

Муниципальное бюджетное общеобразовательное учреждение
“Половинская средняя общеобразовательная школа”

Индивидуальный проект на тему:
**«Модель
беспилотного летательного аппарата (БПЛА)»**

Выполнил: ученик 10 класса
Черняев Александр Евгеньевич
Руководитель: учитель математики
Щербатова Наталья Анатольевна

Допущен к предзащите

Руководитель: _____ Щербатова Н. А.

Допущен к защите

Протокол № _____ от _____

Председатель: _____ Зимина Г. К.

2025 год.

Содержание

1. Введение.....	3
1.1. Проблема.....	3
1.2. Актуальность.....	3
1.3. Цель.....	4
1.4. Задачи.....	4
2. Теоретическая часть.....	5
2.1. Что такое БПЛА.....	5
2.2. Виды БПЛА.....	6
3. Практическая часть.....	11
3.1. Разработка устройства БПЛА.....	11
3.2. Проектирование корпуса.....	13
4. Заключение.....	16
5. Список литературы.....	17

1. Введение.

1.1. Проблема:

Оптимизация процессов, посредством замены человеческой работы на летающий прототип БПЛА, например доставка посылок, почты, раннее выявление пожаров, поисковые операции, слежение за порядком на определённой территории, наблюдение. Большинство нынешних БПЛА достаточно дороги в производстве и используются в узких целях. Нужно разработать относительно дешёвую версию беспилотника для массового производства и применения.

Для проектирования беспилотного летательного аппарата была выбрана отечественная программа КОМПАС-3D LT V12, а для создания твёрдого макета - печать на 3D-принтере.

1.2. Актуальность:

В мире есть работы и задачи, которые выполняются человеком, вследствие чего бывают затруднительны или долги по времени. Беспилотный летательный аппарат (БПЛА) может заменить сотрудника и вместо самостоятельного выполнения задач посадить его в безопасную комнату для наблюдения за работой, которую выполняет БПЛА. Беспилотник может достигать труднодоступных зон, куда человек не может проникнуть, сокращать время на выполнение задач, так как может двигаться не по дорогам и тропам, а по воздуху напрямую, обеспечивать лучший обзор сверху и делать записи/фото всего происходящего, которые потом может проверить сотрудник-человек.

1.3. Цель:

Приобрести практические навыки трехмерного моделирования беспилотного летательного аппарата в САПР КОМПАС-3D LT.

1.4. Задачи:

1. Проанализировать источники информации по теме проекта.
2. Изучить различные виды БПЛА и выбрать подходящую модель для проектирования.
3. Создать и построить 3D-модель БПЛА в программе Компас 3D LT.
4. Распечатать уменьшенную копию модели на 3D-принтере.

Продукт:

Цифровая модель беспилотного летательного аппарата (БПЛА).

Методы:

Аналитический метод, метод проектирования, метод моделирования.

Дальнейшее развитие проекта:

Возможное улучшение параметров беспилотника и/или его отдельных частей.

2. Теоретическая часть.

2.1. Что такое БПЛА

Беспилотный летательный аппарат (БПЛА, в разговорной речи также *беспилотник* или *дрон*) - воздушное судно без экипажа на борту. Согласно Воздушному кодексу Российской Федерации, беспилотное воздушное судно (БПЛА) определяется как «воздушное судно, управляемое, контролируемое в полете пилотом, находящимся вне борта такого воздушного судна (внешний пилот)» [1].

Основным преимуществом БПЛА является существенно меньшая стоимость их создания и эксплуатации (при условии сопоставимой эффективности выполнения поставленных задач). Важным фактором является то, что оператор боевого БПЛА не рискует своей жизнью. Отсутствие пилота на борту снимает с БПЛА ряд ограничений, характерных для пилотируемой авиации, что может сильно отразиться на их конструкции, а также на траектории и динамике полета [1]:

- Беспилотный летательный аппарат можно выполнить сколь угодно малых размеров.
- БПЛА не имеет физиологических ограничений на перегрузки при выполнении манёвров, что также может отражаться на конструкции.
- Для БПЛА могут быть снижены требования к надёжности, так как это не влечёт прямой угрозы жизни человека.
- Время полёта беспилотных аппаратов не ограничено ресурсом систем жизнеобеспечения лётчика. В настоящее время вполне реальны проекты беспосадочных БПЛА, вырабатывающих ресурс в течение одного полёта, который может продолжаться до нескольких лет.

Ряд важных достоинств БПЛА перед пилотируемой авиацией привёл к более активному развитию этой отрасли. Прежде всего это относительно небольшая стоимость, малые затраты на их эксплуатацию, возможность

выполнять манёвры с перегрузками, превышающими физические возможности человека [1].

2.2. Виды БПЛА

Беспилотные летательные аппараты имеют подразделения по нескольким признакам:

По типу летательного аппарата:

1. Самолет (самолетного типа) - оснащен несущими крыльями, которые обеспечивают подъемную силу и полет (рисунок 1). Может иметь несколько двигателей: как спереди, так и сзади. Самолетный БПЛА может совершать долгий полет на большие расстояния, а также обладает высокой скоростью относительно других беспилотников: от 10 до 130 м/с и более. Обычно летают по заранее запланированной территории. Однако, как правило, для них требуется взлетно-посадочная полоса [2].



Рис.1. Пример БПЛА самолетного типа - MQ-1 Predator

2. Вертолет (вертолетного типа) - оснащен одним двигателем с основным несущим винтом, иногда имеет дополнительный винт на хвосте для контроля траектории полета (рисунок 2). Вертолетный БПЛА имеет продолжительное время полета и может работать на двигателях

внутреннего сгорания, которые работают за счет сжигания топлива. Но такие беспилотники имеют сложную конструкцию и высокую стоимость.



Рис. 2. Пример БПЛА вертолетного типа - AR-500C

3. Автожир (автожирного типа) - оснащен двигателем с винтом для создания подъемной силы, и другим двигателем толкающего или тянущего типа для создания горизонтальной скорости (рисунок 3). Автожирные БПЛА дешевле в производстве и проще в управлении, нежели самолетные или вертолетные беспилотники. В то же время автожир имеет высокий расход топлива, опасные режимы полета, при которых он может разбиться, а также меньший КПД, из-за чего ему требуется более мощный двигатель для взлета, чем самолету [3].



Рис. 3. Пример БПЛА автожирного типа - GY-500

4. Мультикоптер (мультикоптерного типа) - оснащен тремя и более бесколлекторными двигателями (такие двигатели работают только на электричестве) с пропеллерами (рисунок 4). Мультикоптерные БПЛА во время полета находятся в горизонтальном положении и могут зависнуть на месте в любой момент, перемещаются во всех направлениях и могут поворачивать вокруг своей оси. Все движения и маневры выполняются за счет изменения тяги на каждом моторе. Такие дроны просты в управлении, относительно недорогие и малы по размеру. При этом имеют низкую скорость, большую трату энергии, ограниченный радиус дальности работы, малую грузоподъемность и время работы [4].



Рис. 4. Пример БПЛА мультикоптерного типа - Supercam X6M2

5. Аэростат (аэростатного типа) - оснащен баллоном с нагретым воздухом (как воздушный шар) и небольшим двигателем для передвижения и маневрирования (рисунок 5). Аэростатный БПЛА может летать несколько дней, или даже недель, а также имеет большую грузоподъемность. Но у них малая скорость, ограничение в маневрировании, большие размеры и зависимость от погоды.



Рис.5. Пример БПЛА аэростатного типа - БАК ЭМ

По типу управления:

1. Управляемые автоматически - беспилотник имеет полетный контроллер с подключенными к нему модулями и двигателями. Основными модулями являются: аккумуляторная батарея для питания энергией всех систем (литий-ионная или литий-полимерная батарея); модуль GPS или другой модуль для ориентирования и отслеживания аппарата на карте; радиоаппаратура для приема и передачи сигналов; видеопередатчик, если на борту имеется видеокамера; двигатели и контроллеры частоты вращения, для управления тягой винтов. Полетный контроллер, как правило, имеет в себе процессор для приема и обработки поступающих команд и акселерометр/гироскоп для ориентирования в пространстве; а также другие модули, отличающиеся в разных версиях контроллеров. На полетный контроллер отправляется информация с заранее заданным маршрутом и командами для выполнения на разных участках полета. Далее БПЛА в автоматическом режиме, без участия человека летит по маршруту и выполняет поставленные задачи.
2. Управляемые оператором с пункта управления (ДПЛА) — это работа специалиста (оператора) с пультом. Связь между пилотом и дроном обеспечивается передачей данных через радиоканал, 5G-канал. Беспилотник получает команды, а также передает информацию пилоту в реальном времени. Для выполнения задач на больших расстояниях используются БПЛА, управляемые по спутниковым каналам. Дроны в зоне видимости человека устанавливают связь с пультом по оптическим каналам [5].
3. Гибридные - смесь первых двух.

3. Практическая часть

3.1. Разработка устройства БПЛА

Для начала следует выбрать, какого типа (самолетного, вертолетного и т. д.) будет разработан БПЛА. Я выбрал для создания беспилотник самолетного типа по нескольким причинам:

1. Он может совершать полет на достаточно большие расстояния, что в условиях нашей местности, где нет плотного расположения населенных пунктов, будет вполне удобно.
2. На БПЛА самолетного типа можно повесить полезную нагрузку массой до нескольких килограмм. Это может быть, например, видеокамера, тепловизионная камера, система оповещения и т. п.
3. Схожесть БПЛА самолетного типа с самими самолетами. Это значит, что во время разработки корпуса можно ориентироваться на летные характеристики самолетов, а также не надо настраивать двигатели для создания подъемной силы — это сделают крылья.

Далее следует выбрать тип корпуса и его материал. Я решил, что лучшим выбором будет БПЛА типа «летающее крыло» — это аэродинамическая форма, которая объединяет крыло и фюзеляж в одно целое, создавая бесфюзеляжную конструкцию. Такие самолеты имеют форму, напоминающую крыло, без традиционного корпуса, что позволяет значительно улучшить аэродинамические характеристики и эффективность полета [6].



Рис. 6. Пример БПЛА типа «летающее крыло»

Достоинства «летающего крыла»:

1. Аэродинамическая эффективность:

«Летающее крыло» имеет меньшую сопротивляемость воздуха по сравнению с традиционными самолетами, что позволяет ему достигать высоких скоростей и снижать расход топлива [6].

2. Снижение веса:

Конструкция «летающего крыла» часто легче, чем традиционные самолеты, так как требует меньше материалов для создания, что также способствует снижению расхода топлива [6].

3. Меньшая площадь крыла:

Так как крылом считается весь летательный аппарат, следовательно подъемную силу также создает весь корпус. Это может привести к меньшему сопротивлению и лучшему соотношению подъемной силы к сопротивлению, что особенно важно для высокоскоростных полетов [6].

3.2. Проектирование корпуса

Основными требованиями к корпусу являются его легкость и прочность. Как материал корпуса я выбрал авиационную фанеру, плотностью 0.67 г/см^3 , благодаря чему вес всего корпуса (основной корпус, крылья и внутренние части) выходит примерно $0.7\text{--}0.8 \text{ кг}$. А также фанера имеет потенциал для ручных доработок, так как не требует больших усилий для изменения [7].

Далее следует выбрать профиль крыльев. Невозможно подобрать идеальный профиль, так как для этого требуются полевые испытания, но можно подобрать примерный. Для небольших беспилотников, вроде нашего, подойдет следующий профиль [8]:



Рис. 7. Профиль крыла

Данный профиль является лонжеронным, то есть имеет одну поперечную балку для придания жесткости. Но это не отменяет наличие ребер жесткости, иначе, скорее всего, крыло не будет держать форму и выдерживать нагрузки. Корпус же будет по обтекаемым очертаниям устройств внутри.

Далее в программе КОМПАС-3D LT V12 выполняем внутренне расположение всех систем и очертания корпуса:

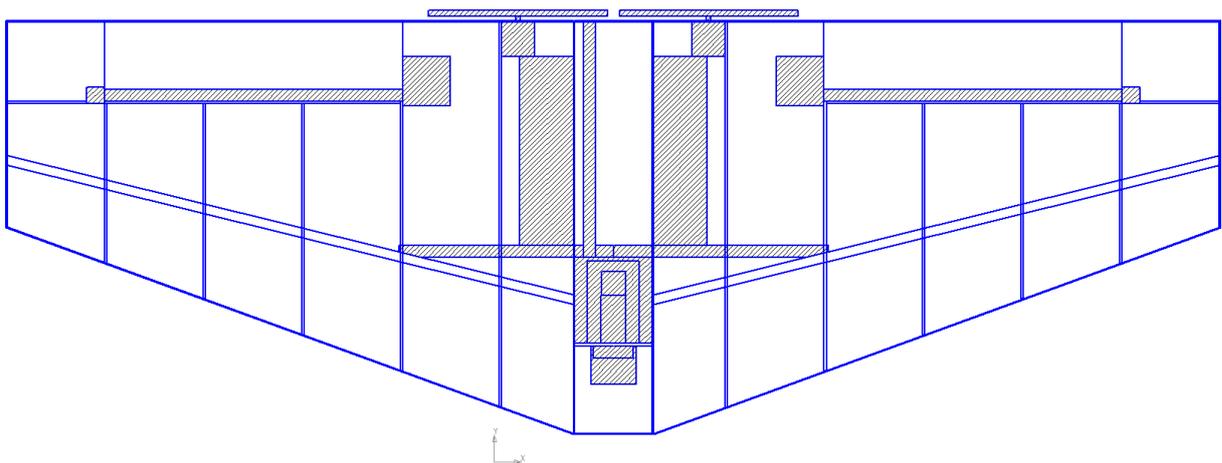


Рис. 8. Корпус БПЛА, вид сверху

Все что заштриховано - внутренние детали. На чертеже можно увидеть расположение лонжерона (толстые линии вдоль крыльев) и ребер жесткости в крыле.

Внутри беспилотника имеются: полетный контроллер, модуль GPS, комплект радиосвязи, комплект видеонаблюдения, двигательная установка, три аккумулятора, а также сервоприводы для флаперонов. Флаперон — подвижная часть крыла, выполняющая функции элеронов и закрылков в одном лице. На беспилотнике также имеется два двигателя, так как при установке одного

двигателя, если не выполнить сложные расчеты балансировки, самолет будет вести в сторону кручения винта. Проще компенсировать силу реакции винта другим винтом, установленным симметрично. Также, после расчетов, получаем, что примерный диаметр винта будет составлять 150 мм, а ширина 12 мм.

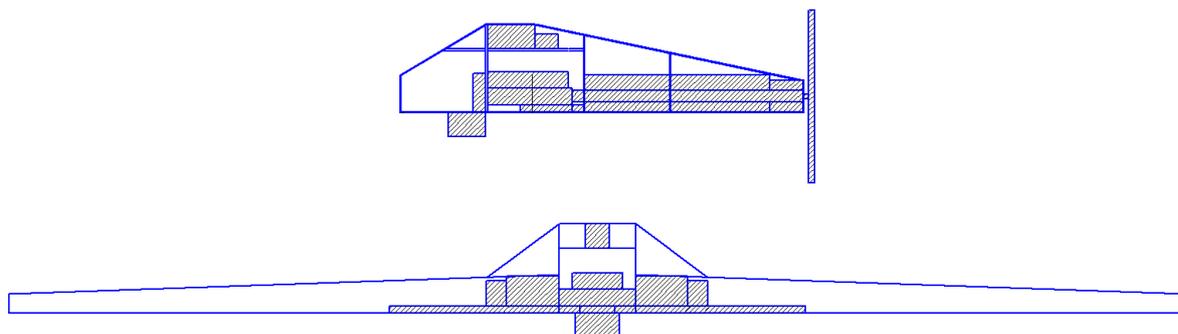


Рис. 9. Вид спереди и вид сбоку

Чтобы беспилотник не сваливался в полете, требуется, чтобы его центр подъемной силы был позади центра масс, но не слишком далеко. Крылья имеют форму, которую можно разделить пополам и получить прямоугольник и треугольник. При этом площадь треугольника равна половине площади прямоугольника. Поэтому подъемная сила будет на месте геометрического центра крыльев. Из-за массы внутренних модулей в 1.5 кг, а также из-за массы корпуса, центр тяжести должен получиться спереди от центра подъемной силы. Если же этого не случилось, можно добавить противовес в переднюю свободную часть корпуса. Без противовеса общая масса всего беспилотника составляет примерно 2.4–2.5 кг.

Далее делаем 3D модель средствами программы КОМПАС 3Д:

Для начала чертим боковую грань основного корпуса, после чего выдавливаем ее на нужную ширину. После этого на боковых гранях чертим контур основания крыльев, затем, выбрав боковую грань, используем смещение плоскости на расстояние, равное длине крыла. После этого, на смещенной плоскости чертим конец крыла, уменьшенный в 2 раза по сравнению с

основанием. Делаем так с обеих сторон. Затем соединяем две нарисованных грани крыльев с помощью построения основания путем соединения поперечных сечений (операция по сечениям). В итоге получаем основной корпус и крылья.

Теперь же следует сделать часть корпуса, которая будет закрывать двигатели: на задней грани основного корпуса чертим два прямоугольника так, чтобы они закрывали двигатели полностью. После этого выдавливаем их в переднюю сторону. Выдавленные прямоугольники уйдут в крыло, тем самым создав закрытую часть. Результат выглядит следующим образом:

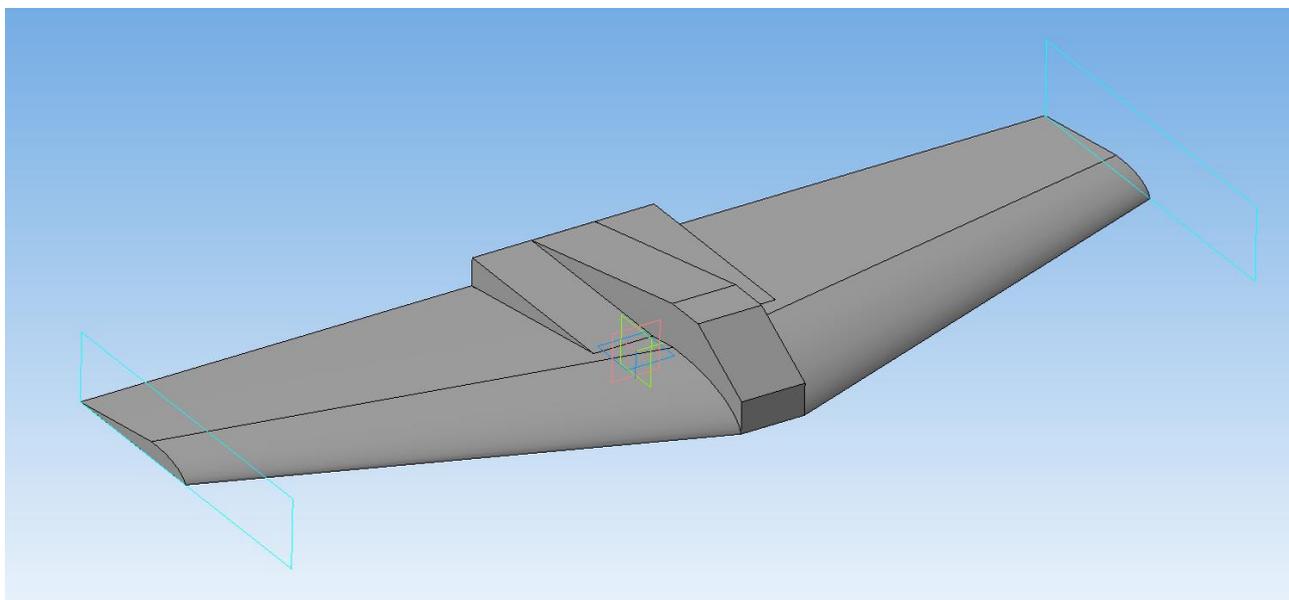


Рис. 10 Модель БПЛА в программе КОМПАС-3Д

4. Заключение

К концу проекта мы имеем чертеж и готовую модель разработанного БПЛА. Я считаю, что цели удалось достичь полностью. Важность данного проекта заключается в создании дешевого беспилотника (стоимость 90000–100000 рублей) с камерой, который можно внедрить в некоторые сферы деятельности человека, чтобы упростить выполнение заданий. Дальнейшая работа над проектом может заключаться в улучшении параметров и/или отдельных деталей, а также добавления каких-либо элементов корпуса.

5. Список литературы

- [1] — Интернет-энциклопедия Википедия [Электронный ресурс] — Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/Беспилотный_летательный_аппарат_свободный — (15.01.2025)
- [2] — Памятка: типы и виды БПЛА [Электронный ресурс] — Режим доступа: <https://bogorodsky-okrug.ru/article/pamyatka-tipy-i-vidy-bpla-algoritm-dejstvij-pri-obnaruzhenii-bpla-511091> свободный — (15.01.2025)
- [3] — Интернет-энциклопедия Википедия [Электронный ресурс] — Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Автожир> свободный — (15.01.2025)
- [4] — Интернет-энциклопедия Википедия [Электронный ресурс] — Режим доступа: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Мультикоптер> свободный — (15.01.2025)
- [5] — БПЛА: классификация, виды, применение [Электронный ресурс] — Режим доступа: <https://3mx.ru/articles/bpla-konstruktsiya-tipy-sfery-primeneniya?ysclid=m905wjv3xj191231086> свободный — (15.01.2025)
- [6] — Интернет-энциклопедия Википедия [Электронный ресурс] — Режим доступа: https://ru.wikipedia.org/wiki/Летающее_крыло свободный — (20.02.2025)
- [7] — Интернет-магазин ПМ-Торг [Электронный ресурс] — Режим доступа: https://fanerra.ru/products/fanera-aviatsionnaya-1-mm-1550-1550_2 свободный — (22.02.2025)
- [8] — Интернет-форум MASTERAERO.RU [Электронный ресурс] — Режим доступа: <https://masteraero.ru/profil-7.php> свободный — (22.03.2025)