

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН



Институт промышленной автоматизации и цифровизации им. А. Буркитбаева

Кафедра «Робототехники и технических средств автоматики»

Бойко Данил Викторович

Исследование БПЛА в виртуальном пространстве.

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
к дипломному проекту

Специальность 5В071600 – Приборостроение

Алматы 2021
МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ
КАЗАХСТАН



Институт промышленной автоматизации и цифровизации им. А.
Буркитбаева

Кафедра «Робототехники и технических средств автоматики»

ДОПУЩЕН К ЗАЩИТЕ
Заведующий кафедрой РТиТСА кандидат техн. наук



К. А. Ожикенов
«10» июня 2021 г.

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА
к дипломному проекту

На тему: «Исследование БПЛА в виртуальном пространстве.»

по специальности 5В071600 – Приборостроение

Выполнил _____



Бойко Д.В.

Руководитель



Кальменов Е.Т.
«24» мая 2021 г

Алматы 2021

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ
КАЗАХСТАН




SATBAYEV
UNIVERSITY

Институт промышленной автоматизации и цифровизации им. А.
Буркитбаева

Кафедра «Робототехники и технических средств автоматики»

5В071600 – Приборостроение

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой РТиТСА
кандидат техн. наук
 К. А. Ожигенов
«27» января 2021 г.

ЗАДАНИЕ

на выполнение дипломного проекта

Обучающемуся Бойко Данил Викторович.

Тема: Исследование БПЛА в виртуальном пространстве.

Утверждена приказом Ректора Университета

№726-б от «27» января 2021 г.

Срок сдачи законченной работы «26» мая 2021 г.

Исходные данные к дипломному проекту: Blender v 2.9 x64

Перечень подлежащих разработке вопросов в дипломном проекте:

- а) Изучение процессов создания работы на площадке Blender.
- б) Поэтапное создание виртуального полигона.
- в) Добавление БПЛА в данный полигон.
- г) Создание возможности движения данному БПЛА на виртуальном полигоне.

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей):


Представлены 36 слайдов презентации работы

Рекомендуемая основная литература: из 15_наименований 15

ГРАФИК подготовки дипломного проекта


Наименование разделов, перечень разрабатываемых вопросов	Сроки представления научному руководителю	Примечание
Технологическая часть	22.01-25.02.2021 г.	Выполнено
Практическая часть	20.02-29.04.2021 г.	Выполнено

Подписи консультантов и нормоконтролера на законченный проект с указанием относящихся к ним разделов проекта

Наименования разделов	Консультанты, И.О.Ф. (уч. степень, звание)	Дата подписания	Подпись
Нормоконтролер	Баянбай Н.А, магистр технических наук, лектор	24.05.2021г.	

Научный руководитель

Кальменов Е.



Задание принял к исполнению обучающийся

Бойко Д.В



Дата

«27» января 2021 г.

ANNOTATION

This diploma project is aimed at studying an unmanned aerial vehicle in virtual space.

The main objectives of the work are the construction of a UAV circuit in the virtual space, a UAV model, a power supply model and a radio beacon, as well as a UAV polygon.

Tasks of the work:

- Creating a UAV in virtual reality.

Изучить Learn how to work and create a power supply circuit.

UAVs are actively used at the present time and this topic helps me to reveal the identity of the UAV and the principle of its creation, as well as the study in virtual space.

АННОТАЦИЯ

Данный дипломный проект направлен на изучение беспилотного летательного аппарата в виртуальном пространстве.

Основными целями работы выступают конструирование в виртуальном пространстве схемы беспилотника, модели беспилотника, модели питания и радиомаяка, а также полигона беспилотника.

Задачи работы:

- Создание БПЛА в виртуальной реальности.
- Изучить принцип работы и создания схемы питания.

БПЛА активно используются в настоящее время и данная тема помогает мне раскрыть принадлежность БПЛА и принцип его создания, а также изучения в виртуальном пространстве.

АННОТАЦИЯ

Бұл дипломдық жоба Виртуалды кеңістіктегі ұшқышсыз ұшу аппаратын зерттеуге бағытталған.

Жұмыстың негізгі мақсаттары виртуалды кеңістікте дрон схемасын, дрон моделін, тамақтану және радиомаяк моделін, сондай-ақ дрон полигонын жобалау болып табылады.

Жұмыстың міндеттері:

- Виртуалды шындықта ҰҰА құру.
- Зерттеп, жұмыс істеу принципі және схемасын құру тамақтану.

Қазіргі уақытта UAV белсенді қолданылады және бұл тақырып маған UAV байланысын және оны құру принципін, сондай-ақ виртуалды кеңістікте оқуды ашуға көмектеседі.

СОДЕРЖАНИЕ

- 1. Введение**
- 2. Исследование БПЛА как объекта управления**
 - а) 1.1 Практическая ценность БПЛА**
 - б) 1.2 Состав бортового оборудования БПЛА**
- 3. Разработка имитационной модели на системе авиасимулятора**
 - а) 2.1 Выбор среды моделирования**
- 4. Основное питание и резервное питание борта авиамодели.**
 - а) Работа с EasyEDA. Создание схемы питания.**
- 5. Plane Trust Program (v.1.7)**
- 6. Propeller Selector Program**
- 7. Радиоловительский маяк с 2-х тактным УМ**
 - а) Работа с EasyEDA. Создание схемы радиомаяка.**
- 8. Создание полигона для изучения БПЛА на платформе Blender (v.2.9 x64)**
- 9. ЗАКЛЮЧЕНИЕ**
- 10. СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ**

ВВЕДЕНИЕ

Стимулом к изучению беспилотной авиации послужила потребность в дешевых, и легких БПЛА, обладающих идеальными характеристиками манёвренности и способных выполнять широкий круг задач. Беспилотные летательные аппараты (БПЛА) успешно применяются в ходе военных операций по всему миру, и при этом они так же успешно выполняют задачи гражданского назначения. На сегодняшний день большинство существующих беспилотных летательных аппаратов пилотируются вручную, с помощью пультов дистанционного управления, работающих на радиоканалах. При ручном управлении БПЛА возникают трудности, связанные с подготовкой пилотов, недостаточной рабочей дальностью, ограничениями, связанными с погодными условиями. Управление БПЛА – задача для хорошо подготовленного профессионала. Например, в армии США операторами БПЛА становятся действующие пилоты ВВС после годичной подготовки и тренинга. Во многих аспектах это сложнее, чем пилотирование самолета и, как известно, большинство аварий беспилотных ЛА, из-за ошибок пилотов-операторов и механических отказов. По официальным предоставленным данным за 2012 год у ВВС США за все время были разбиты 70 самолетов беспилотников. [1] В данной магистерской работе в качестве объекта исследования рассмотрен БПЛА со специфической конструкцией: самолет оснащён четырьмя подвижными элевонами, расположенными в хвостовой части самолета, на которые самолет устанавливается на позициях взлета и посадки. БПЛА в такой позиции способен взлетать с любой горизонтальной поверхности, что позволяет использовать его в любых районах Земли без специальных стартовых площадок или аэродромов. Разработанная модель БПЛА не имеет конструктивных аналогов, и создание алгоритмов управления для такой системы является актуальной задачей.

Цель работы: Разработать алгоритм управления БПЛА в режиме полета по заданной траектории. **Задачи:** - Анализ существующих алгоритмов управления БПЛА; - Анализ систем моделирования и выбор среды создания динамической модели БПЛА; - Визуализация имитационной модели.

Практическая ценность полученных результатов заключается в том, что на основе исследованных подходов разработан алгоритм управления специфическим беспилотным летательным аппаратом с вертикальным взлетом. Полученный алгоритм позволяет летать по заданным траекториям с высокой степенью точности. Проведенные в диссертационной работе исследования привели к созданию алгоритма управления, обеспечивающего безопасное управление штатным режимом полета беспилотного летательного аппарата со специфической конструкцией. При этом получены следующие основные научные результаты: - исследован БПЛА заданного класса как объект управления; - разработана динамическая модель самолета для отработки алгоритма управления - создан алгоритм управления для БПЛА. Диссертационная работа состоит из

четырёх глав. В первой главе исследуется БПЛА как объект управления. Более подробно раскрывается практическая ценность использования ЛА. Приводится: классификация аэродинамических схем, обоснование выбора каналов управления, постановка требований к качеству управления, обоснование и выбор среды для моделирования БПЛА. Во второй главе ведётся обзор различных визуальных систем моделирования – авиасимуляторов. Описан процесс разработки имитационной модели в авиасимуляторе. Третья глава посвящена описанию математической динамической модели полета для решения задач динамики в программной среде Simulink. В четвертой главе описана созданная автоматическая система управления, и процессы ее регулирования. Также приведены результаты исследований.

1 Исследование БПЛА как объекта управления

1.1 Практическая ценность БПЛА

Сам по себе БПЛА - лишь часть сложного многофункционального комплекса. В отличие от пилотируемой авиации для БПЛА требуются дополнительные элементы системы обеспечения. К ним относятся сам беспилотный аппарат, рабочее место оператора, программное обеспечение, линии передачи данных и элементы, необходимые для выполнения целей полета. Спектр применения беспилотных летательных аппаратов в гражданском секторе не ограничен, но при нынешнем состоянии правовой базы по использованию воздушного пространства выполнение полетов затруднено. В интересах народного хозяйства БПЛА могут применяться в следующих областях: - Для ведения поисковых работ; - Выполнения геологической разведки; - Аэросъемки местностей; - Выполнение авиационных химических работ; - Мониторинга территорий и объектов; - Ведения видеонаблюдения. Беспилотные летательные аппараты обладают рядом преимуществ: Во-первых, для выполнения одних и тех же задач, легкие беспилотные аппараты обходятся на много дешевле пилотируемых самолетов, которые нужно оснащать системами жизнеобеспечения, защиты, кондиционирования и т. д. Нужно готовить пилотов, а это стоит больших денег. В итоге получается, что отсутствие экипажа на борту существенно снижает затраты на выполнение того или иного задания, а также повышается полезная нагрузка ЛА. Во-вторых, легкие (по сравнению с пилотируемыми самолетами) беспилотные летательные аппараты потребляют меньше топлива. В-третьих, в отличие от пилотируемых самолетов, машинам без пилота не нужны аэродромы с бетонным покрытием. Большинство аэродромов нуждаются в реконструкции, а темпы ремонта сегодня не успевают следить за пригодностью взлетнопосадочных полос. В четвертых важным преимуществом при использовании систем автоматического и полуавтоматического управления можно считать исключение человеческого фактора при выполнении поставленной задачи.

1.2 Состав бортового оборудования БПЛА

Для обеспечения задач наблюдения за подстилающей поверхностью Земли в реальном масштабе времени в процессе полета и цифрового фотографирования выбранных участков местности, включая труднодоступные участки, а также определения координат исследуемых участков местности полезная нагрузка БПЛА должна содержать в своем составе:

- Спутниковую навигационную систему (ГЛОНАСС/GPS);
- Устройства командно-навигационной радиолинии с антенно-фидерным устройством;
- Устройство обмена командной информацией;
- Бортовая цифровая вычислительная машина. Встроенный блок питания обеспечивает согласование по напряжению и токам потребления бортового источника питания и устройств, входящих в состав полезной нагрузки, а также оперативную защиту от коротких замыканий и перегрузок в электросети. В зависимости от класса БПЛА полезная нагрузка может дополняться различными видами радиолокационных станций (РЛС), датчиками экологического, радиационного и химического мониторинга. Комплекс управления БПЛА представляет

собой сложную, многоуровневую структуру, основная задача которой – обеспечить вывод БПЛА в заданный район и выполнение операций в соответствии с полетным заданием, а также обеспечить доставку информации, полученной бортовыми средствами БПЛА, на пункт управления. Управление БПЛА осуществляется на базе контроллера ArduPilot mega 2560[2] созданного для применения в автономных летательных аппаратах, автомобилях или судах. Бортовой комплекс "Ardupilot" является полнофункциональным средством навигации и управления беспилотного летательного аппарата самолетной схемы. Комплекс обеспечивает: определение навигационных параметров, углов ориентации и параметров движения БПЛА (угловых скоростей и ускорений); навигацию и управление БПЛА при полете по заданной траектории; стабилизацию углов ориентации БПЛА в полете; выдачу в канал передачи телеметрической информации о навигационных параметрах, углах ориентации БПЛА. Центральным элементом бортового комплекса (БК) "Ardupilot" является малогабаритная инерциальная навигационная система (ИНС), интегрированная с приемником спутниковой системы навигации. Построенная на базе микроэлектромеханических датчиков (гироскопов и акселерометров) по принципу ИНС, система является уникальным высокотехнологичным изделием. Встроенный датчик 8 статического давления обеспечивает динамичное определение высоты и вертикальной скорости. Состав БК: блок инерциальной навигационной системы; приемник спутниковой навигационной системы (СНС); блок автопилота; накопитель летных данных; датчик воздушной скорости. Комплекс совместим с радиоканалом ИКМ (импульсно-кодированная модуляция) и позволяет управлять БПЛА как в ручном режиме со стандартного пульта дистанционного управления, так и в автоматическом, по командам автопилота. Управляющие команды автопилота генерируются в форме стандартных широтноимпульсно-модулированных (ШИМ) сигналов, подходящих к большинству типов исполнительных механизмов. Физические характеристики: Размеры и вес: - блок автопилота, мм - 40 x 72 x 20; - вес, кг - 0,135. Электрические характеристики: - напряжение питания, В - 10...27; - потребляемая мощность (макс.), Вт - 5. Окружающая среда: - температура, град С - от минус 40 до плюс 70; - вибрация/удар, g - 20. Это полностью программируемая плата-автопилот, подключив к которой GPS модуль и датчики, можно получить полностью функциональный электронный блок управления для беспилотных летательных аппаратов (БПЛА). Автопилот способен одновременно стабилизировать полет и управлять навигацией, что устраняет необходимость в отдельной системе стабилизации. Автопилот поддерживает режим "дистанционно управляемого полета" ("fly-by-wire"). Плата разработана на базе 16МГц микроконтроллера Atmega. Связь с контроллером осуществляется при помощи аналогового приёмника «HiTEC RCD 9500». ArduPilot выбран из-за возможности свободно корректировать код и вносить изменения в алгоритм. Также одной из причин является доступность на рынке. Обеспечение автоматического взлета и посадки упрощают управление. Имеется также полная поддержка симуляторов Xplane[3] и Flight Gear[4]. Технические характеристики Atmega: - Цифровые Входы/Выходы 54; -

Аналоговые входы 16; - Тактовая частота 16 МГц. 9 Оборудование включает в себя следующие: - трехосевой гироскоп; - трехосевой акселерометр; - Барометрический датчик давления для определения высоты; - 10Hz GPS модуль; - Контроль напряжения батареи; - На борту 16Мб памяти для хранения логов полетов. Задачи будут автоматически записываться и их можно экспортировать в KML. - Возможность автоматического возвращения в точку старта при потере сигнала; - Реле для включения и выключения устройств по сценарию; - 3-осевой компас(магнитометр) HMC5883L.

1.3 Описание объекта исследования БПЛА относится к классу «мини», так как имеет массу около 4 килограммов (рис. 1.1). Согласно расчетным характеристикам самолёт сможет находиться в воздухе не менее двух с половиной часов, а в режиме "зависания" - до 30 минут. Штатная высота полета - 1 километр.

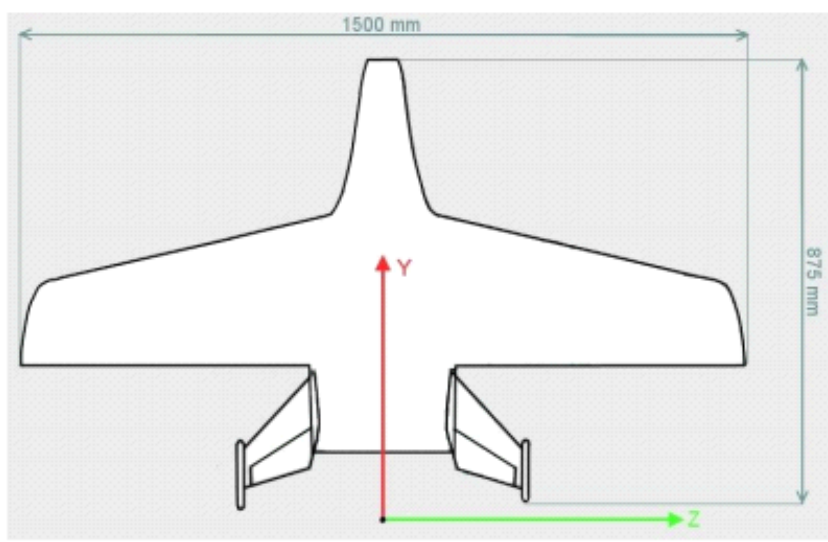


Рис. 1.1. Беспилотного летательного аппарата

Таблица 1.1. Исходные геометрические параметры исследуемого БПЛА:

Размах крыла, м	1.2
Длина самолета, м	0.875
Высота самолета, м	0.24
Площадь крыла, м ²	2,02
Длина САХ(средняя аэродинамическая хорда) м	0,218
Поперечное V крыла	0°
Угол установки крыла	13°
Площадь элевонов	0,286
Профиль крыла;	NACA-W-5 68009[8]
площадь среднего сечения, м ²	0,12
Масса, кг	
- пустого самолета	3.06
- максимальная взлетная	8
Тип двигателя	Электрический
Мощность, кВт	2,2
Максимальная скорость, км/ч	200
Крейсерская скорость, км/ч	150
Практическая дальность, км	400
Практический потолок, м	2500
Полезная нагрузка:	5кг

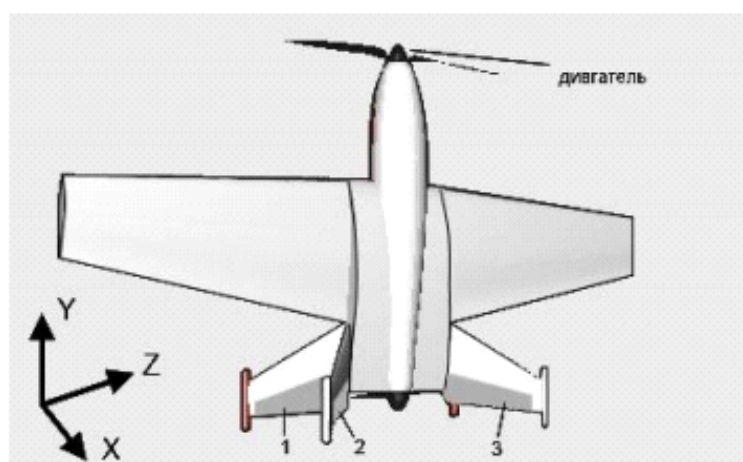


Рис. 1.2. Хвостовое оперение БПЛА (цифрами 1-3 обозначены элевоны)

БПЛА так же, как и большинство самолетов классической схемы, имеет два крыла, соединенные с фюзеляжем самолета, которые обеспечивают подъемную силу. Однако эти крылья не имеют отклоняющихся меньших консолей. В классических

схемах управления используют руль направления, руль высоты (аэродинамический орган управления самолёта, осуществляющий его вращение вокруг поперечной оси) и элероны (аэродинамические органы управления, симметрично расположенные на задней кромке консолей крыла у самолётов классической схемы) которые предназначены для создания управляющих моментов вокруг трех ортогональных осей самолета. Хвостовое оперение БПЛА представляет собой четыре крыла – элевоны (аэродинамические органы управления самолётом, симметрично расположенные на задней кромке консолей крыла) (рис. 1.2), располагающиеся перпендикулярно друг к другу на равном удалении друг от друга, в форме креста. Элевоны выполняют роль элеронов при управлении углом крена (поворот объекта вокруг его продольной оси) самолёта, и руля высоты при управлении нормальной перегрузкой по тангажу (угловое движение летательного аппарата относительно главной поперечной оси) и рысканию (угол поворота корпуса самолёта в горизонтальной плоскости). Для управления углом крена самолёта элевоны отклоняются дифференциально, то есть, для крена самолёта вправо правые элевоны поворачиваются вверх, а левые — вниз; и наоборот. Синфазное отклонение элевонов позволяет управлять нормальной перегрузкой самолёта, то есть, для увеличения тангажа самолёта в горизонтальном полёте все элевоны поднимаются вверх. Такое управление самолетом создает большие трудности при ручном пилотировании, поэтому было предложено разработать алгоритм для управления БПЛА

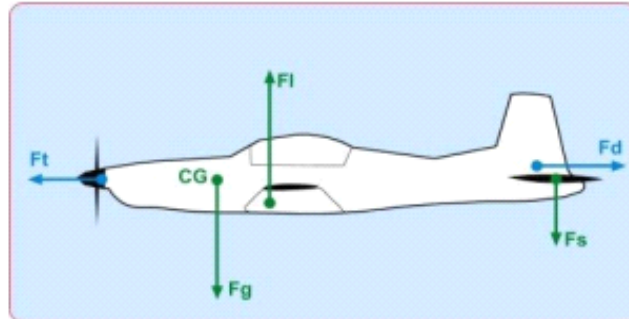
2 Разработка имитационной модели на системе авиасимулятора

2.1 Выбор среды моделирования

Для отработки алгоритмов управления БПЛА и для реального изучения его поведения создали имитационную модель в компьютерном авиасимуляторе. Использование таких моделей для подготовки к управлению реальным самолётом позволяет значительно сократить количество реальных полетов беспилотного аппарата. При этом компьютерная модель должна отвечать следующим требованиям: - обеспечивать отработку всех задач, для которых предназначен БПЛА, включая планирование полетного задания и управления полетом; - максимально приближенно к реальным условиям моделировать полет БПЛА; - моделировать действия в аварийных ситуациях и в случае выхода из строя отдельных систем БПЛА. Для создания имитационной компьютерной модели выбран игровой симулятор полетов из-за их высоких соответствий динамик моделей реальным динамикам самолетов. На первоначальном этапе создания системы управления стоит задача создать реалистичную модель БПЛА, на которой будут произведены исследования поведения различных систем управления. Для моделирования решено выбрать авиасимулятор, который будет создавать реалистичное поведение модели. Были рассмотрены такие авиасимуляторы как: MSFS [11], X-Plane[3], FlightGear[4]. X-Plane моделирует поведение ЛА, основываясь на данных о геометрии, массе, расположении и характеристиках двигателей. FlightGear позволяет выбирать тип летной динамики модели (FDM), и по желанию разработчика, можно делать модели с геометрическим представлением (YASIM[12]) или функциональным (JSBSIM[13]). MSFS считает движение на основе интегральных характеристик модели. В этих FDM исходными данными являются графики сил и моментов, действующих на модель. Для моделирования выбран симулятор FlightGear из-за его широких возможностей моделирования динамик. Авиасимулятор FlightGear это кросс-платформенный проект с открытым исходным кодом, разрабатываемый коллективно. Весь исходный код проекта доступен и лицензирован по лицензии GNU General Public License [14]. На первых этапах для FlightGear создана графическая модель. Затем создавалась динамика в среде JSBSim. JSBSim – одна из симуляционных программ вычисления полетной динамики, библиотека функций, которая рассчитывает геометрическое положение самолета в реальном времени, в зависимости от приложенных к самолету управляющих усилий. Также она производит моделирование двигателей и управляющих 17 поверхностей. На вход JSBSim подаются значения положений джойстика. На выходе - три координаты, три их производные по времени, три вторые производные. На основе этих данных, сам симулятор отображает движение модели самолета в виртуальном трехмерном пространстве, используя OpenGL[15] (графическая система). Кроме встроенной программы вычисления полётной динамики JSBSim, вместе с визуальной моделью может использоваться динамическая модель других программных приложений.

2.2 Динамика движения в среде JSBSim.

Программное средство JSBSim рассчитывает движение модели классическим методом коэффициентов.



На рис. 2.1 Рис. 2.1. Силы действующие на самолет в продольном канале

представлено движение самолета в горизонтальном полёте. Рис. 2.1. Силы действующие на самолет в продольном канале На самолет в горизонтальном полете действуют несколько аэродинамических сил (рис 2.1), которые компенсируют друг друга: сила тяжести F_G , подъемная сила крыла F_L , сила тяги двигателя F_T , сила сопротивления воздуха F_D , сила стабилизатора F_S компенсирующая продольный момент если точки приложения силы тяжести и подъемной силы не совпадают. Когда все силы в самолете уравновешены (векторная сумма равно нулю), самолет движется прямолинейно с постоянной скоростью. Все эти силы пересчитываются в модуле динамики для моделирования (рис 2.2).

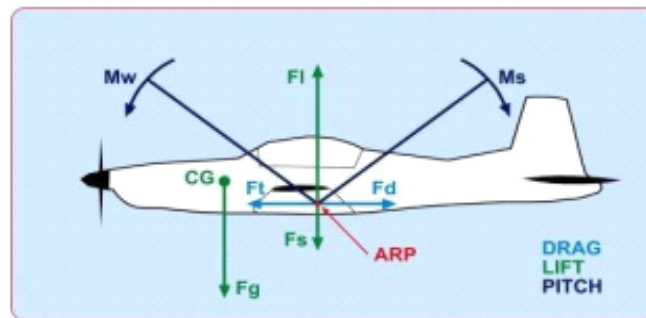


Рис. 2.2. Силы и моменты, действующие на самолет

Рис. 2.2. Силы и моменты, действующие на самолет

Силы, действующие на самолет, пересчитаны и сведены к одной точке, но из-за того что в действительности точки приложения этих сил разные используются моменты[13]. 18 Моменты вращают самолет вокруг осей, подобно тому, как силы смещают самолет вдоль осей. Суммарно у самолета появляется 6 степеней свободы, движение по координатам осей X , Y , Z и вращение вокруг осей X , Y , Z . Самолет вращается вокруг его центра тяжести, а точка приложения сил и моментов является его

аэродинамическим центром. В полете положение аэродинамического центра может меняться, но для расчетов сил и моментов необходимо знать изначальное, опорное положение аэродинамического центра. Такое положение задается через точку Aero Reference Point (ARP), это координата в файле динамики. В JSBSim существует две системы координат (СК), Body Frame и Structural Frame. Body Frame – это система координат, которая движется вместе с ЛА, начало отсчета СК находится в центре тяжести самолета. Ось U в этой СК направлена вперед, V – вправо по крылу, W – вниз вертикальной плоскости по оси симметрии. В этой системе координат JSBSim вычисляет скорости и ускорения по осям координат. При повороте системы координат на 180 вокруг оси OW получается система координат Structural Frame. СК Structural Frame тоже движется вместе с ЛА, но ее точка начала отсчета не соответствует центру тяжести, а находится она установочном нуле, координаты которых записанных разработчиками в конфигурационном файле. Установочный ноль может находиться в любом месте, но чаще его располагают в крайней передней точке, на носу модели. Координаты, записанные в файле динамики, отсчитывается от установочной нулевой точки в СК Structural Frame. Позиционирование модели производится через опорную точку Visual Reference Point (VRP), это смещение центра координат визуальной модели. В расчётах JSBSim модели используется СК Structural Frame. Ось X в этой СК направлена против движения модели, ось Y – вправо вдоль крыла, а ось Z - направлена вверх по оси симметрии в вертикальной плоскости [1]. Рис. 2.3. Системы координат и их опорные точки

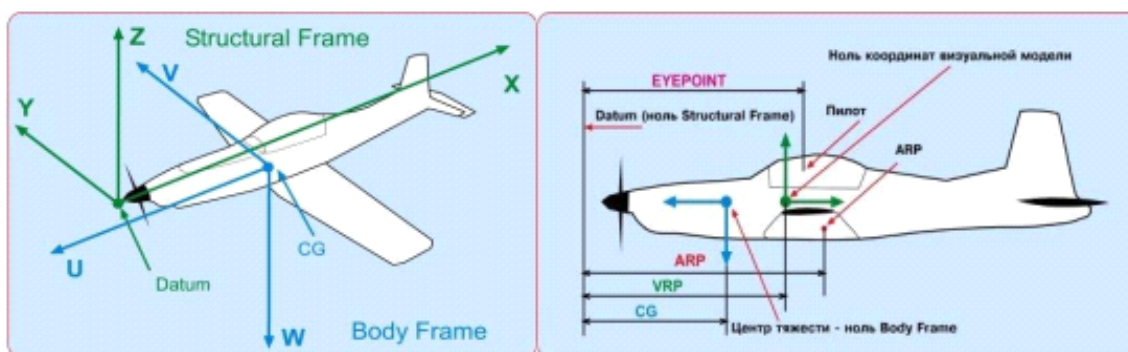


Рис. 2.3. Системы координат и их опорные точки

ТОЧКИ .

Основное питание и резервное питание борта авиамодели.

Принцип работы резервного питания построен на том, что если основной источник питания выйдет из строя, то в дело вступает дополнительный, т.е резервный источник питания.

За основу идет схема линейного стабилизатора, который имеет КПД, равный примерно 70%. Максимальный ток равен 10А, т.к он ограничен мощностями выходных элементов.

Ключевым звеном в схеме является стабилизатор напряжения, работа которого смоделирована на популярном ИМС LN-117. По паспортному подключению (второй контакт заземлен) $U_{\text{вых}}=5V$, $U_{\text{пад.}}=5,5V$ подключением 2-х диодов между вторым контактом и землей.

За основу, принцип работы моего устройства выходит такой:

Основным источником питания являются батареи, в количестве пяти штук типа NiMH (Никель-металлогидроксид) Резервным же источником, в количестве двух выступают батареи типа LiPo (Литий-Полимерные), с понижающим линейным стабилизатором.

При $U_{\text{max}} = 7,2V$ никель-металлогидридном аккумуляторе полезная нагрузка и остальные узлы схемы подключены через VD . при этом выпрямитель VD стабилизатора закрыт. После истощения энергии никель-металлогидридном аккумуляторе до $U=5V$ или обрыве выпрямитель VD стабилизатора открывается и на схему подается ток. В конкретное время t два выпрямителя открыты и когда $U<5V$ никель-металлогидридном аккумуляторе его VD закрыт при этом БПЛА запитывается от литий-полимерный аккумулятор через LN-117.

Для того чтобы протестировать наш источник питания необходимо обесточить никель-металлогидридный аккумулятор, одновременно регулировать движение БПЛА пультом дистанционного управления. Скорость рулевых механизмов значительно понизиться в связи с тем что система будет потреблять энергию из резервного источника питания: $U_{\text{резерв}}<U_{\text{осн.}}$

Во время тестирования и пуско-наладке источника питания за место активной нагрузки целесообразно подключить нагрузочное сопротивление, подобранный на номинальный ток.

1. ИМС - LN - 117

2. Усилительный транзистор типа npn - 2SC4675

3. Диоды-Шоттки высокой мощности - 1N2598.

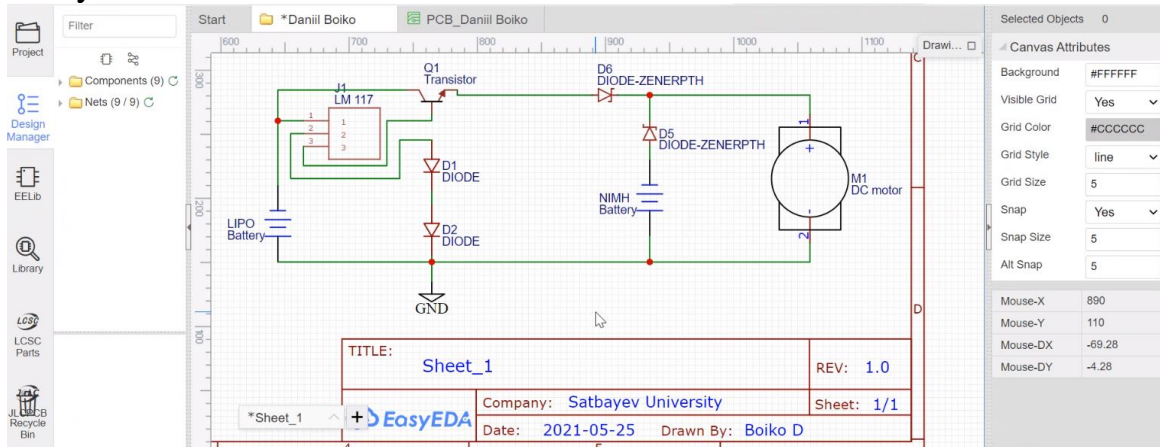
Усилительный транзистор типа npn 2SC4675 и Диоды-Шоттки высокой мощности 1N2598 закрепляются с радиатором с расчетом потребляемого устройством мощности.

Работа рулевыми механизмами оказывает падение напряжение $U_{\text{раб.}} \leq 5V$ никель-металлогидридного аккумулятора несмотря на то что заряд аккумулятора полный, и во время работы регулярно запускается резервный источник питания чтобы разделить пиковые значения тока и не нагружая основной аккумуляторный источник питания. Это

станет заметным после измерения температуры охлаждающего радиатора в течении всего времени испытания.

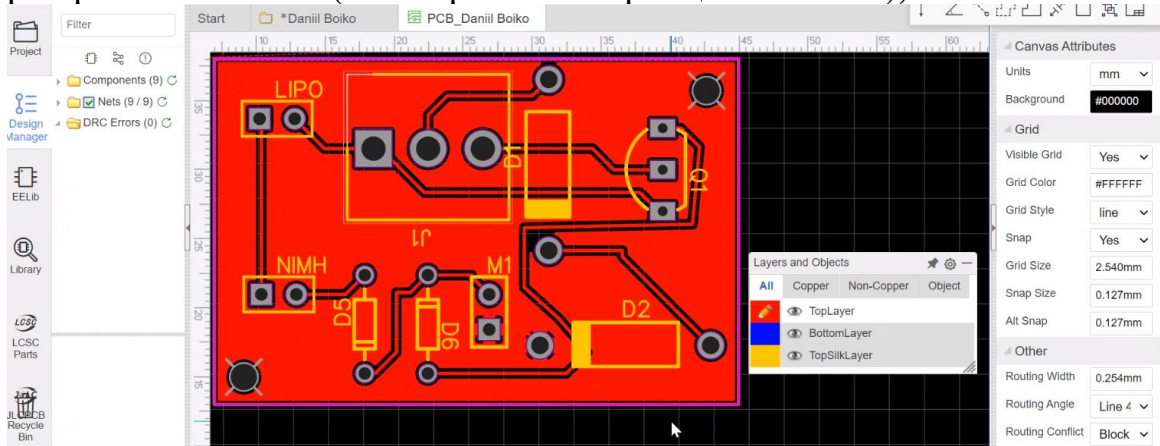
Температурный режим устройства прямопропорционален температуре охлаждающего радиатора который в активном режиме работы устройства рассеивает значительное количество тепла выделяемое силовыми полупроводниковыми приборами.

Построение схемы было выполнено в программе для электронных схем и печатных плат "EasyEDA"



(Схема

резервного питания (электрическая-принципиальная))

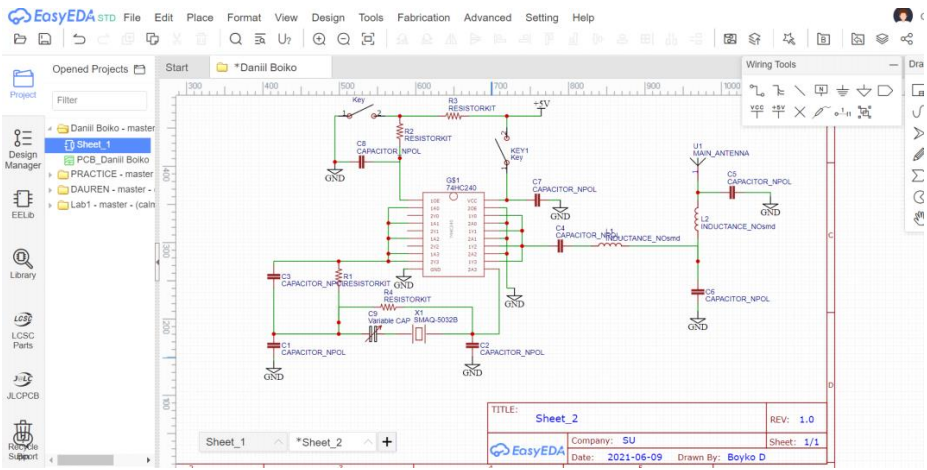


(Разводка

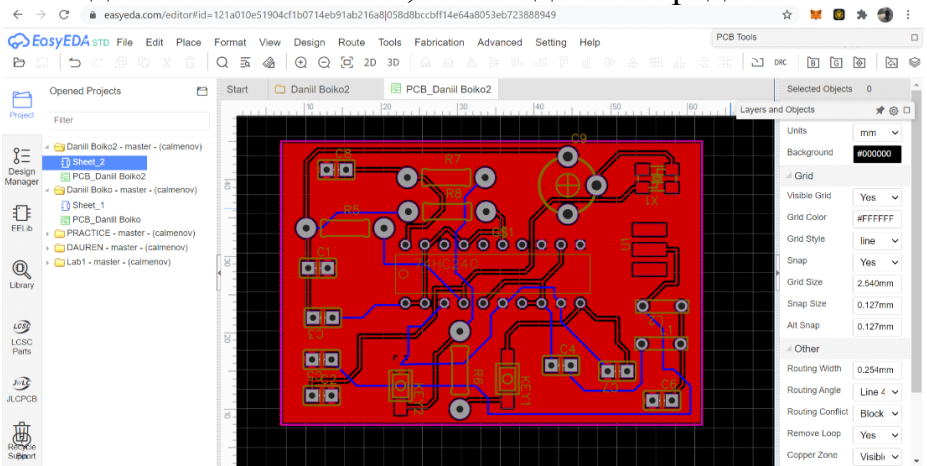
печатной платы, схемы резервного питания)

Радиомаяк в БПЛА - основными задачами радиомаяка являются - определение местоположения беспилотника перед, либо же после его посадки.

Схема радиомаяка(электрическая-принципиальная)



Разводка печатной платы, схемы данного радиомаяка.

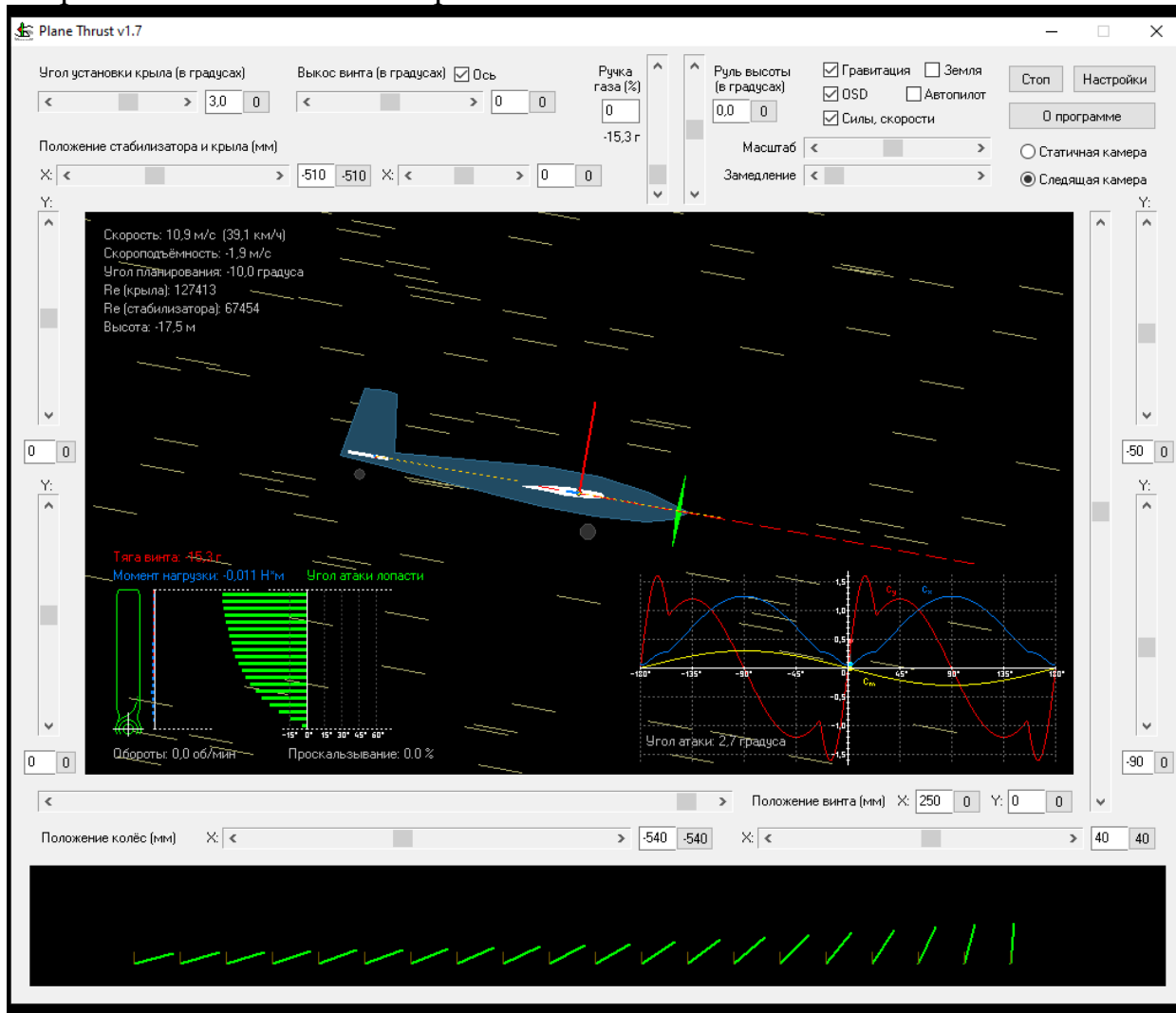


Plane Thrust Program (v.1.7)

Данная программа помогает нам проводить исследования динамики нашего БПЛА, зависящей от крыла, стабилизатора и винта, а также экспериментировать с углом установки крыла и выкосом винтомоторной группы.

Изменять данные самолёта можно прямо в “воздухе”. В последствии, мы можем наблюдать за данными настройками в действии.

Для наглядности я изобразил все вектора сил, действующих на самолёт. Если замедлить ход времени, то можно пронаблюдать, как меняется их величина. Красным цветом показана подъемная сила, синим - сила сопротивления, оранжевый пунктир - направление и величина скорости.



Plane Thrust v1.7

Угол установки крыла (в градусах) < 3.0 0 > Вынос винта (в градусах) < 0 0 > Ось

Ручка газа (%) 60 219.9 г

Положение стабилизатора и крыла (мм) X: < -510 -510 > Y: < 0 0 >

Роль высоты (в градусах) < 0.0 0 > Гравитация Земля

OSD Автопилот

Силы, скорости

Масштаб < > Статичная камера

Замедление < > Следящая камера

Скорость: 11.9 м/с (42.9 км/ч)
 Скороподъемность: 1.8 м/с
 Угол планирования: 8.9 градуса
 Re (крыла): 139767
 Re (стабилизатора): 73992
 Высота: -173.4 м

Тяга винта: 213.3 г
 Момент нагрузки: 0.048 Н*м Угол атаки лопасти

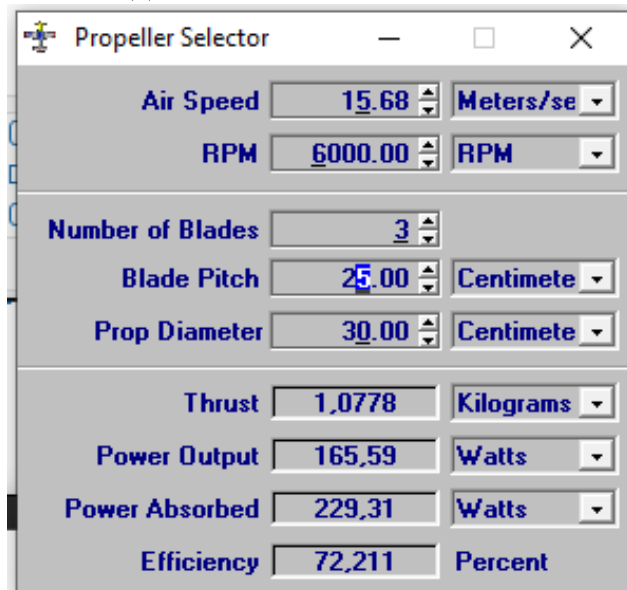
Обороты: 8999.9 об/мин Проскальзывание: 47.0 %

Угол атаки: 2.5 градуса

Положение винта (мм) X: < 250 0 > Y: < 0 0 >

Положение колёс (мм) X: < -540 -540 > Y: < 40 40 >

В последствии мною был выполнен анализ винта(пропеллера) моего БПЛА:



The screenshot shows the 'Propeller Selector' window with the following data:

Parameter	Value	Unit
Air Speed	15.68	Meters/se
RPM	6000.00	RPM
Number of Blades	3	
Blade Pitch	25.00	Centimete
Prop Diameter	30.00	Centimete
Thrust	1.0778	Kilograms
Power Output	165.59	Watts
Power Absorbed	229.31	Watts
Efficiency	72.211	Percent

Программный продукт зарубежного авторства называется "Propeller Selector". Основная функция которой заключается в виртуальной калькуляции винтового механизма для БПЛА. Данный софт распространяется среди радиолюбителей и авиамodelистов совершенно бесплатно, что позволяет всем желающим свободное пользование без согласия на авторское соглашение и принудительную установку на жесткий диск ПК.

Конкретно в моем случае, на основе подобраной мною скоростью примерно 16 м/с и количеством оборотов вина в 6000 RPM. Мною были выбраны такие данные винта:

Количество лезвий винта - 3 шт.

Высота винта - 25 см.

Диаметр пропеллера - 30 см.

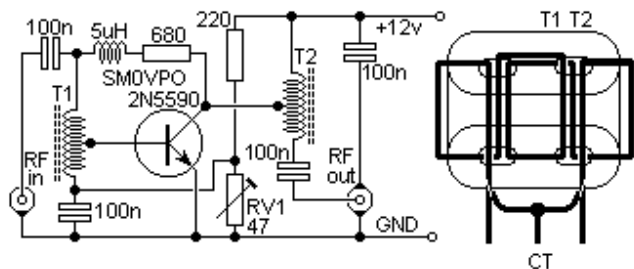
В последствии, исходя из этих данных, мы можем наблюдать расчет остальных данных, в виде КПД, осевой нагрузки, поглощенной мощности, выходной мощности.

Радиолюбительский маяк с 2-х тактным УМ

Генератор Колпитца (задающий генератор) высоких частот с построен на ИМС 74НС240. ИМС 74НС240 функционально разделим на 2 взаимосвязанных контуров «Д» и «Ш». Каждый контур представляет собой 4 спаенных инвертора. Самый нижний инвертор в блоке «Д» является задающим генератором для наглядности отображен красным цветом, 4 желтого цвета в блоке «Ш» являются усилительными. 3 оставшихся инвертора синего цвета в блоке «Д» не применяются в нашем случае. Частота генерации устанавливается кварцевым резонатором в пределах 100КГц - 10МГц. Дополнительная настройка частоты подбирается конденсаторами С3 в пределах от 10 до 100 пФ. В данной дипломной работе маяк с частотой 18.116 МГц рассчитан по техническому заданию.

Фильтр на выходе схемы спроектирован на пассивных элементах (L1, С8, L2, С9). Главная полезная функция данного фильтра заключается в пропускании от 16-17 метровых (КВ) диапазона частот. Ограничение будет вестись только на высшие гармоники.

НЧ кодирующее устройство – законченный прибор воспроизводящий записанный аудио сигнал по криптографии Морзе-последовательности: Audioplayer SECAM, диктофон, магнитофон, стационарный аналоговый телефон. В схеме (Рис.1.) показан только НЧ вход данного черного ящика.



Демодулятор аналогово (аудио)сигнала строится на трех полупроводниковых элементах:

- Диод VD2

-Транзисторы VT1, VT2.

Транзисторы необходимы для коммутации питания высокочастотного (ВЧ) генератора.

Питание высокочастотного-генератора стабилизировано благодаря применению стабилизатора напряжения MA7805KM с $U_{\text{вых}} 6V$.

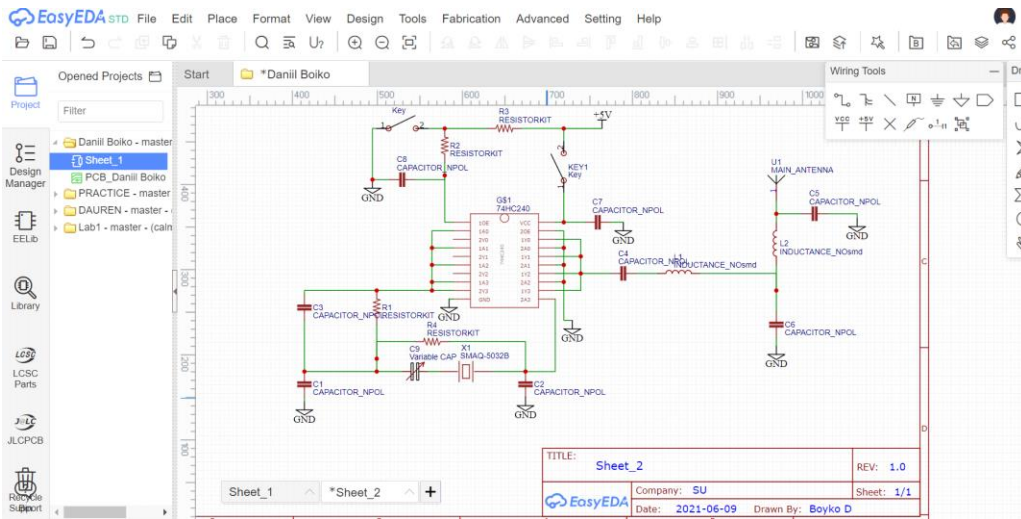
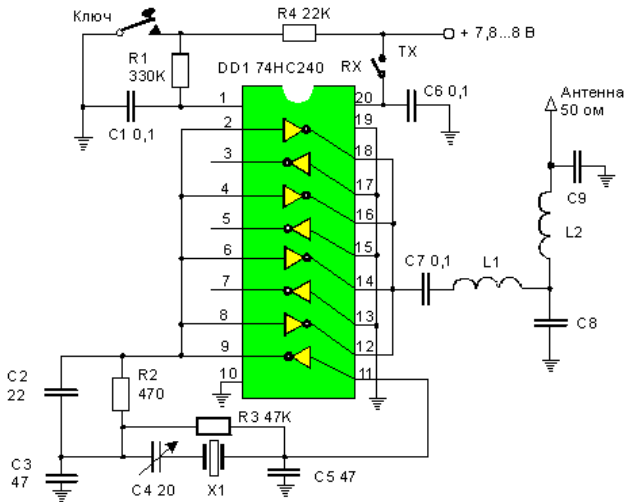
Для визуального-физического отображения приема сигнала демодулятора эффективно подключить RGB LED с целью синхронизации кода Морзе сопровождающий яркими световыми свечениями.

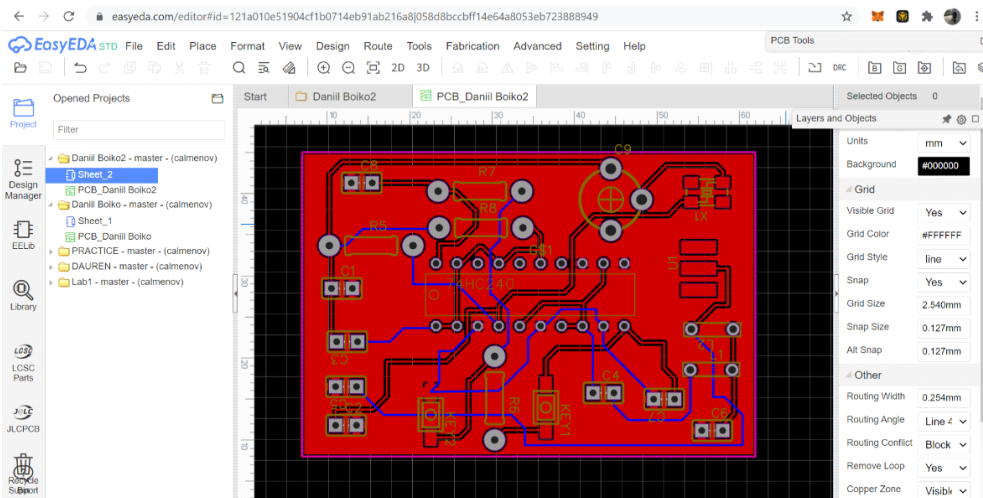
Как правило мощности одной ИМС 74НС240 не хватает для передачи сигналов маяка. Перед нами задачи построить модель маяка с 2-х тактным усилителем мощности. Для формирования CW-последовательности применим современный радиолюбительский микроконтроллер итальянского производства ARDUINO. Блок-схема представлена на рис.

Высокочастотная часть состоит из генератора на 74НС240 запитанного через стабилизатор на +6В (тип MA7805KM), Фильтр низких частот 1, 2-х тактного усилителя

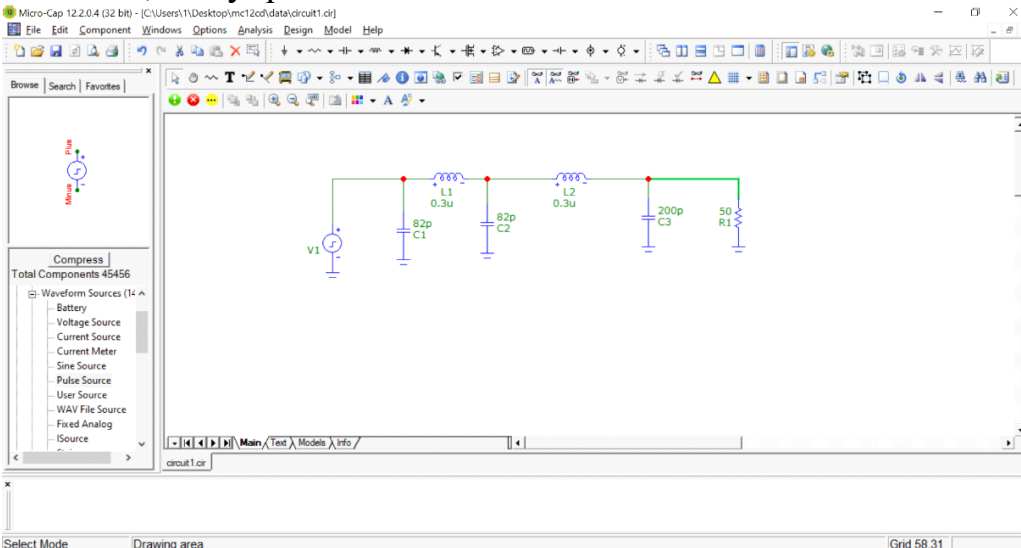
мощности, Фильтра низких частот 2. Микросхема 74HC240 (российский аналог - 1554АП4) -быстродействующий CMOS-буферный формирователь.

Генератор на 74HC240 является наиболее популярным который формирует колебания высокой частоты. Высокая стабильность и повторяемость этой ИМС позволяют использовать этот генератор во многих применениях. ИМС может реализована в корпусе DIP20, но все чаще встречается в корпусе SO20 для поверхностного монтажа. Для наших целей подойдут варианты НС, НСТ, АС, АСТ.





Управление генерацией осуществляется через контакты (1) и (19). Логическая 1 кодирует отсутствие генерации, логический 0 кодирует наличие генерации. В этой схеме оба эти контакта объединены и подключены на землю, соответственно, постоянно будет генерация при подключения питания. Есть возможность реализовать на данной ИМС передатчик сигналов Морзе, коммутируя его по питанию, либо используя резисторный делитель, для управления контактами 1 и 19.



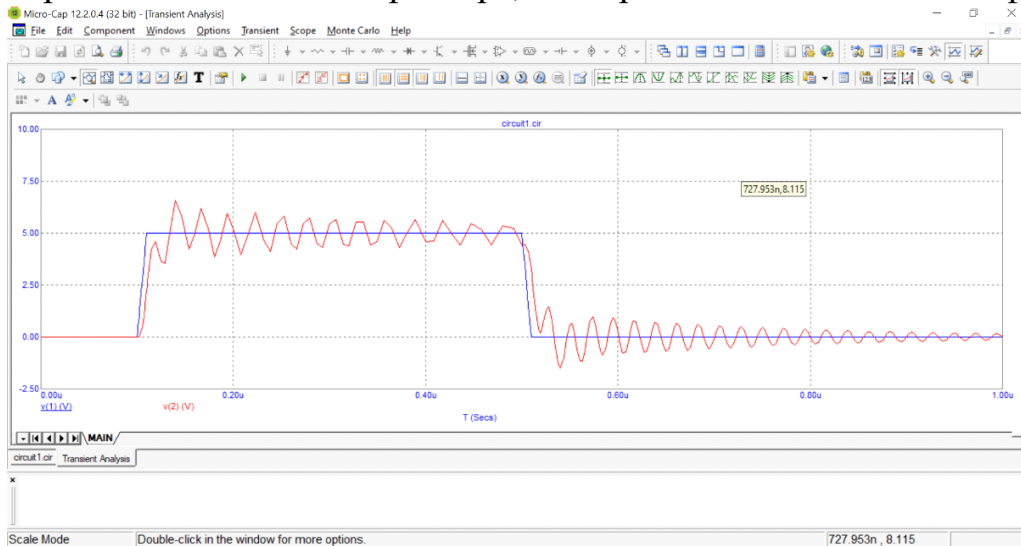
Здесь использована более усложненная цепочка элементов, состоящая из двух индуктивностей и трех емкостей. Данный фильтр немного лучше подавляет высшие гармоники, чем однозвенный П-фильтр. Примерные номиналы для фильтра, позволяющего работать на всех коротковолновых диапазонах (частота до 28.1МГц).

Ниже приведена таблица элементов для фильтра низких частот 1.

Таблица элементов 1

Индуктивности	Номинал Гн	Конденсаторы	Номинал Ф
L1	0.3мк	C1	82п
L2	0.3мк	C2	82п
		C3	200п

Подавление второй гармоники для частоты 28.2 МГц около 20дБ. Подавление второй гармоники для частоты 18.1 МГц абсолютно небольшое, из-за этого мы можем пересчитать номиналы фильтра, или применить однозвенный фильтр.



Амплитудно частотная характеристика фильтра низких частот
Усилитель мощности спроектировал по варианту расчета предложенному SM0VPO [1].
Схема одноконтурного усилителя мощности показана на рис.

Это довольно необычная конструкция усилителя мощности QRP с широкой частотной характеристикой; в пределах трех дБ от 300 кГц до 30 МГц. Общее усиление составляет около шестнадцать дБ, а конечная выходная мощность может превышать 4 Вт. Широкая полоса пропускания является результатом конструкции ВЧ трансформаторов T1 и T2. Они намотаны на ферритовые сердечники балуна с двумя отверстиями. Этот усилитель мощности будет обеспечивать непрерывную выработку 4 Вт (с алюминиевым или железным радиатором) и может быть нагружен при КЗ (короткое замыкание) или разомкнутой цепи, не вызывая серьезных повреждений. Благодаря этому усилитель может считаться практически идеальным усилителем для уличного-полевого использования. Выше представлена полная принципиальная схема РЧУМ и схема намотки катушки. Этот РА может использоваться как для SSB, так и для CW (и AM?).

Схема двухтактного усилителя мощности

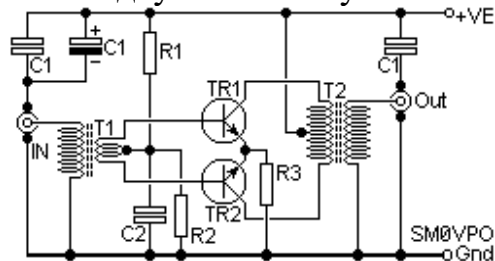


Таблица элементов 2

Резисторы	Номинал Ом	Конденсаторы	Номинал Ф
-----------	------------	--------------	-----------

R1	1к	C1	110мк+33н+15
R2	30	C2	22п
R3	1.2	C3	200п

Транзисторы TR1 и TR2 высокочастотные, например, 2SC2344 с $h_{21э}=60$

На такие мощные транзисторы как правило необходимо установить алюминиевые радиаторы охлаждения. Допустимо применение и других типов транзисторов, желательно применять транзисторы с рабочей граничной частотой не менее 30МГц, и близким по значению коэффициентами $h_{21э}$.

Характеристики трансформаторов

Трансформаторы	Сердечник	Размеры мм	Количество обмоток, витки	
			Вход	Выход
T1	М30ВН	16x9x7	8	1+1
T2			2+2	8

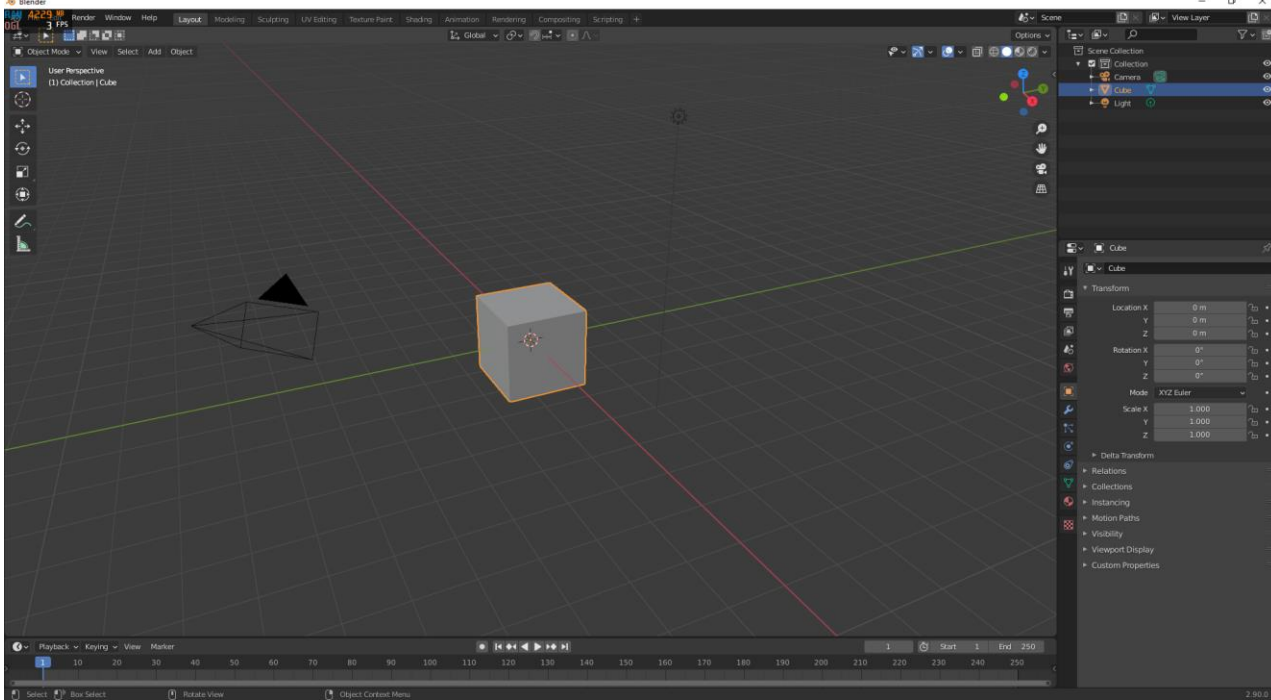
Трансформаторы согласовывают вх. и вых. Цепи транзисторов, а так же реализуют 2-х тактный режим работы УМ.

Выход усилителя мощности подключается к фильтру низких частот 2, построенному по схеме первого фильтра или же по схеме П-фильтра под требуемые частоты.

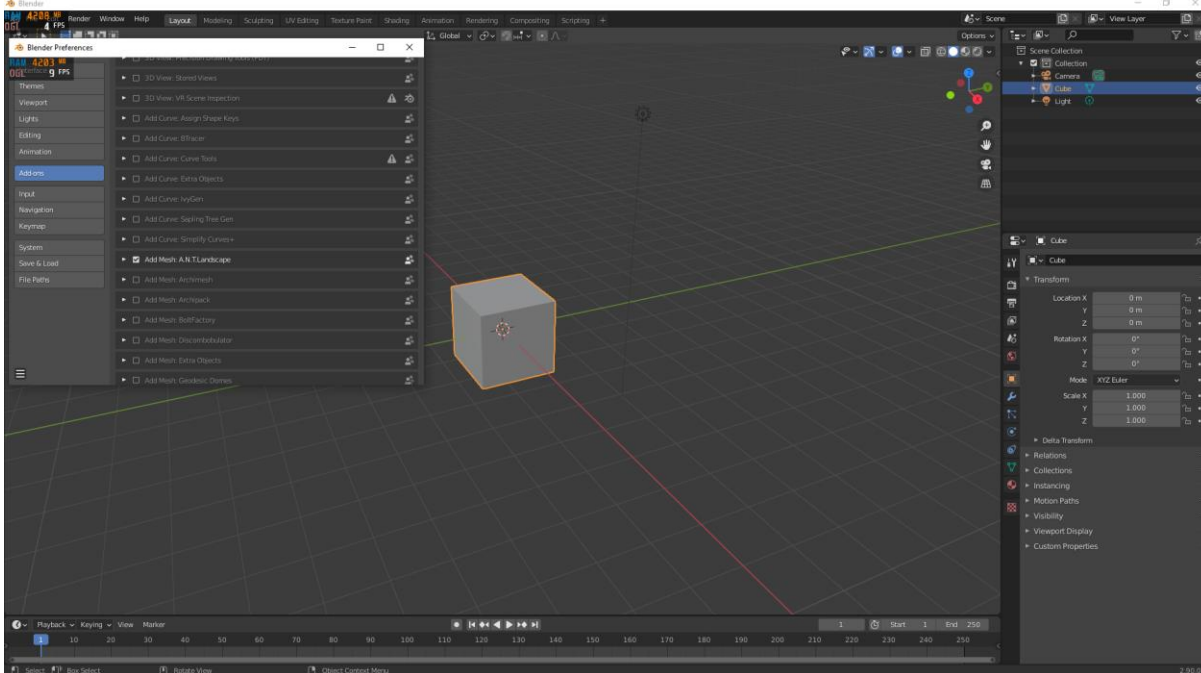
Питание УМ и генератора используется общее, от 9 – 16В. С повышением напряжения КПД устройства снижается.

Создание полигона для изучения БПЛА на платформе Blender (v.2.9 x64)

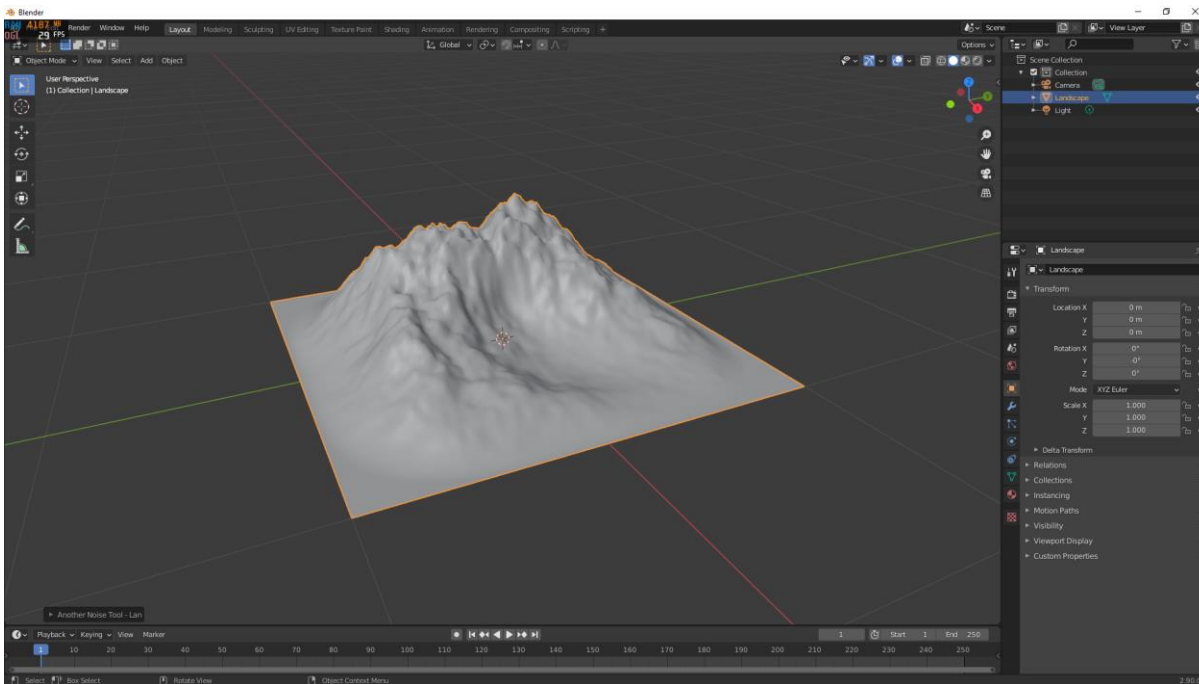
Начало работы с платформой Blender.



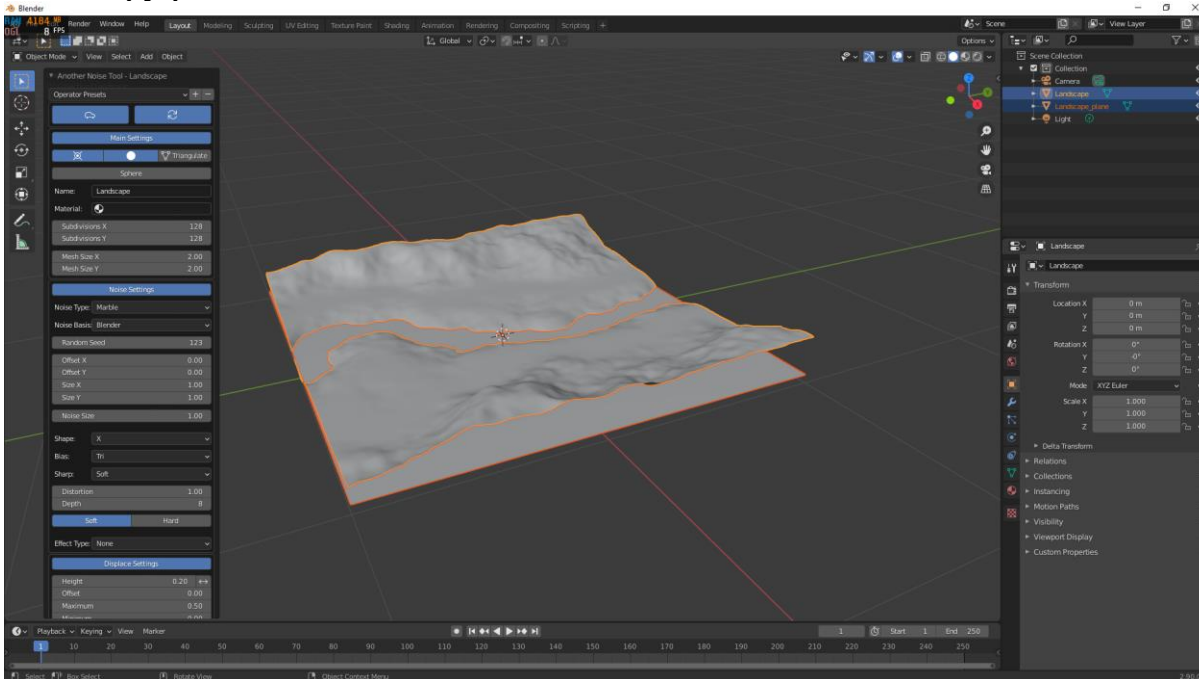
Следующим пунктом мы начинаем постепенное создание нашего пространства(полигона, ландшафта) для нашего БПЛА. При помощи аддона Add Mesh: A.N.T. Landscape приступаем к созданию платформы.



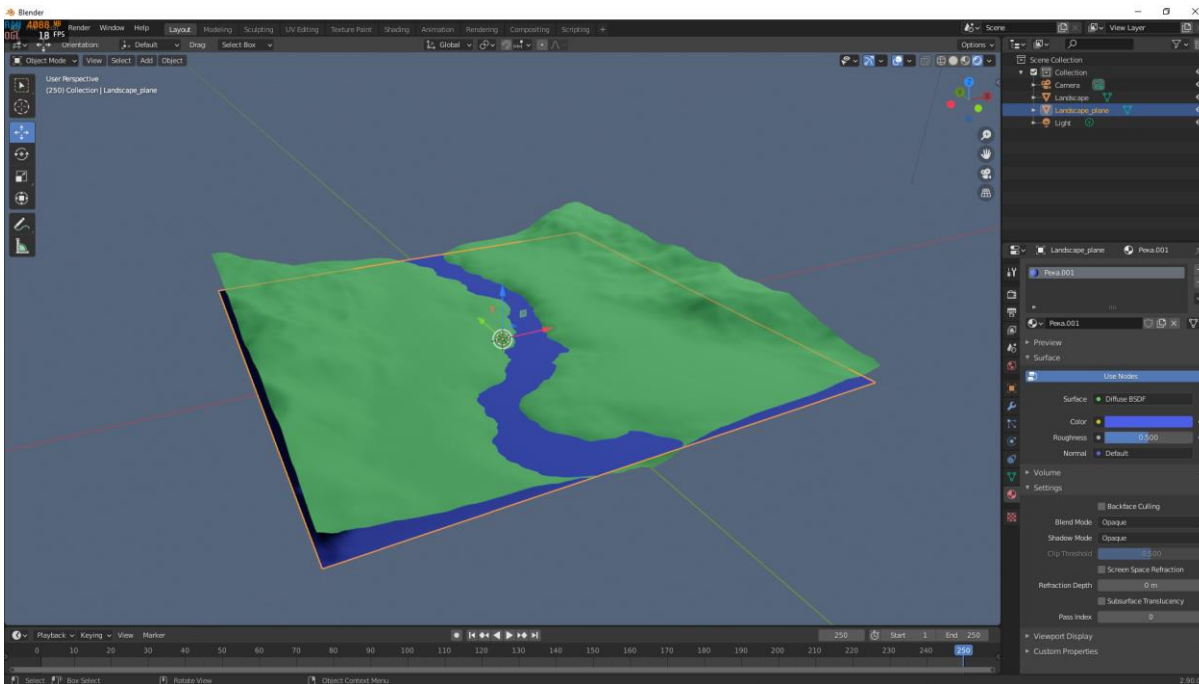
Следующим этапом идет создание классического ландшафта. Тип ландшафта изначально скалистый, горный.



После этого мною был выбран иной тип местности, а конкретно это холмистый тип с протекающей по центру рекой.

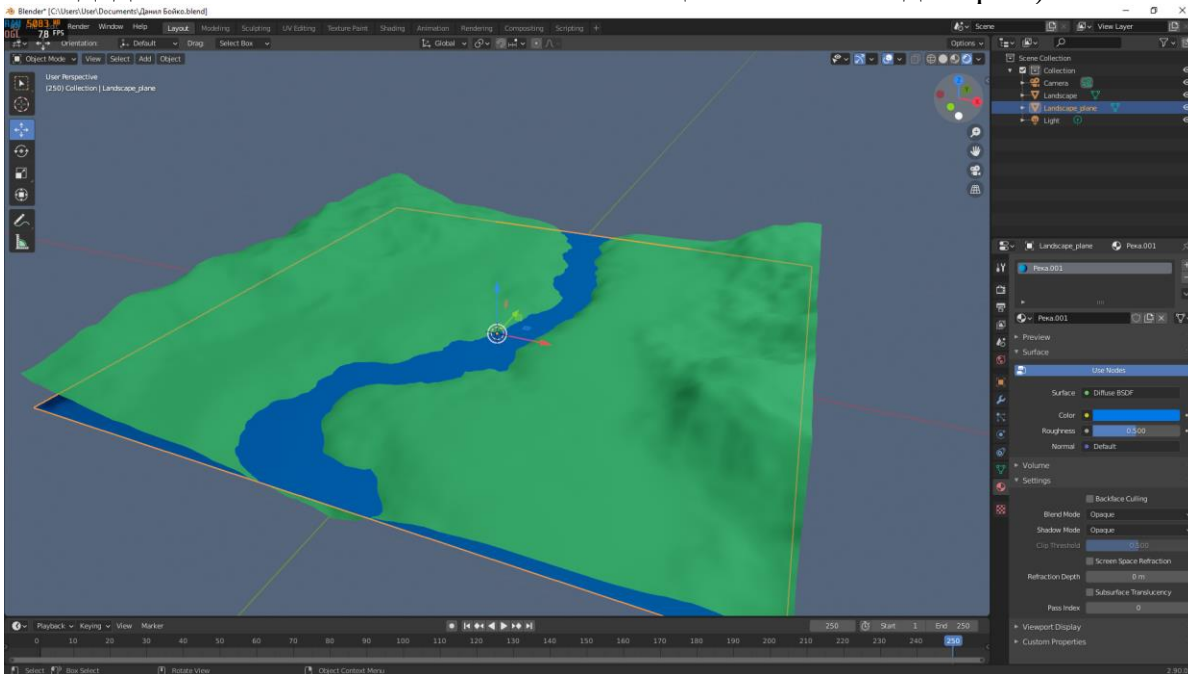


В последствии мною была создан подобный проект нашего ландшафта. Этот тип можно считать итоговым т.к. этой локации достаточно для изучения нашего БПЛА.

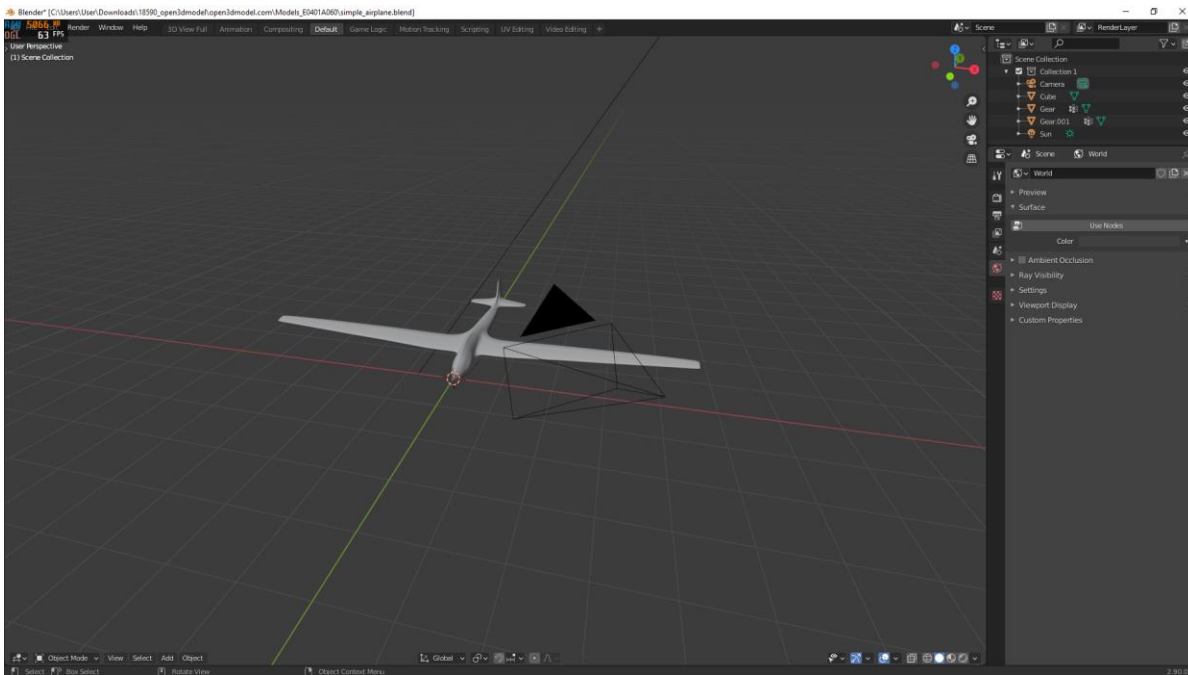


(B

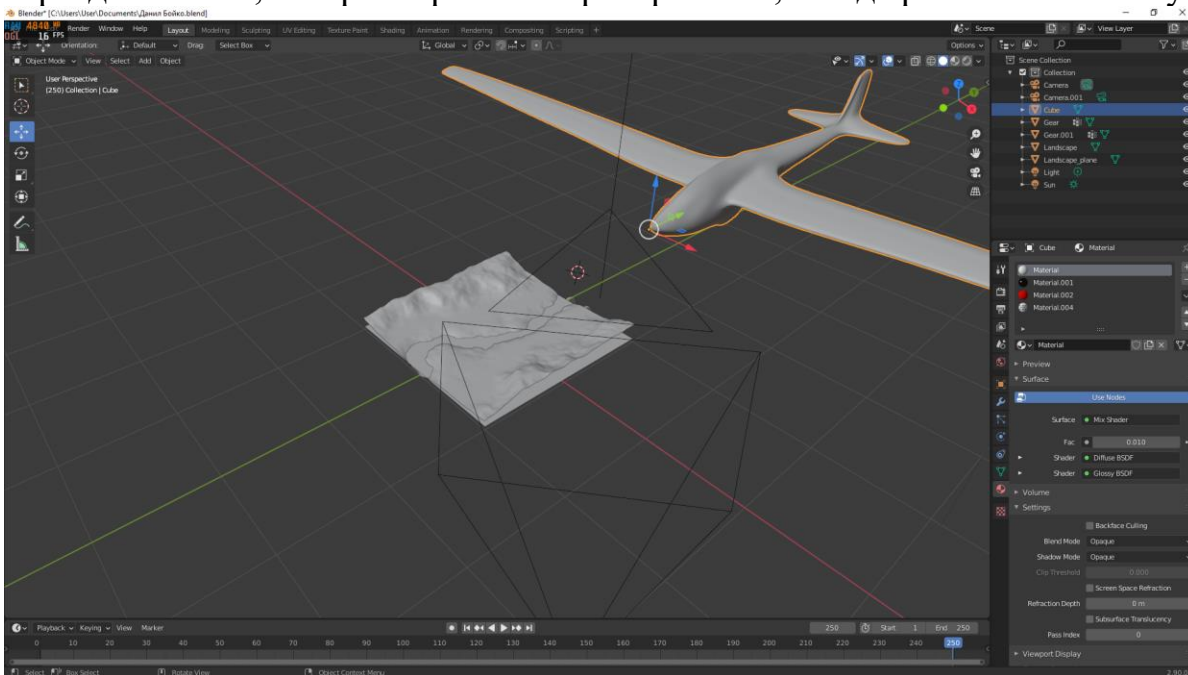
последствия мною был немного изменен цвет моего ландшафта.)



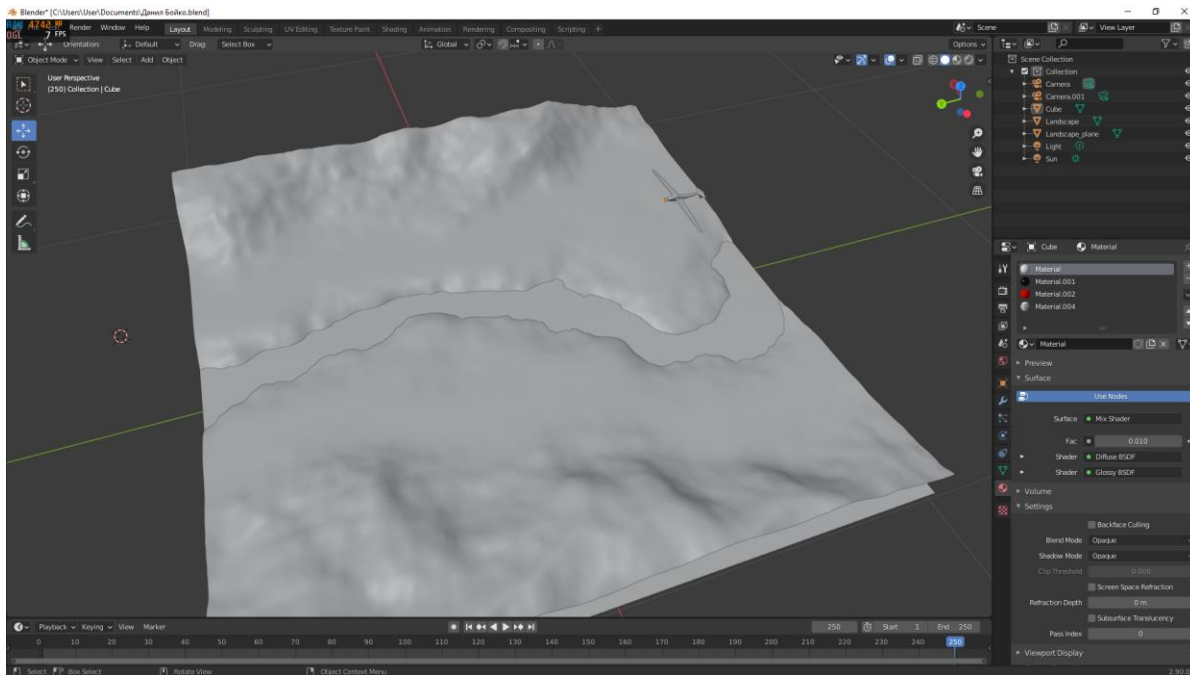
Следующим же пунктом будет добавление моего БПЛА в этот ландшафт(пространство). Данный дрон вы сможете увидеть на следующем скриншоте.



В следствии я добавляю свой дрон на свой ландшафт. Но изначально его размер после добавления гораздо больше, чем размер моего пространства, в ходе работы это все нужно исправить.

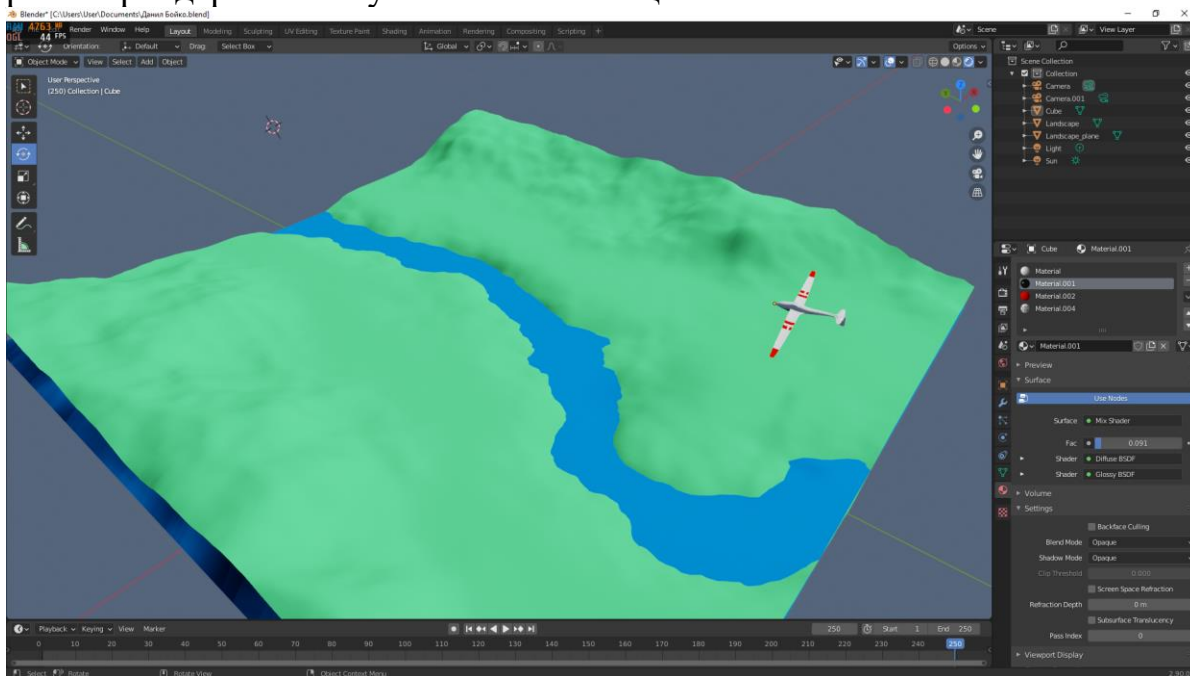


Корректируя размер нашего беспилотного летательного аппарата мы получаем исходный общий объект:



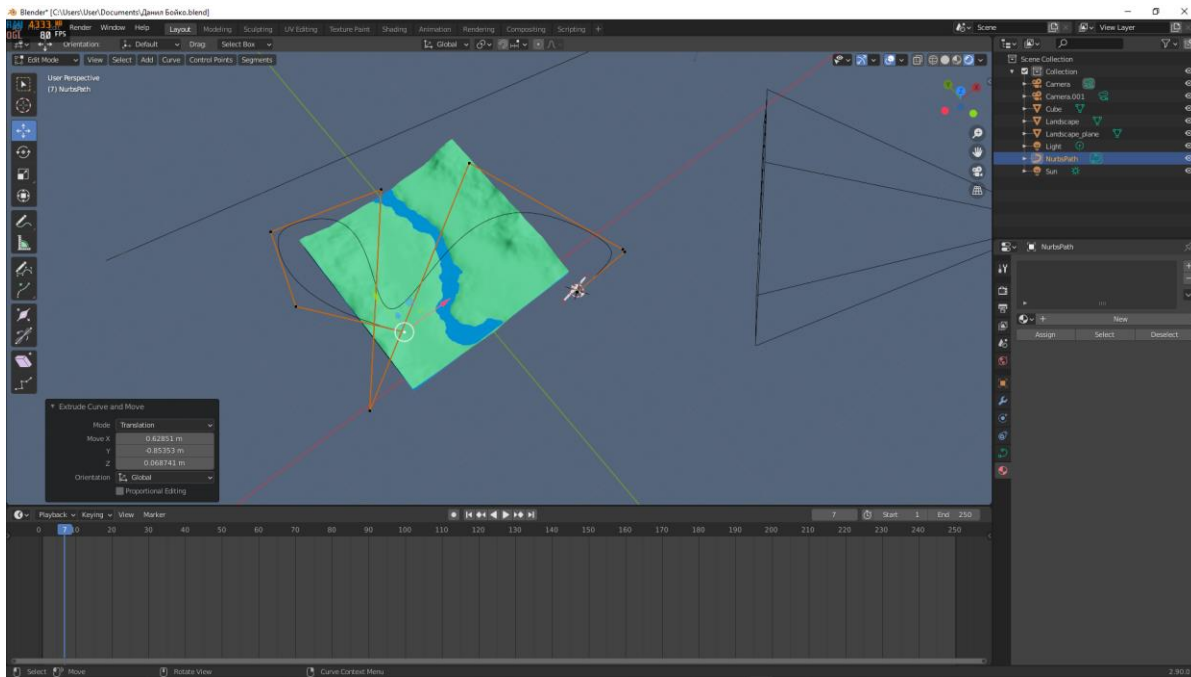
И переходя в

режим рендеринга получаем объекты в цвете:



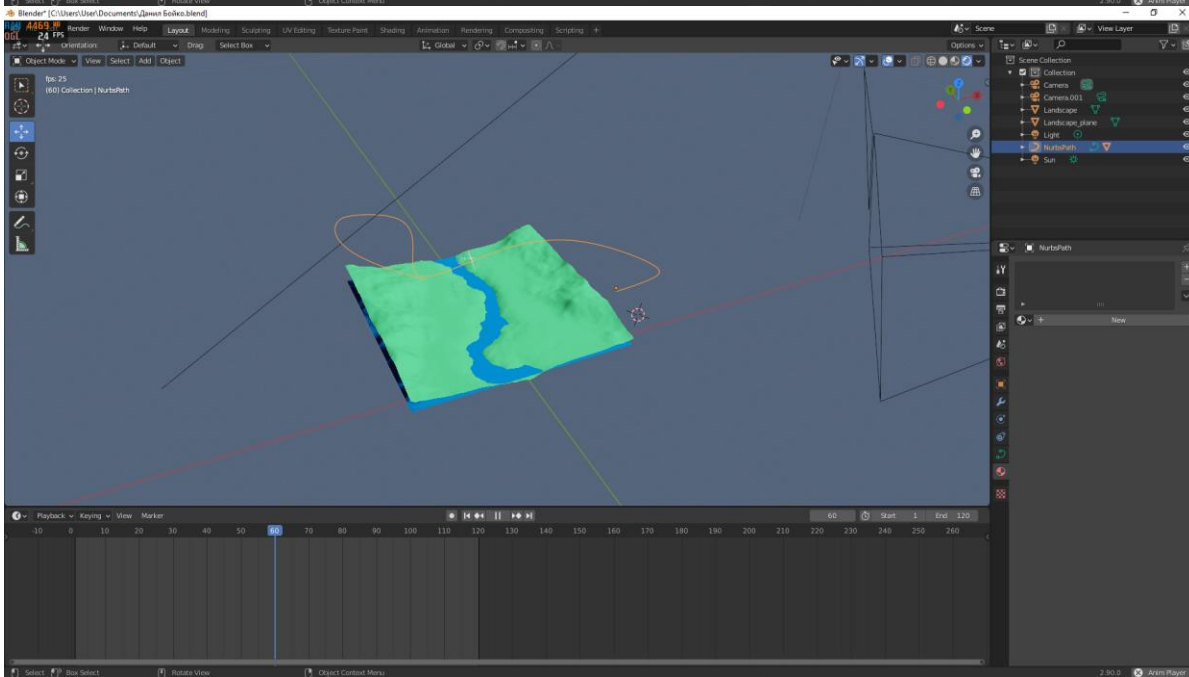
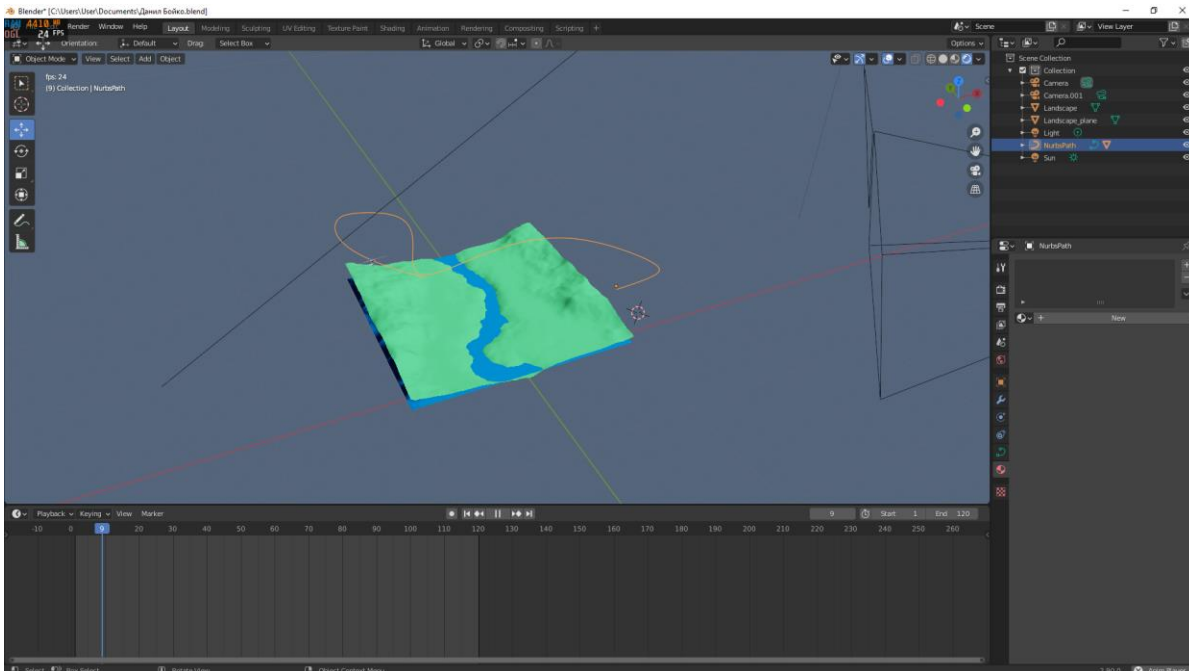
Задаем

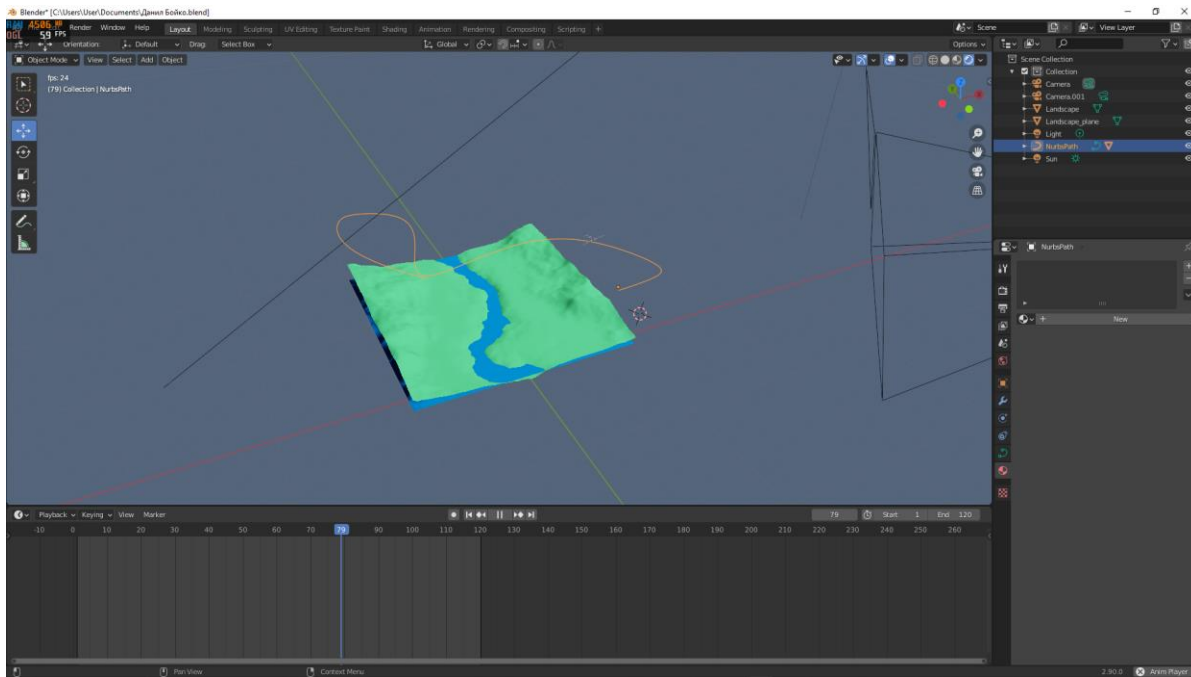
координаты движения нашему нашему БПЛА на данном ландшафте.



Далее будет

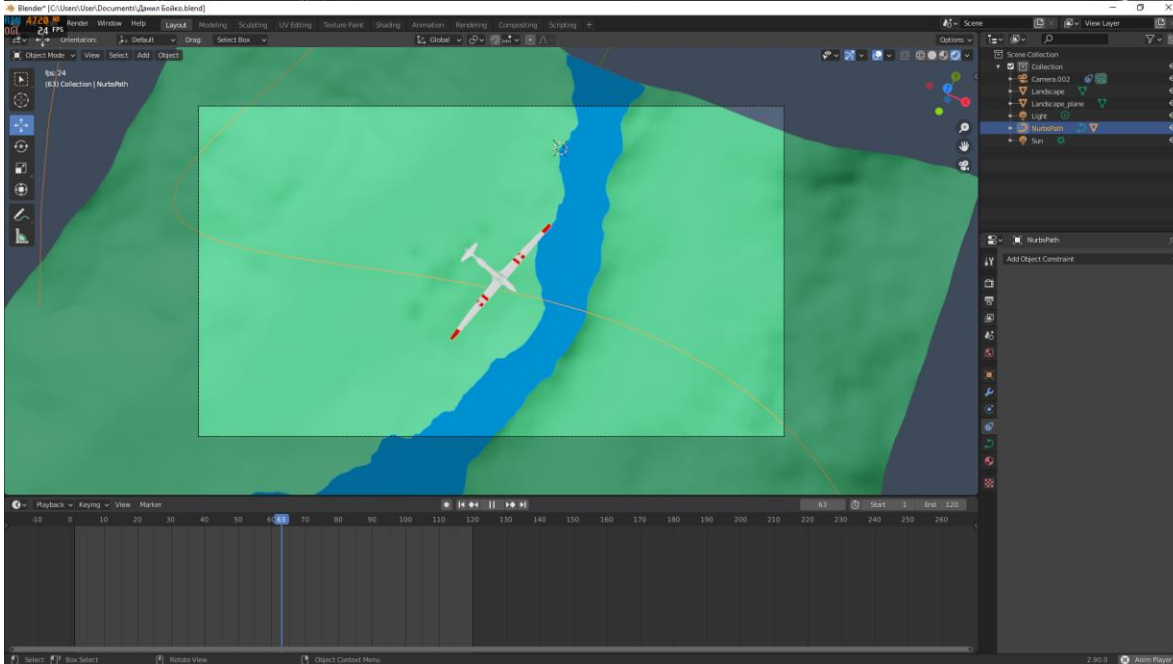
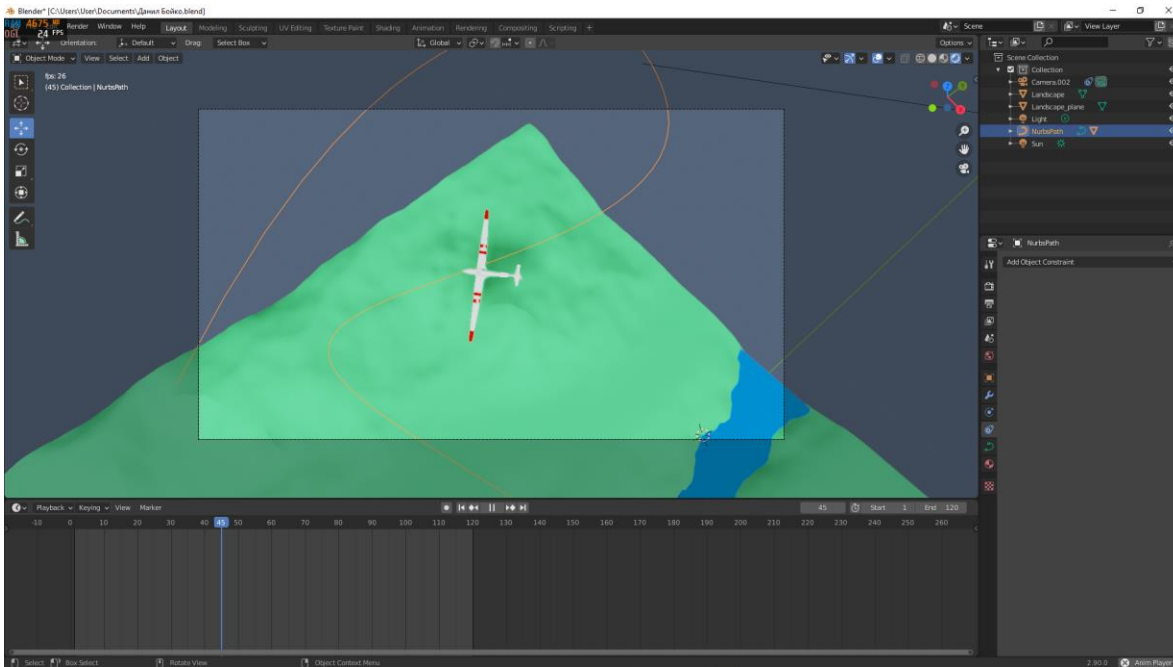
приложено несколько скриншотов движения моего БПЛА.





сверху(Вид с самой камеры):

Вид



Для будущей модели будет реализована локальная спутниковая сеть. На примере таких локальных сетей, как:

1. KazSat - 1
2. Галлео.
3. QZSS(Quazi-Zenith Satellite System)

И также, многие другие из примеров локальной спутниковой сети.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Для стран, которые являются закрытыми от мирового океана или даже от открытого выходя к морю, сложилась острая ситуация по товарообороту и логистике что приводит к увеличению стоимости конечных товаров. В английском языке существует термин «Landlocked» - означающий закрыт наземно. Казахстан является самым большим «LandLocked» государством, что привело к различным историческим и экономическим влияниям к развитию техники и технологии, в том числе машиностроению и авиастроению. Для полноценной живой внутренней и внешней стабильности, экономической, политической и военной, требуется затраты большого количества ресурсов. В том числе финансовых, человеческих и энергетических, в чем наша страна отстает в силу исторических и демографических факторов. С поставленной целью отлично справятся БПЛА, по типу крылатых планеров, способных преодолевать десятки километров на высоте до тысячи метров и при этом оставаться «не заметным» противнику. Так же остается актуальным ремонтпригодность БПЛА и взаимозаменяемость отдельных его узлов и доступность запасных частей, что крайне необходимо в полевых условиях или крайне отдаленных от центра населенных пунктах.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. [1] https://nsu.ru/xmlui/bitstream/handle/nsu/395/Text_KusainovAA.pdf
2. Nick Ters, статья для журнала TomDispatch «American empire project - Robot Warfare» 2012г.
3. Официальный сайт представитель Ardupilot, [Электронный ресурс], содержит данные о контроллере Ardupilot.2012.Режим доступа: <http://ardupilot.com/>
4. Официальный сайт представитель симулятора X-Plane. [Электронный ресурс], Содержит базу знаний о симуляторе X-Plane. Режим доступа: <http://www.x-plane.com>
5. Официальный сайт представитель симулятора FlightGear. [Электронный ресурс], Содержит базу знаний о симуляторе FlightGear. Режим доступа: <http://www.flightgear.org/>
6. Российский сайт о ракетной технике и технологии, [Электронный ресурс], Информационно-аналитическое интернет-издание по авиаракетной технике, Режим доступа: <http://www.missiles.ru>
7. Российский сайт, посвященный беспилотной авиации, [Электронный ресурс], Федутин Д. Режим доступа: <http://www.uav.ru/>
8. The Unmanned Aerial Vehicle Systems Association (UAVS), [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://www.uavs.org/>
9. Аэродинамические профили, [Электронный ресурс], база данных профилей крыла. Режим доступа, http://www.ae.illinois.edu/m-selig/ads/coord_database.html
10. Э.Б. Микиртумова. «Авиационный моделизм». Учебное пособие. 296 стр. ДОСААФ. Москва. 1956 г.
11. В.А. Боднер, «Системы управления летательными аппаратами» , Москва, Машиностроение, 1973г.
12. С.В. Богословский, А.Д. Дорофеев, «Динамика полётов летательных аппаратов», учебное пособие, СПбГУАП, 2002г

13. Кронистер Д. «Основы Blender 4-е издание». Blender-сообщество, 2011, [рус] PDF416
14. [4] https://моделка.рф/rezervnoe_pitanie_borta_aviamodeli.html