

Муниципальное бюджетное учреждение дополнительного образования
«Центр детского творчества «Мастер плюс» г. о. Самара

Международная молодёжная научная конференция
«XVIII Королёвские чтения: школьники»

ТЕМА РАБОТЫ
**«МОДЕРНИЗАЦИЯ ИСХОДНЫХ КОНСТРУКЦИЙ САМОЛЁТОВ-
ПЕРЕХВАТЧИКОВ НА ПРИМЕРЕ ДЕЙСТВУЮЩЕЙ МОДЕЛИ - КОПИИ»**

Секция
«Авиационная и ракетно - космическая техника»

Выполнил: Дягилев Антон.

Класс: 7

Место жительства: г.Самара, Самарская область

Научный руководитель: пдо Зотов Андрей Геннадьевич

Самара
2023

Оглавление

Аннотация	1
Введение	2,3
Анализ существующих решений	3
Пошаговая реализация проекта	4-11
Описание результата проекта	11
Список использованных ресурсов	12
Приложение1	13
Приложение2	14

Аннотация.

В данной работе рассмотрены проблемы навыков расчёта оптимальных полётных характеристик модернизированной модели крылатой ракеты в среде графического редактора Open Rocket. Проанализированы особенности изменения геометрии модели и её полётных характеристик, которые зависят от совокупности заложенных технических условий: стартового веса модели, типа двигателя, суммарного импульса двигателя, скорости модели, времени действия двигателей, количества ступеней ракеты. Использование в процессе проектирования методов самостоятельной исследовательской работы автора, сотворчество в паре с педагогом выявило и обосновало необходимость совместного использования общих знаний и умений. Актуальность предложенной работы очевидна и заключается в овладении навыками работы в Open Rocket для приобретения новых знаний инженерного проектирования ракетной техники.

Введение.

Цель: исследовать возможности расчёта полётных характеристик модернизированной модели самолёта –перехватчика в графическом редакторе Open Rocket.

Задачи:

- самостоятельно найти и проанализировать особенности конструкций гиперзвуковых беспилотных летательных аппаратов с крылом;
- проанализировать ошибки предыдущих двух конструкций и разработать третью схему улучшенной конструкции модели-копии;
- разработать технологию изготовления модели;
- развить коммуникационные навыки в парах «педагог -воспитанник» и «воспитанник -воспитанник» и в малой группе-команде.

Форма выполнения:

- практическая работа в средах информационных редакторов Open Rocket - 15.03, Microsoft Office, Microsoft PowerPointe;
- практическая работа по изготовлению трех лётных образцов моделей ракет разного масштаба.

Представляющий собой форму электронной документации доклад выполняется с применением информационных технологий, спецчасть – изготовленные образцы моделей-копий- доказывают практически теоретические выкладки проекта, а электронная презентация необходима для визуализации проекта при защите,

Необходимые материалы: пенопласт потолочный $S=4$ мм, экструдированный пенополистирол $S=40$ мм, бумага трансформаторная, белая бумага, клей Мастер и ПВА, свинец (весовой компонент), трубка бумажная $\varnothing 20$ мм.

Необходимые инструменты : компьютер с подключенным интернетом, принтер, сканер, карандаш, линейка, циркуль, ножницы, нож-резак, наждачная бумага, напильник, стапель, булавки, кисть клеевая, кисть белка № 1.

Анализ существующих решений

Перед достижением цели моего проекта обозначается проблема: « Могу модернизировать модель , но не могу, пока не проанализирую геометрию имеющихся прототипных ЛА, создам и сравню полётные характеристики двух предыдущих расчётных схем для внесения изменений в третью, проведу летные испытания двух первых образцов и на основании этого изменю техническое задание расчёта- масштаб, размеры, материалы, схему запуска, мощность двигательной установки, систему спасения третьей модели». Следовательно, предметом исследования в проекте является возможность корректирования технического задания обновленной аэродинамической схемы, а объектом исследования – динамика изменения массо -габаритных характеристик первых двух моделей.

Проектирование маршевой ступени ракеты с постоянным диаметром корпуса и большой несущей поверхностью-крылом - является вариантом нестандартного проектирования в OpenRocket-15.03. Для получения характеристик такой модели попытаемся «обмануть» программу и рассчитать его как дополнительные два стабилизатора свободной формы с установкой на корпусной трубе с нулевыми размерами. Этот вопрос решается практической работой проектирования в соответствии с требованиями к спортивной модели класса S7.

Пошаговая реализация проекта .

Сравнительный анализ прототипов

Первой из задач, которые призваны решить проблему, была задача ознакомления с имеющимися в мире прототипными самолётами-перехватчиками. Просмотрев интернет ,моё внимание привлекли несколько не новых ,но аналогичных по своим характеристикам, летательных аппаратов, изучение и сравнение которых привело к выбору принципиальной аэродинамической схемы моей первой летной модели.

Первым прототипом, с которым мне пришлось ознакомиться, был американский стационарный ЗРК сверхбольшой дальности действия Боинг CIM-10 Бомарк, созданный по заказу ВВС США компанией «Боинг» вместе с лабораторией аэроавиатики Мичиганского университета и предприятиями-подрядчиками. (Рис.1)

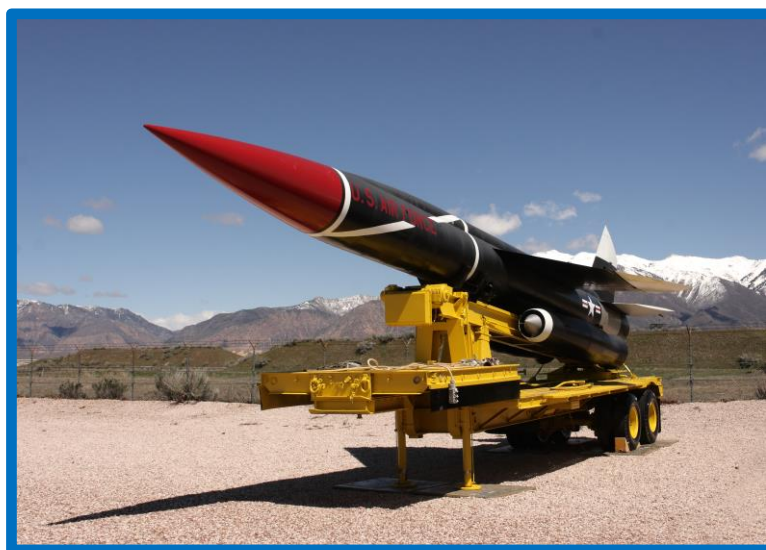


Рис.1 Самолёт-перехватчик Боинг CIM-10 Бомарк

«После окончания Второй мировой войны в США был создан беспилотный самолёт класса «земля-воздух». Фактически это была крылатая ракета, наводящаяся на цель по командам с земли. «Бомарк» представлял собой крылатую ракету с длинным цилиндрическим фюзеляжем, в носовой части размещалась радиолокационная станция, за ней – боевая часть и система наведения с автопилотом. Центральную и хвостовую часть занимали баки топли-

ва и окислителя и стартовый двигатель «Тиокол» М51, развивавший тягу 220 кН. Дальность полёта «Бомарка В» превысила 800 км.

Первая серийная ракета ИМ-99А «Бомарк А» была передана ВВС США 30 декабря 1957 года, а позже каждая эскадрилья располагала 28-ю пусковыми установками и таким же количеством ракет. Изменение приоритетов в пользу ПРО обусловило сравнительно недолгий срок службы «Бомарков». СИМ-10А были сняты с вооружения уже в 1964 году. Снятые с вооружения ракеты долгое время использовались в качестве мишеней, имитировавших советские сверхзвуковые ракеты».[3]

Вторым и третьим прототипом, которые показались интересными в плане аэродинамической схемы были разработанные в 1955 -1960 годах в ОКБ Туполева беспилотные самолеты-снаряды класса «воздух-земля», получившие в ОКБ Туполева обозначение самолет «113» (Ту-113) и самолёт «121», изделие «С» (Ту-121) (Рис.2 и 3). Для самолета-снаряда Ту-113 предполагалось использование модифицированных Ту-95 и Ту-96 в качестве самолета-носителя.

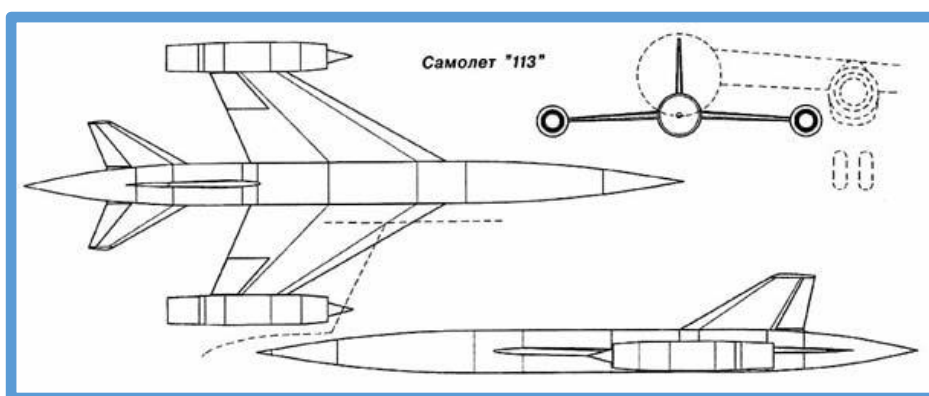


Рис.2 Самолёт-снаряд ТУ113

«Самолёт-снаряд должен был иметь дальность полета 3000-4000 км и максимальную скорость $M=2,5$ на высоте 11000-12000 м.. Самолёт-снаряд «113» предполагалось размещать в полуутопленном положении в грузоотсеке носителя Ту-95 или Ту-96 на балочном держателе. Работы по «113» (Ту-113) не вышли из стадии начальных проработок. В дальнейшем это направление работ продолжилось в проекте стратегической системы Ту-95С («135») с кры-

латой ракетой С-30»[4]



Рис.3 Отечественный БПЛА ТУ-121

«В 1957 г. КБ Туполева получил госзаказ на разработку мобильной ядерной сверхзвуковой крылатой ракеты среднего радиуса действия для запуска с наземной пусковой установки. Первый взлёт модели Ту-121 был осуществлён 25 августа 1960 г., но программа была закрыта в пользу баллистических ракет КБ Королёва. Созданная конструкция нашла применение в качестве мишени, а также при создании беспилотных самолётов разведчиков Ту-123 «Ястреб», Ту-143 «Рейс» и Ту-141 «Стриж», стоявших на вооружении ВВС СССР с 1964 по 1979 г. Ту-141 «Стриж» состоит на вооружении ВВС Украины и по-ныне».[5]

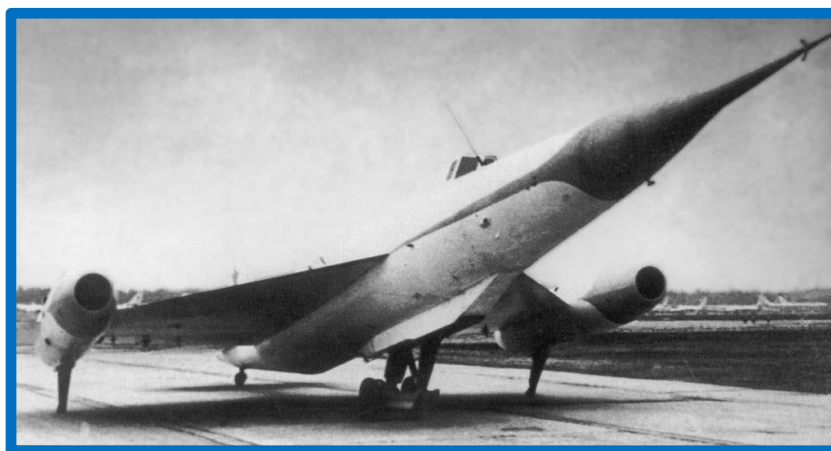


Рис.4 Реактивный стратегический разведчик (РСР)

И последним рассмотренным здесь прототипом является гибрид пилотиру-

емого разведчика РСР и стратегического самолета-снаряда РСС (С-30), конструктивно объединенные планером и стартом с самолета-носителя Ту-95С-30 (Рис.4).

«Управление полетом и наведение на цель этого летательного аппарата должно было осуществляться с борта носителя. Самолёт –носитель для этого снаряда -реактивный стратегический разведчик РСР – имел в конструкции и оборудовании новаторские решения, не имевшие аналогов в авиационной технике тех лет...был рассчитан на длительный крейсерский полет со сверхзвуковой скоростью, соответствующей 2,65М на высотах 26-28 тыс. м. Осуществляя «подскок» до динамического потолка при проходе зон противоздушной обороны вероятного противника, он оказывался недостижимым для средств ПВО...работы по космоплану и РСР (Р-020) в апреле 1961 г. были закрыты ,а образец РСР передан в МАИ, а затем в металлолом»[6]

Проведя анализ вышеизложенных аэродинамических схем, мной был сделан выбор конструкции разрабатываемой модели в пользу крыла моноплан с большой стреловидностью треугольной формы без управляющих элементов. Стабилизация по тангажу и курсу осуществляется за счёт стабилизатора, киля и форкиля. Головную часть фюзеляжа составляет обтекатель оживальной формы, который стыкуется с цилиндрическим отсеком для системы спасения. В нижней части фюзеляжа установлен двигатель МРД 10-10-4.

Проектирование лётного образца модели.

Проектирование начинается с головного обтекателя из пенопласта формой Хаака, в составе которого содержится переходная муфта и расположен весовой компонент массой 35 гр. Муфта обтекателя вставляется в корпусную трубу 1 из углеволокна, внутри неё расположена система спасения, состоящая из тормозной ленты металлизированного лавсана 100х 10,3 см и строп из эластичного шнура длиной 60 см. Крыло, проектируемое как оперение свободной формы из двух деталей из бальсы $S=5\text{мм}$, расположено относительно середины корпусной трубы. Оперение модели ,состоящее из стабилизатора и киля, также проектируется как оперение свободной формы

из трех деталей бальзы S=3 аэродинамической формы. Гаргрот для увеличения жёсткости фюзеляжа модели и как элемент масштабных подробностей, также рассчитывается как оперение свободной формы 3 и выполняется из бальсы S=3 мм аэродинамического профиля. Корпусная труба содержит внутреннюю трубу из картона, являющуюся элементом крепления двигателя. Центрирующее кольцо из пенополиизола фиксирует внутреннюю трубу с двигателем относительно корпусной трубы, а во избежание перемещения двигателя применяется упор двигателя из пропитанной крафт – бумаги. Силовая установка, двигатель С6-0 фирмы Арогее, равный МРД-10-10- по габаритным размерам и суммарной тяге , выбирается в таблице аналогов ПО. Внутри трубы устанавливается пыж - перегородка из стекловолокна – после укладки тормозной ленты.

Расчёт одного бустера выполнен по схеме стандартного пошагового проектирования одноступенчатой модели (Приложение 1). В маршевую ступень вносим их имитации в виде элементов направляющих колец, по весу равных общему весу бустеров для получения более точных центров тяжести

и давления. Два направляющих кольца из карбона завершают общий расчёт модели (Приложение 2)

Заложив в программе силу и скорость ветра, угол старта, влажность и температуру воздуха, а также все полётные события - пуск, зажигание двигателя, отрыв,

сход с направляющей и до приземления - рассчитывается график полётных характеристик. Он показывает устойчивость траектории проектируемой ракеты, учитывая резкий старт и плавное снижение приземляемой модели.

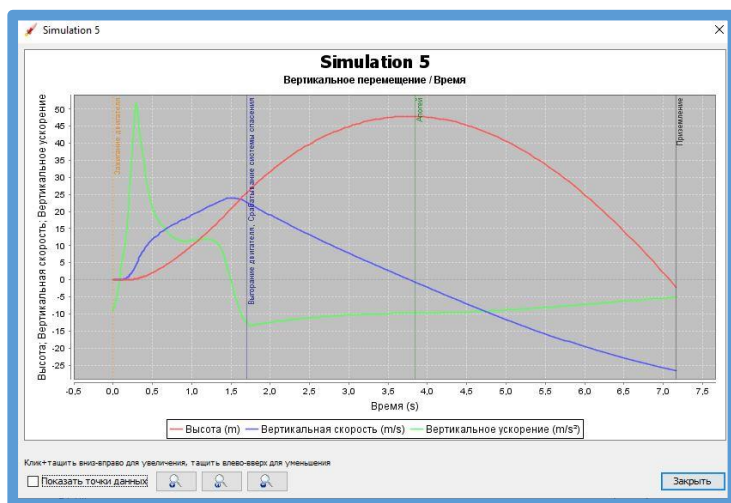




Рис.5 Модернизация модели

Модель представляет собой спортивную копию, сделанную в соответствии с томом S7 РФРС, выполненную в масштабе. Головная часть изделия выточена из пенопласта с весовым компонентом массой 35 г свинца. Корпус её выполнен из ватмана, сформованного на цилиндрической оправке, в одноступенчатом варианте. Система спасения представляет собой тормозную ленту длиной 0,8м, прикреплённую к головной части системой резиновых амортизаторов и строп. Крыло, горизонтальное и вертикальное оперение выполнены из бальзы, имеют аэродинамический профиль.

Старт с пусковой установки осуществляется при помощи маршевого двигателя МРД 20-10 -4. Имитации ускорителей добавлены для улучшения стендовой оценки и перед стартом они демонтируются.

На второй лётной модели изменены масштаб и размеры, установлены вниз под 30° законцовки крыльев. на заднюю кромку крыла монтируются элероны.

ны, добавлен форкиль под фюзеляж. Силовая установка –двигатель МРД – остаётся прежней.

На третьей лётной модели изменены масштаб, размеры и материалы, крыло возвращается к треугольной монолитной форме , добавлены рабочие бустеры с двигателями МРД 10-10-4 под крылом. Маршевая силовая установка изменена на двигатель МРД 30-6.

Этап полетных испытаний.

Полётные испытания тестовой ракеты 1Л прошли на аэродроме Смышляевка весной 2021 года с использованием двигателей МРД-10-10. Пуск со стартового стола прошел штатно, после схода с направляющей ракета вертикально набрала высоту с вращением вокруг своей оси в соответствии с полётом реального прототипа и продолжала траекторию полёта со снижением до срабатывания вышибного заряда и штатным приземлением на парашюте.



После полётных испытаний модели 1Л были внесены изменения в конструкцию и получена улучшенная версия ракеты 2Л с той же схемой.

Лётные испытания ракеты 2Л прошли на аэродроме Смышляевка осенью 2021 года во время тренировочных запусков ракет класса S7. Пуск со стартового стола прошел штатно, ракета вошла в спиральный полет с небольшим набором высоты вправо, но система спасения не сработала и ракета начала быстрое неуправляемое снижение до удара о землю. После посадки были выявлены повреждения правого стабилизатора, киля, головного обтекателя, правого крыла. Ракета приземлилась на землю с повреждениями, практический полёт не состоялся, но планируется доработка: установка

гаргрота для увеличения путевой устойчивости, замена парашюта на тормозную ленту.

После полётных испытаний модели 2Л снова были внесены изменения в конструкцию и изготовлена улучшенная версия модернизированной ракеты 3Л, лётные испытания которой будут проводиться на аэродроме Смышляевка будущей весной. Ожидается полёт без вращения по крену вследствие работы бустеров, более плавное снижение модели и дальности полёта за счет увеличения площади несущих поверхностей, проверка работоспособности объединенной силовой установки.

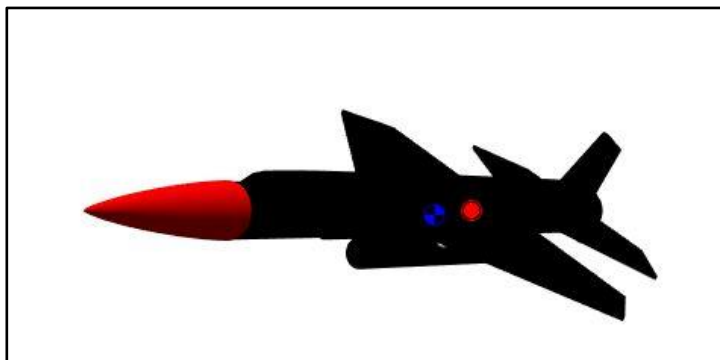
Описание результата проекта.

Перед достижением цели моего проекта обозначается проблема: « Могу модернизировать модель , но не могу, пока не проанализирую геометрию имеющихся прототипных ЛА, создам и сравню полётные характеристики двух предыдущих расчётных схем для внесения изменений в третью, проведу летные испытания двух первых образцов и на основании этого изменю техническое задание расчёта- масштаб, размеры, материалы, схему запуска, мощность двигательной установки, систему спасения третьей модели». Следовательно, предметом исследования в проекте является возможность корректирования технического задания обновленной аэродинамической схемы, а объектом исследования – динамика изменения массо -габаритных характеристик первых двух моделей.

Проектирование маршевой ступени ракеты с постоянным диаметром корпуса и большой несущей поверхностью-крылом - является вариантом нестандартного проектирования в OpenRocket-15.03. Для получения характеристик такой модели попытаемся «обмануть» программу и рассчитать его как дополнительные два стабилизатора свободной формы с установкой на корпусной трубе с нулевыми размерами. Этот вопрос решается

практической работой проектирования в соответствии с требованиями к спортивной модели класса S7.

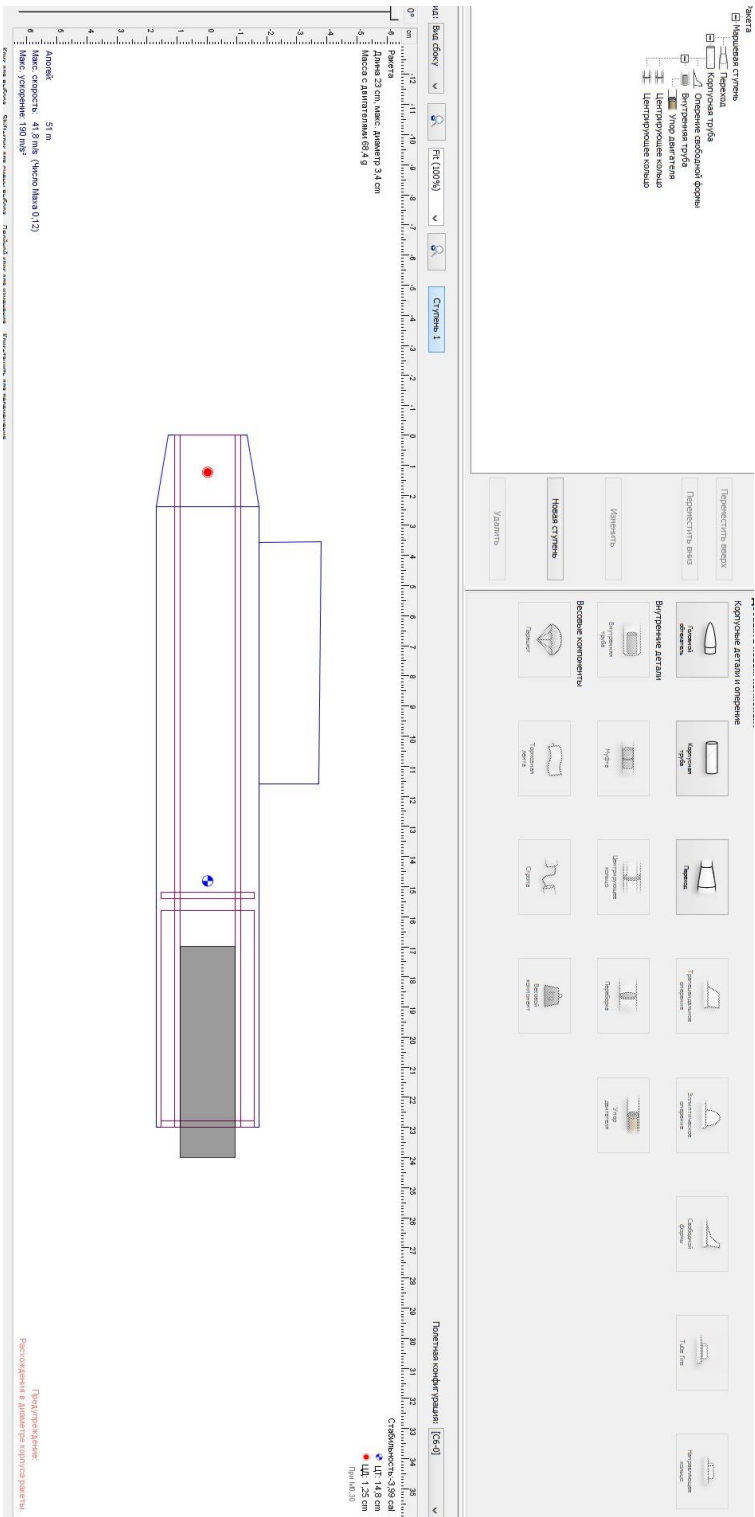
В данной работе рассмотрены проблемы навыков расчёта оптимальных полётных характеристик модернизированной модели крылатой ракеты в среде графического редактора Open Rocket. Проанализированы особенности изменения геометрии модели и её полётных характеристик, которые зависят от совокупности заложенных технических условий: стартового веса модели, типа двигателя, суммарного импульса двигателя, скорости модели, времени действия двигателей, количества ступеней ракеты. Использование в процессе проектирования методов самостоятельной исследовательской работы автора, сотворчество в паре с педагогом выявило и обосновало необходимость совместного использования общих знаний и умений. Актуальность предложенной работы очевидна и заключается в овладении навыками работы в Open Rocket для приобретения новых знаний инженерного проектирования ракетной техники.



Список использованных источников:

1. Юферов Сергей – Самолеты-снаряды СССР- Журнал «Военное обозрение» от 27.09.2012г.;
- 2.Рябов Кирилл-Мысли об оружии ближайшего будущего- Журнал «Военное обозрение» от 25.07.2012г.;
3. <http://apotime.ru/bomark-zashhitnik-severoamerikanskogo-kontinenta>
4. <https://testpilot.ru/russia/tupolev/113/>;
- 5.https://olymp.asclub.ru/publ/arkhiv_rabot/shestnadcataja_olimpiada_2019_20_uch_god/bespilotnye_udarnye_samoljoty_kakovy_perspektivy_razvitija/39-1-0-2516;
6. <https://www.airbase.ru/hangar/russia/tsybin/rsr/index-t.htm>
7. <https://topwar.ru/19339-samolety-snaryady-sssr.html>;
8. <https://naukatehnika.com/protivokorabelnyj-samolet-snaryad-ks-1-kometa.html>;
- 9.<https://multiurok.ru/files/metodika-konstruirovaniia-letaiushchikh-modelei-ra.html>;
10. <https://alternathistory.com/samolet-snaryada-s-porshnevym-dvigatelem-obraztsa-1931-goda>;

Расчётная схема бустера модели.



Расчётная схема модернизированной лётной модели кл.S7.

