. руб. К этой стоимости добавляются значительные затраты на оперативную уборку снега и текущий ремонт.

Имеющийся авиационный транспорт требует развитой аэродромной сети с длинными взлетно-посадочными полосами, которые строить в северных районах чрезвычайно сложно. Поэтому авиация сейчас доступна только в крупных городах. Во многих отдаленных регионах России - сложный климат, и самолеты должны быть приспособлены к нему. Сейчас основными самолетами являются АН-72 и ИЛ-76, но они сейчас уже изношены и устарели.

Для безопасности СМП недостаточно наземной поисково-спасательной техники и судов - нужна специальная безаэродромная спасательная авиация.

Целью моего проекта является поиск аэродинамической схемы ЛА, позволяющей снизить требования к аэродромной инфраструктуре и перевозимому грузу, с изготовлением действующей радиоуправляемой модели.

В результате изучения публикаций и научных статей (например, [4, 5]) мне стало ясно, что типовая аэродинамическая схема самолетов кардинально не позволяет снизить требования к аэродромам. Пространственное разнесение силы тяжести и подъемной силы (точки приложения сил тяжести распределены вдоль фюзеляжа-трубы, а подъемная сила крыльев - поперек) требует пристального внимания к конструкции центроплана и является «узким местом» прочности всей конструкции. Фюзеляж в виде трубы диктует жесткие условия к фактору и размерам перевозимого груза, а попытки увеличить диаметр фюзеляжа неизбежно приводят к существенному росту лобового сопротивления.

Решением описанных проблем может быть использование альтернативной схемы - «аэродинамически несущий корпус» [5, 4]. В таблице 1 я показал результаты сравнения ее с традиционной аэродинамической компоновкой самолетов. При сравнении я рассмотрел эксплуатационные критерии и вопросы безопасности.

Таблица 1 – Достоинства и недостатки ЛА с разными аэродинамическими компоновками

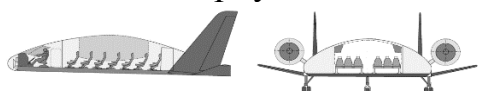
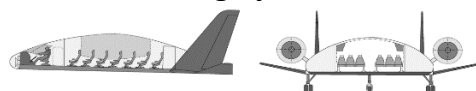
Критерии сравнения	Аэродинамическая компоновка	
	Традиционная самолетная 	«Аэродинамически несущий корпус» 
Обеспечение прочности конструкции	\pm <i>Затраты на укрепление центроплана. Соотношение объем/габариты - низкое (за счет длинных крыльев и фюзеляжа)</i>	$+$ <i>Вектора веса и подъемной силы соосны. Соотношение объем/габариты - высокое</i>
Требования к аэродромам	$—$ <i>Жесткая зависимость от длинных ровных взлетно-посадочных полос из-за высокой скорости взлета/посадки</i>	$+$ <i>Меньшие взлетно-посадочная полоса за счет большей подъемной силы. Возможен безаэродромный взлет/посадка на ровные поверхности (лед, снег, вода)</i>
Полезный объем	\pm <i>Небольшой, определяется фюзеляжем-трубой. При попытке увеличить, растет лобовое сопротивление</i>	$+$ <i>Большой. Используется внутренний объем несущего крыла</i>
Грузо-подъемность	\pm <i>Небольшая. Возможно увеличение только за счет роста площади крыла и механизации</i>	$+$ <i>Высокая. Обеспечивается большой поверхностью корпуса, на которой возникает подъемная сила</i>
Управляемость	$+$ <i>Хорошая (за счет большого расстояния от продольной оси до аэродинамических элементов управления)</i>	\pm <i>Требует дополнительного внимания (из-за малого расстояние от оси до элементов управления; рули в зоне турбулентности)</i>

Таблица 1 (продолжение)

Критерии сравнения	Аэродинамическая компоновка	
	Традиционная самолетная	«Аэродинамически несущий корпус»
		
Возможность повысить экономичность в полете	— <i>Невозможно</i>	+ <i>Можно (используя экранный эффект при полете над большими снежными, ледяными и водными поверхностями)</i>
Безопасность	± <i>Основные аварии происходят при взлете-посадке при высокой скорости</i>	± <i>Низкая скорость взлета-посадки, но хуже устойчивость планирования при отказе двигателей</i>

Обобщая результаты сравнения, становится ясно, что решить транспортные проблемы развития северных территорий страны можно с помощью создания новых летательных аппаратов (ЛА) – экранолетов, принципиально отличающихся от традиционных самолетов по своей аэродинамической схеме. За счет более высокой подъемной силы возможно уменьшить скорость взлета/посадки, а следовательно, снизить требования к аэродромам, а за счет большого внутреннего объема – требования к фактору груза.

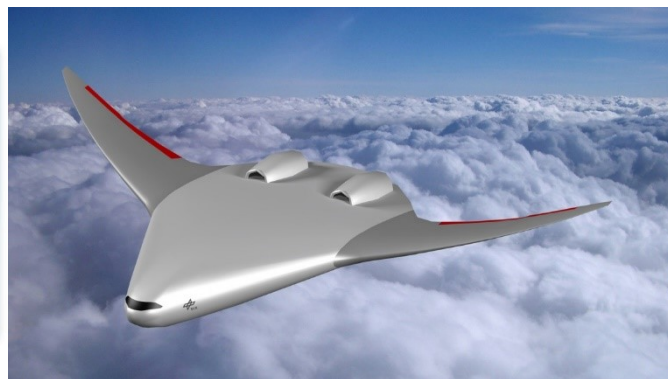
Идея создать такие ЛА периодически встречается у разных авиаконструкторов. Это и проект Спираль 70-х годов [6], и разработки Льва Николаевича Щукина (ЭКИП) [7], и идеи построения в современных конструкторских бюро Боинга [4], ЦАГИ, предложения студентов МАИ (рисунок 2).

На сайте ЦАГИ [8] подчеркивается, что одним из важнейших направлений развития является «разработка нетрадиционной авиационной

техники, которая может обеспечить качественный скачок по сравнению с эволюционным совершенствованием». По их оценкам использование новых перспективных аэродинамических схем «может снизить эксплуатационные расходы в такой же степени, как и достижения по созданию обычных дальних магистральных самолетов за последние 40 лет».



(а)



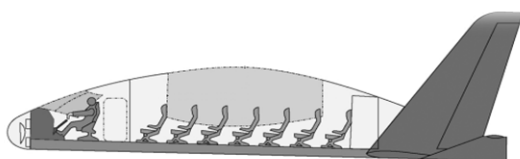
(б)



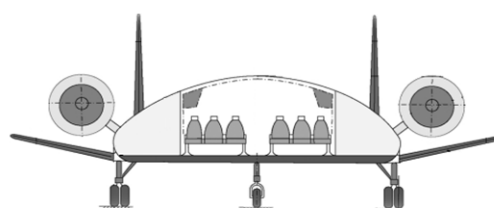
(в)



(г)



(д)



а - проект «Спираль», 1975 г. (Г.Е. Лозино-Лозинский),

б - проект компании «Боинг»,

в - конструктивная идея ЦАГИ,

г, д - предложение студентов МАИ

Рисунок 2 – Прототипы ЛА с несущим корпусом

Отдельно следует отметить конструкторскую идею Льва Николаевича Щукина. Это проект экранолета ЭКИП [7], над которым шла работа в 80-х и 90-

х года прошлого века в авиаконцерне «ЭКИП» (один из вариантов показан на рисунке 3), однако из-за прекращения финансирования государством работы были свернуты. Предложенные им летательные аппараты предназначались для полетов не только за счет экранного эффекта, который проявляется на малой высоте - до 5...10 м от земли (что используют классические экранопланы), но и для полетов на большой высоте (до 10 км) – и поэтому их следует отнести к экранолетам.

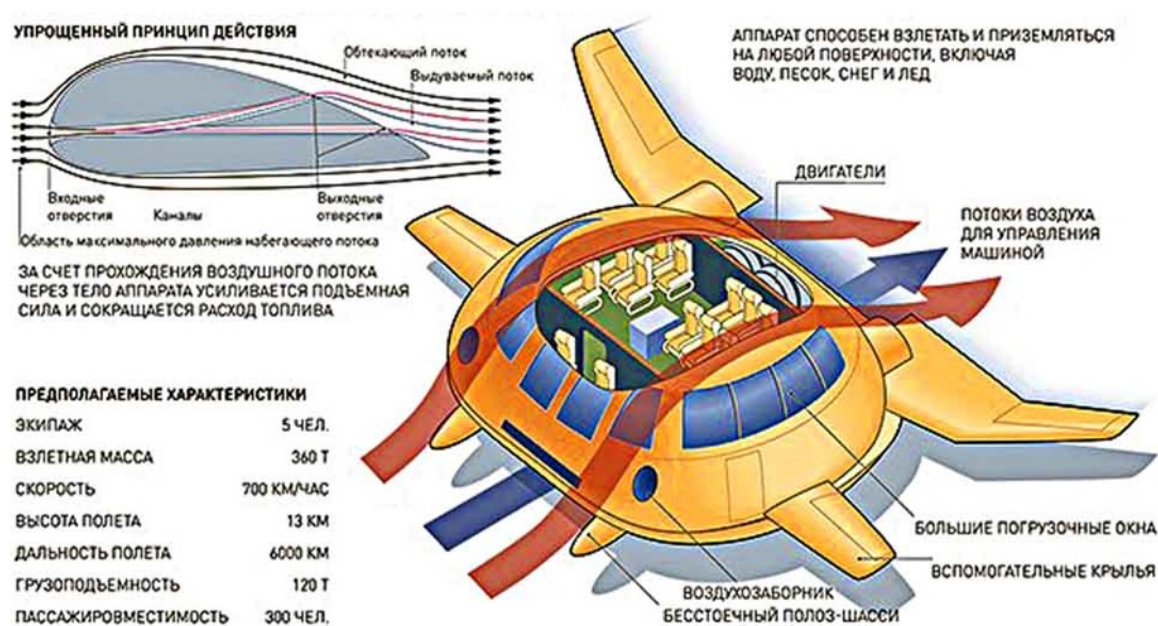


Рисунок 3 – Проект «ЭКИП» (Экология и прогресс) Льва Щукина, 1990 г.

Следует отметить, что несмотря на наличие публикаций о перспективности такой компоновки ЛА (особенно у нас в стране), до сих пор в мире не существует действующих ЛА с аэродинамической компоновкой типа «несущий корпус», поэтому **разработка в России таких экономически перспективных ЛА чрезвычайно актуальна.**

В своей работе я выбрал каплевидный профиль корпуса ЛА (рисунок 4), который отличается от модели студентов МАИ [5] лучшей сходимостью воздушных потоков в кормовой части. Я считаю такую компоновку перспективной для достижения поставленной цели проекта.



Рисунок 4 – Каплевидный профиль модели предлагаемого мной ЛА

Для достижения поставленной в проекте цели при работе над проектом я решал следующие **задачи**:

- поиск информации об имеющихся ЛА с аэродинамически несущим корпусом и исследованиях в области их конструирования;
- сравнение достоинств и недостатков традиционной аэродинамической схемы самолетов и схемы ЛА с несущим корпусом;
- проектирование и последующее изготовление собственной конструкции действующей модели радиоуправляемого ЛА с поиском соотношений размеров и форм, размещения узлов и элементов аэродинамического управления, силовой установки;
- испытания модели на корде (тросе);
- доработка модели;
- испытания доработанной модели на корде;
- испытания готовой модели в свободном радиоуправляемом полете.

В рамках практического моделирования мной лично были изготовлены радиоуправляемые модели, на которых я проверил возможности управления, устойчивость в полете, определил нагрузочную способность и другое.

Таким образом, в проекте я использовал теоретические методы: анализ источников информации, расчет параметров модели, а также практические: моделирование и сравнительные испытания.

1 Разработка действующей модели ЛА с несущим корпусом

1.1 Разработка первого варианта модели

Перед созданием модели ЛА я разработал 3D-модель в программе Blender 3D, с помощью нее я разбил модель ЛА на детали (рисунок 5), выяснил соотношение их размеров и профили, определил геометрическую компоновку.

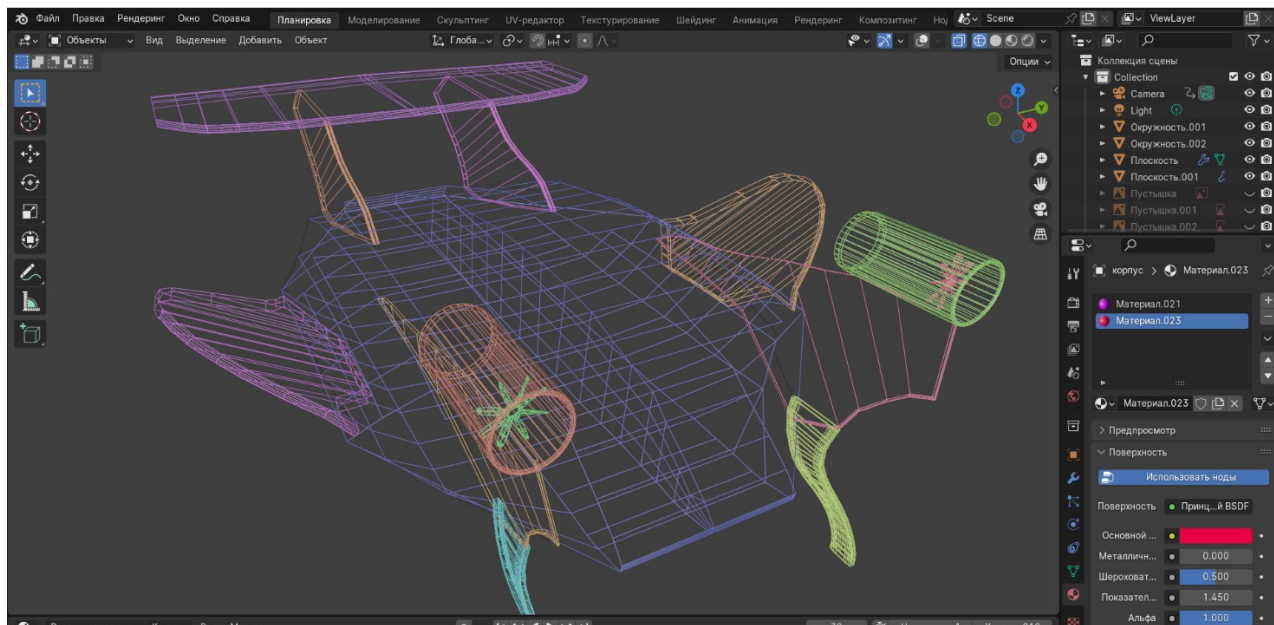


Рисунок 5 – 3D-модель в программе Blender 3D (разбивка на детали)

На этапе проектирования я планировал, что в качестве силовой установки в модели, в конечном счете, будут использованы импеллеры (они показаны схематично). Однако, в ходе работ этого года пришлось пока ограничиться бесколлекторными электродвигателями с пропеллерами из-за уточнения требований к характеристикам импеллеров в ходе испытаний модели, а также сильно возросшей цены импеллеров (что не позволяло их покупать «про запас»).

Т.к. ЛА с аэродинамически несущим корпусом являются редкими, и мне не удалось найти информацию по проектированию, я воспользовался анализом параметров широко распространенных авиамоделей самолетного типа (исходя из публикаций о них). В большинстве моделей (исключая пилотажные, гоночные) удельная нагрузка на крыло составляет 25 - 40 г/дм². Ожидаемая масса моей модели составляла 4 - 4,5 кг (исходя из веса материалов и узлов).

Таким образом, значение площади аэродинамически несущей поверхности модели должно быть в диапазоне 115 - 155 дм².

Перед мной стояла задача проектирования геометрии несущей поверхности при обеспечении ее необходимой площади. Для этого я использовал геометрические построения с разбиением сложной по форме несущей поверхности на простые фрагменты, вычислением площадей всех из них, а после этого - масштабирования общих размеров, чтобы достичь необходимой площади.

Мне было необходимо определиться с параметрами двигателей и пропеллеров к ним. Поискав информацию на форумах авиамоделистов в Интернете, и проведя серию экспериментов с несколькими двигателями и пропеллерами (измерялась сила тяги), я подобрал винтомоторную пару. На модель устанавливались две силовых установки. Каждая состояла из:

- бесколлекторного электродвигателя E-Flite Power 10 BL (Brushless) Outrunner Motor (1100 kV, 3S, 375 Вт);
- пропеллера типа 14×7;
- аккумулятора Vant Battery 5200 mAh 3S 11,1 V.

В качестве радиооборудования и сервоприводов использовались:

- пульт радиоуправления Flysky FS-i6X;
- приемник Flysky FS-i6B;
- сервомашинки Micro Servo 9g SG90 (усилие на валу 1,6 кг/см) для раздельного управления элеронами и элевонами.

Каркас модели (рисунок - каркас модели,

б - натяжка пленки нагревом,

в - общий вид модели до установки двигателей и шасси,

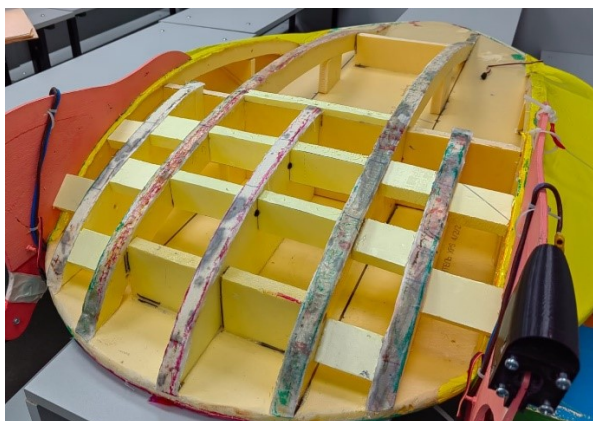
г - подключение радиооборудования,

д - два приборных отсека для аккумуляторов и радиооборудования,

е - юстировка сервоприводов, настройка пульта

Рисунок 6) изготавливался из пенополистирола, он имеет нервюры с поперечными перегородками, что образует коробчатую конструкцию. Для

увеличения жесткости модели шасси и моторамы изготовлены из фанеры. Для улучшения стабильности по крену боковые поверхности выполнены под углом 60 градусов. Стабилизатор модели и стойки являются съемными для удобства транспортировки. Для облечения модели для внешней обшивки использовалась лавсановая пленка. Аккумулятор и радиооборудование размещалось в люке, встроенном в нижнюю поверхность.



(а)



(б)



(в)



(г)



(д)



(е)

- а - каркас модели,
б - натяжка пленки нагревом,
в - общий вид модели до установки двигателей и шасси,

- г - подключение радиооборудования,
- д - два приборных отсека для аккумуляторов и радиооборудования,
- е - юстировка сервоприводов, настройка пульта

Рисунок 6 – Некоторые работы при изготовления первой действующей модели

1.2 Испытания на корде

Испытания проводились с целью проверки основных систем, балансировки масс, регулировки рулей высоты, проверки степени управляемости. Краткий видеоролик полета можно представлен в папке, посвященной проекту по ссылке <https://disk.yandex.ru/d/2mC7or1eSOj0lw> или QR-коду:



После проверки характера движения модели по поверхности при увеличении силы тяги выполнялся взлет с выходом на экранный режим (на высоте около 1 м). Была произведена балансировка модели с помощью смещения аккумуляторов и небольшого смещения вперед двигателей, была найдена оптимальная точка крепления корда к модели. Следующим этапом был выход на горизонтальный полет на большей высоте (5-6 метров) и проверка управляемости рулями высоты, выполнение тангажа. Во всех случаях контролировалась стабильность системы радиоуправления, электропитания (по обратному радиоканалу телеметрии) и корректность работы сервоприводов.

В ходе испытаний стало ясно, что модель уверенно взлетает и садится, выполняет стабильный полет, силовая установка имеет значительный запас тяги, рули высоты хорошо справляются с вертикальным управлением модели.

Однако выяснилось, что легкая лавсановая пленка обшивки модели (широко используемая в небольших моделях) деформируется под набегающим потоком воздуха и способствует сильной турбулентности в носовой части.

1.3 Доработка модели (второй вариант)

Было решено заменить обшивку модели на тонкий пенополистирол (3 мм) с одновременным увеличением жесткости корпуса (рисунок 7). Было доработано заднее шасси - теперь оно является поворотным и оснащено пружиной (рисунок 8). Модель готовится к зимним испытаниям в свободном полете на улице, поэтому я изготовил для нее лыжи. Из-за изменений в конструкции модели нарушалась балансировка. Для компенсации смещения масс пришлось переносить приборный отсек с аккумуляторами.



(a)



(б)

а - замена на тонкий полистирол,

б - итоговый вид после шпатлевки и покраски

Рисунок 7 – Замена обшивки модели



(a)



(б)

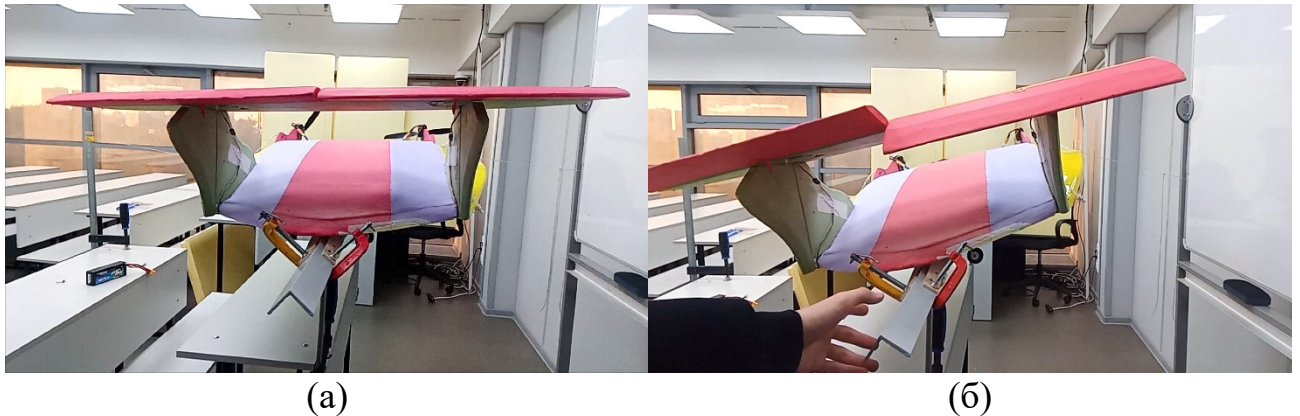
а - доработанное поворотное заднее шасси,

б - изготовленные лыжи для зимних испытаний на улице

Рисунок 8 – Доработка шасси

Т.к. движение модели на корде не позволяет проверить курсовую управляемость (из-за центробежной силы), я провел эксперимент для проверки действия элевонов в набегающем потоке воздуха. Из-за невозможности испытать модель в аэротрубе, мной был сделан экспериментальный стенд

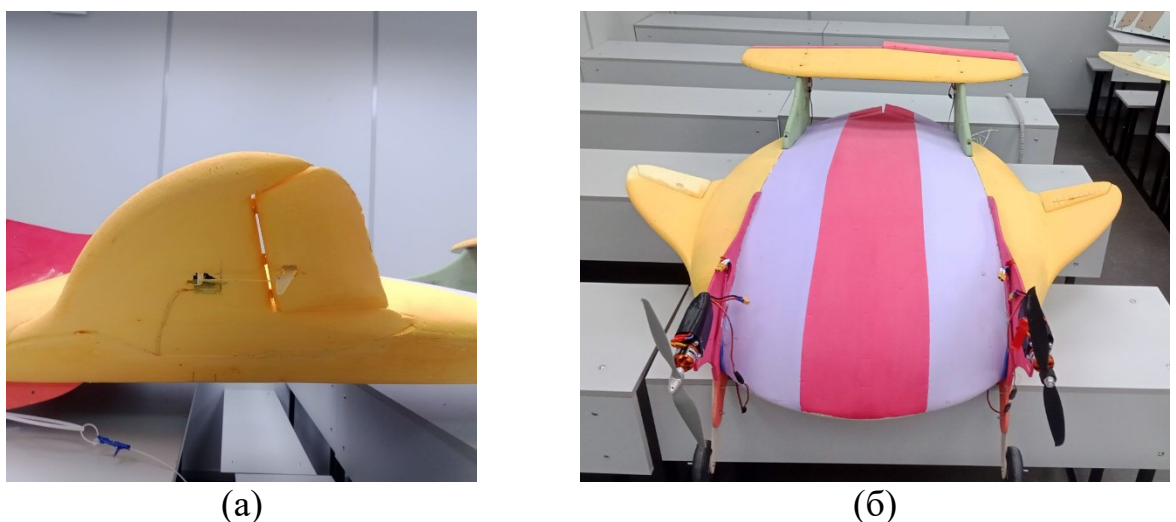
(рисунок 9), в котором набегающий на элевоны поток создавался вращающимися пропеллерами самой модели на максимальных оборотах. При выключенных двигателях модель была тщательно сбалансирована на острие металлического уголка (вдоль продольной оси) и растянута тонкими резиновыми жгутами (использовалась рыболовная резинка).



а - исходное сбалансированное положение (двигатели выключены),
 б - возникновение силы, создающей крен модели в набегающем потоке

Рисунок 9 – Проверка возможности курсового управления

Как ранее было показано в сравнительной таблице 1, выбранная мной аэродинамическая схема требует повышенного внимания к эффективности рулей крена из-за малого расстояния от них до оси ЛА. Поэтому я решил доработать модель, введя дополнительные элероны по бокам (рисунок 10).



а - дополнительные элероны по бокам,
 б - общий вид доработанной модели

Рисунок 10 – Дополнительные элероны для повышения эффективности курсового управления

Доработанная модель прошла испытания на корде, готовится к испытаниям на улице за городом.

1.4 Итоговая конструкция созданной модели. Ее параметры, себестоимость

Созданная мной модель показана на рисунках 11 и 12.

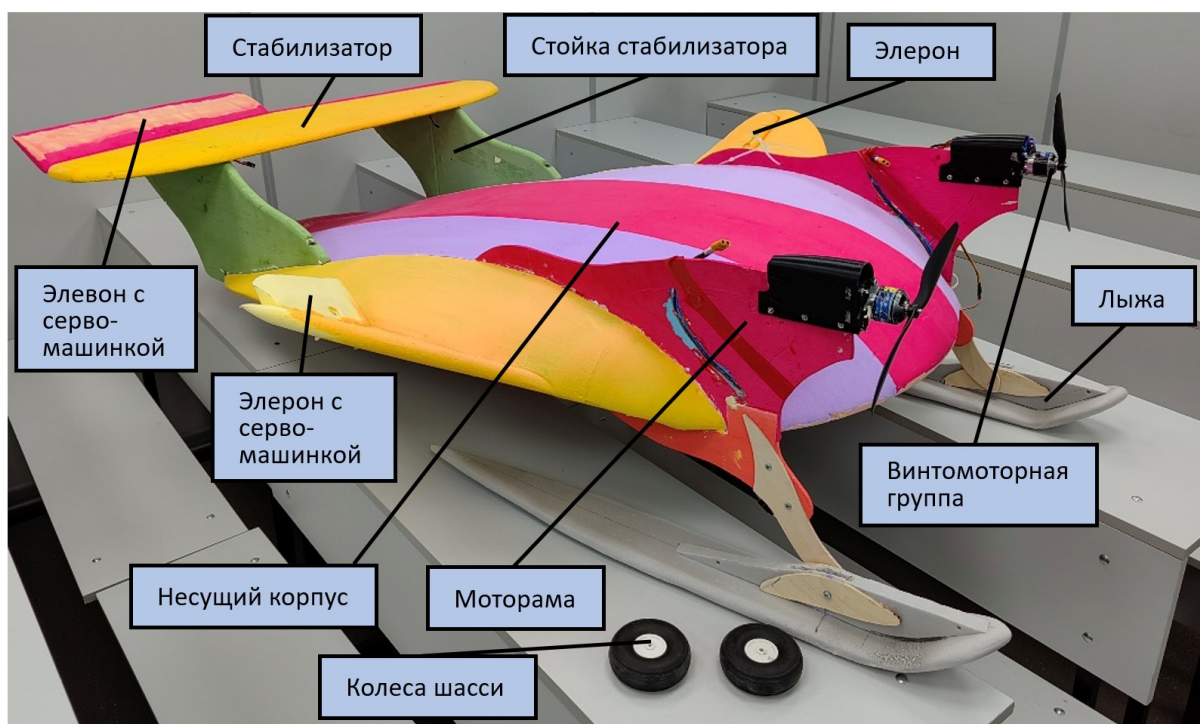


Рисунок 11 – Созданная модель ЛА с аэродинамически несущим корпусом

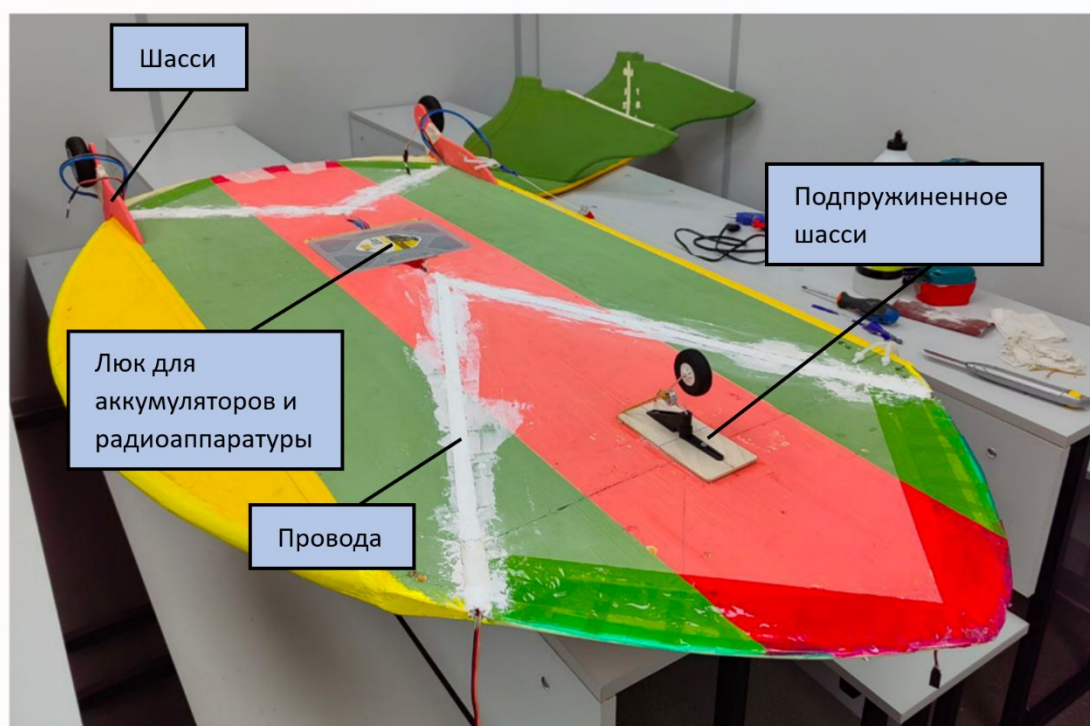


Рисунок 12 – Нижняя поверхность созданной модели

Измеренные в ходе испытаний основные параметры модели представлены в таблице 2, а оцененная себестоимость - в таблице 3.

Таблица 2 – Основные технические параметры модели ЛА, созданной в проекте

Технический параметр	Значение
Масса	4580 г
Длина	1,46 м
Ширина	1,21 м
Грузоподъемность	1100 г
Длина взлетно-посадочной полосы	25-35 м
Скорость полета	15 м/с (54 км/ч)
Общая максимальная мощность двигателей	530 Вт
Площадь несущей поверхности	1,47 м ²

Таблица 3 – Себестоимость созданной модели (по статьям)

Статья расходов	Стоимость, руб.
Два двигателя с регуляторами оборотов	12 000

Два воздушных пропеллера	1 200
Два аккумулятора 3S	10 000
Пульт радиоуправления, радиоприемник	6 300
Пенополистирол, комплектующие и так далее	2 000
<i>ИТОГО</i>	31 500

Заключение

Результаты испытаний созданной модели ЛА с аэродинамически несущим корпусом (доработанный вариант) показывают:

- модель уверенно взлетает с короткой дистанции и садится, имеет запас по тяге;
- модель имеет хорошую управляемость по вертикали;
- при полетах наблюдается сильный экраный эффект с высокой экономичностью;
- модель может нести груз.

В ходе проекта я:

- проанализировал достоинства и недостатки аэродинамических схем самолетов и летательных аппаратов с аэродинамически несущим корпусом;
- изучив имевшиеся проекты аппаратов с несущим корпусом, я разработал собственную конструкцию ЛА, использующую их достоинства. Выполнил поиск соотношений размеров и форм, размещения узлов и элементов аэродинамического управления, силовой установки;
- создал действующий вариант радиоуправляемой модели собственной конструкции, провел ее испытания на корде и доработку.

Запланированные на февраль 2024 года испытания готовой модели в свободном радиоуправляемом полете за городом пришлось отложить на март-апрель из-за сильных снегопадов и холодов в феврале. Таким образом, **практически все обозначенные в проекте задачи успешно выполнены.**

Результаты испытаний подтверждают, что рассмотренная мной аэродинамическая схема с несущим корпусом позволила создать модель ЛА с пониженными требованиями к аэродромной инфраструктуре (обеспечивается взлет с короткой дистанции, возможен взлет с любой ровной поверхностью), а

конфигурация внутреннего объема ЛА позволяет снизить требования к перевозимому грузу.

Таким образом, **цель, поставленная в проекте, достигнута.**

С материалами по проекту можно познакомиться, перейдя по ссылке <https://disk.yandex.ru/d/2mC7or1eSOj0lw> или QR-коду:



Выбранные в моем проекте аэродинамическая схема, компоновка и профиль могут иметь **практическое применение** и стать основой:

- летательных аппаратов для труднодоступных регионов России;
 - военных БПЛА, обладающих повышенной живучестью на поле боя.
- Здесь следует отметить, как снижение вероятности попадания в БПЛА из-за небольших внешних размеров при большом внутреннем объеме, так и более «крепкую» конструкцию БПЛА, в которой крыло и фюзеляж совмещены, есть большое число ребер жесткости по всему объему. Попадание в БПЛА из стрелкового оружия приведет лишь к сквозному отверстию в несущей поверхности с возможностью дальнейшего полета (в отличие от традиционных самолетных компоновок, где конструкция зачастую разламывается при попадании).

Возможными направлениями дальнейших работ по теме проекта могут быть:

- снижение турбулентности воздушных потоков за счет применения другого типа двигателей-пропеллеров (импеллеров) – ожидается повышение управляемости и подъемной силы;
- усовершенствование системы контроля и управления двигателями, проведение экспериментов по оперативному регулированию сил тяги

- левого и правого двигателей совместно с действием элеронов и элевонов (для повышения эффективности курсового управления);
- проведение экспериментов по оптимизации профиля ЛА с уменьшением лобового сопротивления (смоделировать в Solidworks Flow Simulation, а затем практически проверить на реальной модели ЛА);
 - проведение испытаний со взлетом/посадкой с воды в режиме экранолёта.

Несмотря на нынешнее тяжелое положение гражданской авиационной промышленности, очень хочется надеяться, что будущее авиации России за новыми разработками, сделанными на основе аэродинамической схемы «несущий корпус».

Считаю, что в настоящее время для нашей страны как нельзя ближе лозунг нашего замечательного авиаконструктора Бартини – «...Чтобы при отставании опередить, надо бежать наперерез». И тогда я уверен, что наша страна вернет себе статус великой авиационной державы.

Список использованных источников

- 1 Журавель В. Развитие Северного морского пути: национальный и международный аспекты. – DOI <http://dx.doi.org/10.15211/vestnikieran22019119124> // Научно-аналитический вестник ИЕ РАН. 2019. № 2. С. 119-124. (дата обращения: 09.03.2024);
- 2 Паспорт федерального проекта «Развитие Северного морского пути» // Министерство транспорта Российской Федерации : [сайт]. – 2023. – URL: <https://mintrans.gov.ru/documents/8/12714> (дата обращения: 09.03.2024);
- 3 Доклад о стоимости строительства, реконструкции, капитального ремонта, ремонта и содержания 1 км автомобильных дорог общего пользования Российской Федерации (2022 год) // Министерство транспорта Российской Федерации : [сайт]. – 2023. – URL: <https://mintrans.gov.ru/documents/7/13010> (дата обращения: 09.03.2024);
- 4 Авиалайнер будущего: смешать, но не взбалтывать : [сайт]. – 2023. – URL: <https://habr.com/ru/articles/723478/> (дата обращения: 09.03.2024);
- 5 Самолет с аэродинамически несущим корпусом / А. В. Андреев и др. // Труды МАИ. – 2011. – № 45. – URL: <https://mai.ru/upload/iblock/1ca/samolet-s-aerodinamicheskii-nesushchim-korpusom.pdf>
- 6 Спираль. Приключения в металле : [сайт]. – 2023. – URL: <https://habr.com/ru/companies/timeweb/articles/592481/>
- 7 Безаэродромные, амфибийные, высокоэкономичные, высокоэкологичные летательные аппараты нового типа «ЭКИП» // Брошюра «ЭКИП» : [сайт]. – 2022. – URL: <https://ekip-aviation-concern.com/брошюра-экип/> (дата обращения: 09.03.2024).
- 8 Перспективное проектирование // ЦАГИ : [сайт]. – 2024. – URL: https://www.tsagi.ru/research/planning_stage/ (дата обращения: 09.03.2024);