

Научно-исследовательская работа

Физика

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В
РАКЕТОМОДЕЛЬНОМ СПОРТЕ**

Выполнил:

Дощинский Матвей Сергеевич

учащийся 11 класса

МБОУ СОШ № 15, Россия, г.Апатиты

Коркачева Дина Александровна

научный руководитель

МБОУ СОШ № 15, Россия, г.Апатиты

ВВЕДЕНИЕ

Ракетомоделизм является одним из самых популярных технических видов спорта. Я начал знакомство с этим видом спорта на занятиях в кружке Дома творчества имени академика А.Е. Ферсмана под руководством Иванова Сергея Борисовича. Мое увлечение определило дальнейший путь ракетомоделиста и переросло в серьезные намерения – в настоящее время я являюсь кандидатом в мастера спорта и не собираюсь останавливаться на достигнутом. Свою профессиональную деятельность в будущем рассматриваю в сфере ракетостроения. Стремление познать, проанализировать и добиться более высоких результатов заставляет моделиста изучать специальную литературу, сопоставлять и размышлять, приучаясь к систематической работе над собой, над своим образованием. В процессе изготовления модели моделист обучается пользоваться различными инструментами, применять на практике различные технологические приемы, привлекать нужные сведения из самых различных областей техники. Я искренне надеюсь, что и в 21-м веке Большой Космос останется за нами: мы первыми долетим до Марса, закрепимся на Луне, а российские ракетоносители, спутники и другая космическая техника будут самыми лучшими в мире.

Актуальность: для продвижения и совершенствования ракетомоделизма необходимы знания физики в области аэродинамики, а так же геометрии. Кроме этого необходимы постоянные исследования аэродинамики модели, её поведения в воздухе на протяжении полёта, а так же поиск более прочных и продуктивных конструкций спасательных систем. Развитие ракетомодельного спорта ровно, как и ракетостроения и авиации невозможно без научных исследований. Ведь модель – это тот же самый объект, но в другом масштабе и по своим физическим свойствам существенно ничем не отличается от него.

Изучение информационных источников, уточнение темы: в процессе работы над данной темой была проанализирована основная учебная и учебно-популярная литература, которая позволила осуществить выполнение учебно-исследовательской работы. Знакомство с литературой было начато с книги

Рожкова В.С. «Космодром на столе». В книге в доступной и занимательной форме изложены основы аэродинамики, баллистики и других наук, необходимых для конструирования моделей ракет и космических аппаратов. Рассмотрены вопросы конструирования и технологии изготовления моделей ракет-носителей, даны чертежи и описания этих моделей. Много интересной информации я нашел в книге Минакова В.И. «Спортивные модели – копии ракет». А также в этой книге опубликован ориентировочный список литературы, что очень помогло в составлении собственного списка по конкретной теме.

Значимость и новизна: направлением данного исследования являются возможности применения современных информационных технологий в ракетомодельном спорте. Ракетомодельный спорт - технический вид спорта, в котором участники соревнуются в конструировании, изготовлении, организации запуска и пилотировании (радиоуправляемых) моделей ракет. На профессиональном уровне занятия ракетомодельным спортом, с использованием знаний, полученных при изучении физики в школе, и чтении научной литературы, а так же наличии доступа к современным вычислительным технологиям была сделана попытка изучения некоторых понятий аэродинамики летательного аппарата и интенсивности факторов, влияющих на поведение модели в процессе полета. Ожидаемые результаты исследований позволят произвести качественную и количественную оценку аэродинамических условий полета модели ракеты и выявить интенсивность факторов, влияющих на модель ракеты в течение крейсерского режима полета. Стоит отметить, что исследование проводится не только в математическом виде, но и в физических испытаниях конкретной изготовленной модели ракеты.

Объект исследования: модель летательного аппарата при движении в воздушном пространстве.

Предмет исследования: воздушный поток, омывающий корпус модели летательного аппарата при ее движении.

Для проведения исследования была выдвинута гипотеза: использование программного комплекса при создании модели ракеты позволит произвести качественную и количественную оценку аэродинамических условий полета модели ракеты и выявить интенсивность факторов, влияющих на модель ракеты в течение крейсерского режима полета.

Цель исследования: выявление зависимости аэродинамических параметров воздушного омывающего потока от формы модели летательного аппарата в программном комплексе ANSYS Fluent.

Исходя из цели, были поставлены следующие задачи:

1. Собрать и систематизировать информацию по теме исследования.
2. Разработать и исследовать модель на компьютере.
3. Осуществить полную сборку модели.
4. Запустить модель. Обработать и проанализировать результаты.

Методы исследования:

- ✓ теоретические (анализ и синтез)
- ✓ экспериментальные (моделирование и конструирование);
- ✓ математические (расчеты и визуализация данных).

Прикладная значимость: результаты исследования помогут создавать модели с заданными параметрами, а, следовательно – добиться успехов в ракетомодельном спорте.

ГЛАВА I. ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

1.1. Аэродинамика



Рис. 1. Ламинарный и турбулентный потоки

Аэродинамика – это раздел механики сплошных сред, в котором изучаются закономерности движения воздуха и других газов, а также характеристики тел, движущихся в воздухе.

В полёте модель подвергается влиянию многих сил, обусловленных наличием

воздуха, но все их можно представить в виде трёх главных сил: силы тяжести, силы тяги двигателя и силы сопротивления воздуха.

Силе тяги двигателя противодействует сила сопротивления воздуха и сила тяжести. Сопротивление, которое воздействует на модели ракет и сами ракеты создается двумя силами: трением и давлением. Сопротивление трения возникает благодаря «вязкости» среды, в которой происходит движение. Двигаясь в атмосфере, тело «сдвигает» слои воздуха, очень близко прилегающие к его поверхности. Напряжение сдвига появляется потому, что частицы воздуха на самой поверхности движутся вместе с телом, а на сравнительно небольшом расстоянии от тела воздух неподвижен.

Сопротивление давления возникает потому, что воздушная среда обладает инерцией, мерой которой служит ее масса или массовая плотность. Когда тело движется в атмосфере, частицы воздуха должны расступаться, освобождая пространство для тела. При этом они ускоряются и в соответствии с физическими законами Ньютона оказывают противодействие движущемуся телу. В результате такого противодействия и возникает сопротивление давления. На данный момент не было проведено подобных исследований, касающихся моделей ракет. При появлении возможности и современных вычислительных технологий было принято решение провести данное исследование. Так же необходимо учитывать такой фактор, как турбулентность. Простыми словами турбулентность – это завихрение воздушных потоков, движущихся в одном направлении. На рисунке ниже приведены примеры ламинарного и турбулентного потоков [1].

1.2. Основоположники аэродинамики



Жуковский Николай Егорович (1847 – 1921), русский ученый в области механики, основоположник современной гидроаэродинамики. Жуковский является автором многочисленных оригинальных исследований в области механики твердого тела, астрономии, математики, гидродинамики и гидравлики, прикладной механики, теории регулирования

машин. Для его работ характерно сочетание глубоких теоретических изысканий с инженерным подходом к решению технических задач [9].



Циолковский Константин Эдуардович (1857 – 1935), русский советский ученый и изобретатель в области аэродинамики, ракетодинамики, теории самолета и дирижабля; основоположник современной космонавтики. Важнейшие научные результаты получены Циолковским в теории движения ракет (ракетодинамике). Его исследования впервые показали возможность достижения космических скоростей, доказав осуществимость межпланетных полетов [9].



Чаплыгин Сергей Алексеевич (1869 – 1942), советский ученый в области теоретической механики, один из основоположников современной гидроаэродинамики, академик АН СССР. Большой вклад внес Чаплыгин в математику. Его исследования по приближенному интегрированию дифференциальных уравнений принадлежат к крупным достижениям математической мысли. Идеи Чаплыгина оказались применимы не только для решения широких классов дифференциальных уравнений, но и при приближенном решении весьма общих классов функциональных уравнений.



Челомей Владимир Николаевич (1914 – 1984), советский учёный в области механики и процессов управления, академик АН СССР. Под руководством Челомея создан ряд важнейших объектов ракетной, космической и авиационной техники. С 1952 профессор Московского высшего технического училища им. Н. Э. Баумана. Основные труды по конструкции и динамике машин, теории колебаний, динамической устойчивости упругих систем, теории сервомеханизмов [9].



Королев Сергей Павлович (1906 – 1966), советский учёный, конструктор ракетно-космических систем, академик АН СССР. Королев работал в ОКБ заместителем главного конструктора двигателей, занимаясь проблемой оснащения серийных боевых самолётов жидкостными ракетными ускорителями. Деятельность Королева как руководителя крупного коллектива была направлена на создание мощных ракетных систем [9].

Фото 1. Основоположники аэродинамики

1.3. Ракетомодельный спорт

Ракетомодельный спорт - это технический вид спорта, в котором участники соревнуются в конструировании, изготовлении, организации запуска и пилотировании (для радиоуправляемых) моделей ракет и ракетопланов. Ракетомодельный спорт делится на 2 основных класса: «S» и «F» (S - ракеты, F - самолёты). Данное исследование проводится на классе «S». Этот класс делится на множество подклассов: от S -1, до S -12. Мы остановимся на классе S-3. Это модель, спасательной системой которой является парашют. Задача участника соревнований построить и запустить модель на продолжительность полёта. Максимальное фиксируемое время полёта модели – 360 секунд. Ключевые особенности ракетомодельного спорта: изготовление и сборка модели является обязанностью спортсмена; по ракетомодельному спорту проводятся соревнования от городского до мирового масштабов; ракетомодельный спорт на международном уровне курируется FAI¹; в России функционирует Комитет по моделям ракет при федерации авиамодельного спорта; порядок проведения соревнований обговаривается в Кодексе FAI и Правилах проведения соревнований; ракетомодельный спорт включен во Всероссийский реестр видов спорта; по ракетомодельному спорту присваиваются разряды и спортивные звания [10].

¹ Международная авиационная федерация - международный союз национальных авиационных организаций, групп или клубов. Главная задача — развитие спортивной авиации и космонавтики во всём мире.

ГЛАВА II. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Основные этапы разработки и исследования моделей

Этап I. Описательная информационная модель

На первом этапе исследования объекта или процесса обычно строится описательная информационная модель. Такая модель выделяет существенные, с точки зрения целей проводимого исследования, свойства (параметры) объекта, а несущественными свойствами пренебрегает. Сначала построили качественную описательную модель процесса движения ракеты с использованием объектов, понятий и законов физики. Основные допущения: ракета мала по сравнению с Землей, поэтому ее можно считать материальной точкой; изменение высоты ракеты мало, поэтому ускорение свободного падения можно считать постоянной величиной $g = 9,8 \text{ м/с}^2$; в полёте модель подвергается влиянию многих сил, обусловленных наличием воздуха, но все их можно представить в виде трёх главных сил: силы тяжести, силы тяги двигателя и силы сопротивления воздуха.

Этап II. Формализованная модель. Компьютерная модель

Выбор инструмента для вычислительной гидродинамики

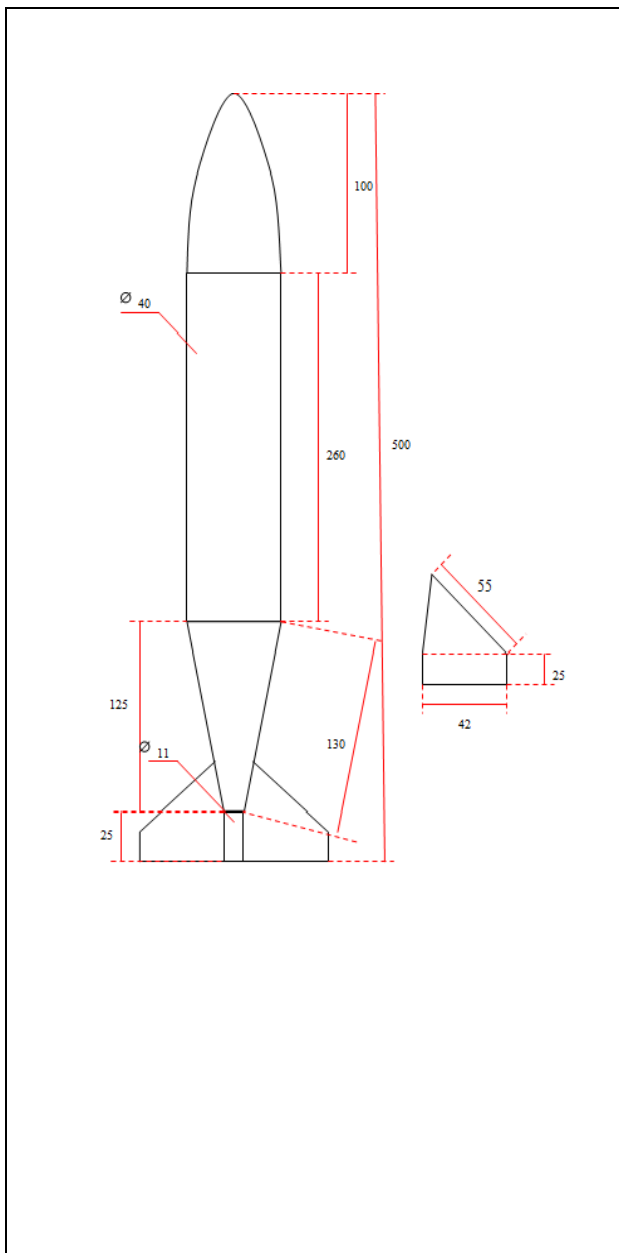
Для работы был использован 3D редактор Gambit. Выбор обоснован тем, что у данной программы довольно простой и понятный интерфейс, а так же она относится к программному комплексу ANSYS Fluent, который является самым мощным инструментом для вычислительной гидродинамики, позволяющим ускорить и углубить процесс разработки и повышения эффективности любых изделий, чья работа так или иначе связана с течениями жидкостей и газов. Он содержит широкий набор тщательно верифицированных моделей, обеспечивающих быстрое получение точных результатов для самых разных задач гидро- и газодинамики. Fluent предлагает богатый выбор моделей для описания течений, турбулентности, теплопереноса, химических реакций, позволяющих моделировать широчайший спектр процессов: от обтекания крыла самолёта до горения в топке котла ТЭЦ, от пузырькового течения в

барботажной колонне до волновой нагрузки на нефтяную платформу, от кровотока в артерии до осаждения паров металла при производстве полупроводников, от вентиляции дата-центра до течения в очистных сооружениях.

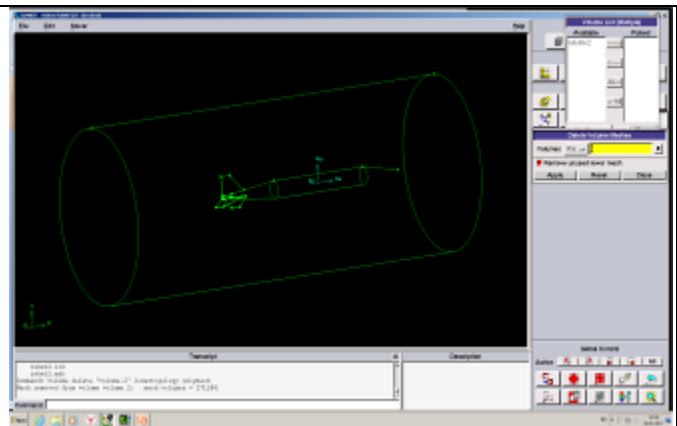
Создание геометрического 3D образа модели

Чертеж 1. Схема модели

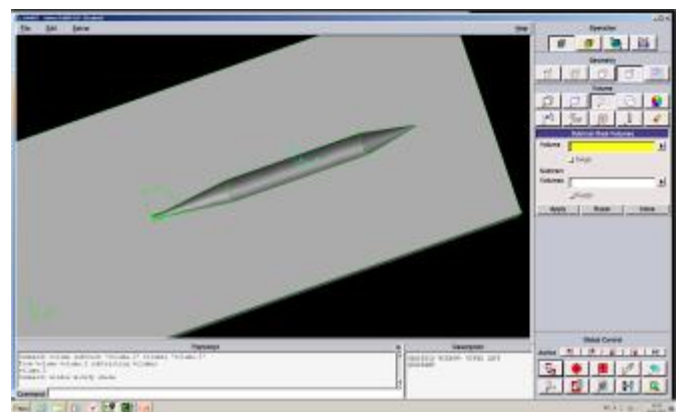
образа модели



Скриншот 1. Создание 3D



Модель находится в цилиндре. Этот цилиндр будет использоваться в качестве пространства, в котором будет двигаться модель. Далее была создана сама проекция модели.

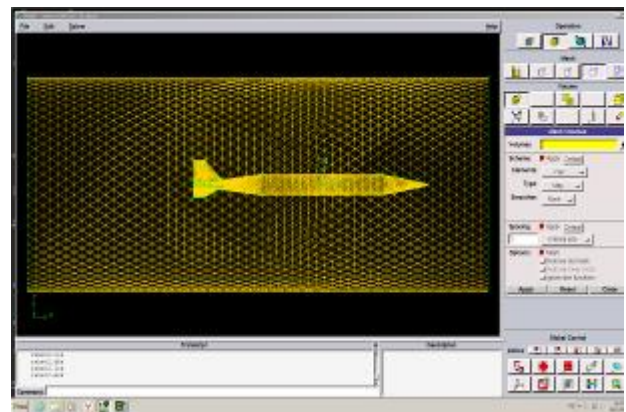
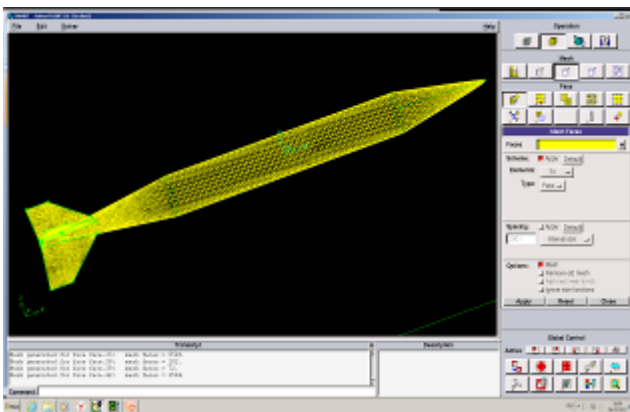


Наложение динамической расчетной сетки

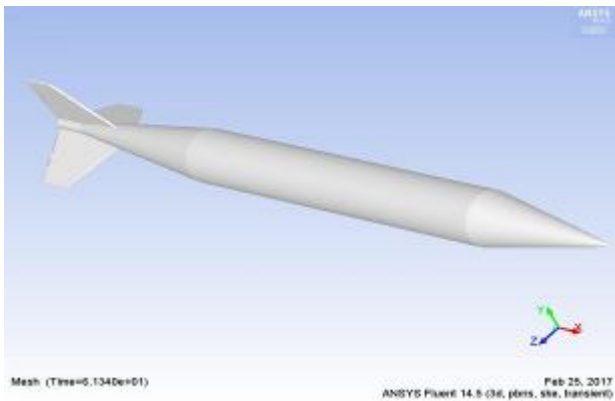
В случае больших перемещений и деформаций границ области течения, встроенный сеточный генератор позволяет ANSYS Fluent перестраивать сетку прямо во время решения.

Скриншот 2. Наложение динамической расчетной сетки

Для более точного следования модель ракеты была создана как полый внутри контур. Каждая ячейка в этой сетке проводит математическое вычисление.

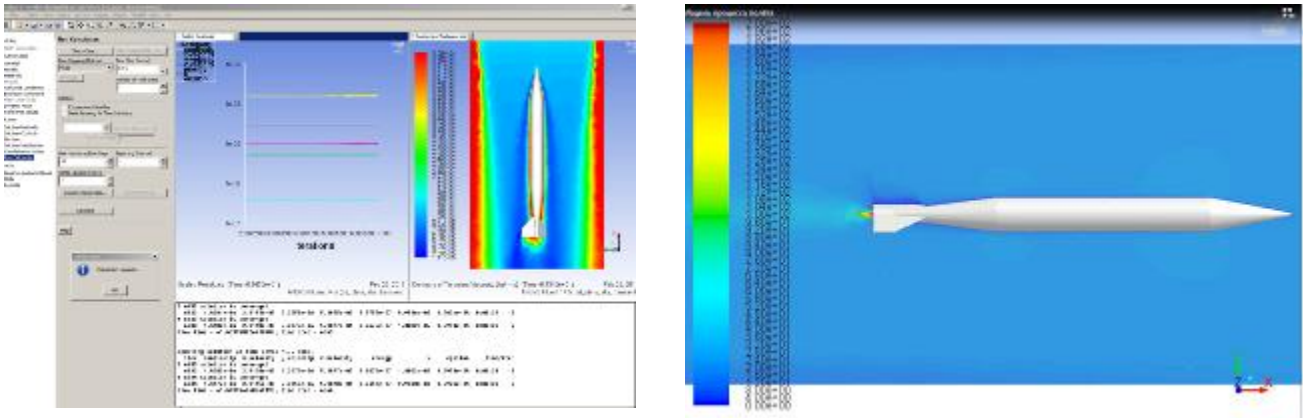


Скриншот 3. Визуализация формальной модели



В процессе исследования формальной модели была произведена визуализация. С помощью анимации была отображена динамика процесса. В интерактивных визуальных моделях можно менять начальные условия и параметры протекания процессов и наблюдать изменения в поведении модели.

Этап III. Моделирование физического процесса движения модели летательного аппарата в воздушной среде

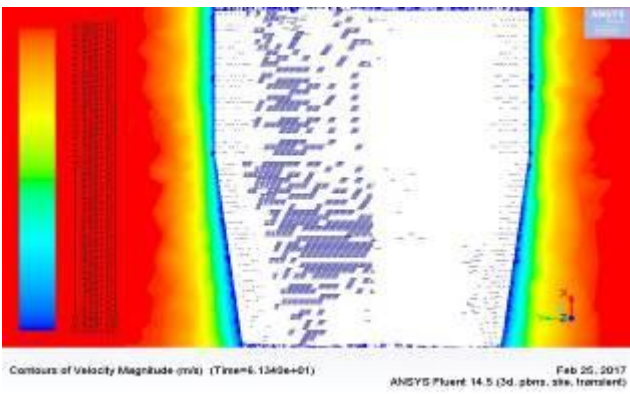
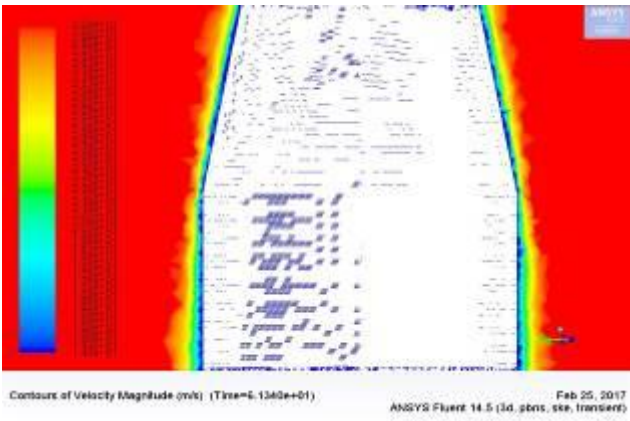
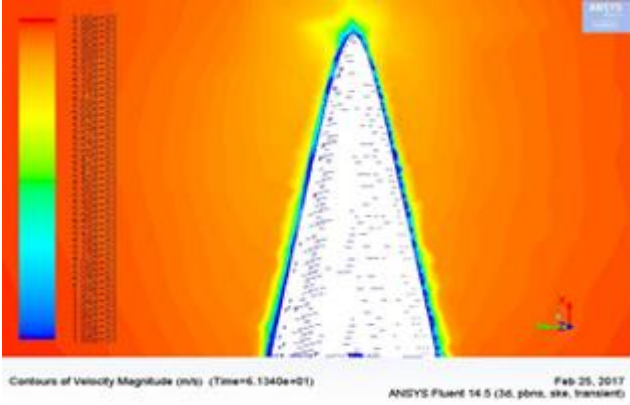


Скриншот 4. Моделирование полета ракеты (*Приложение 1. Видеофрагмент*)
Проведение вычислительных экспериментов с получением численной, графической и видео информации

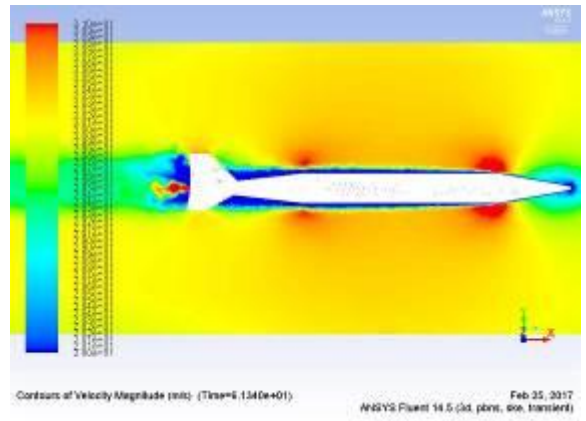
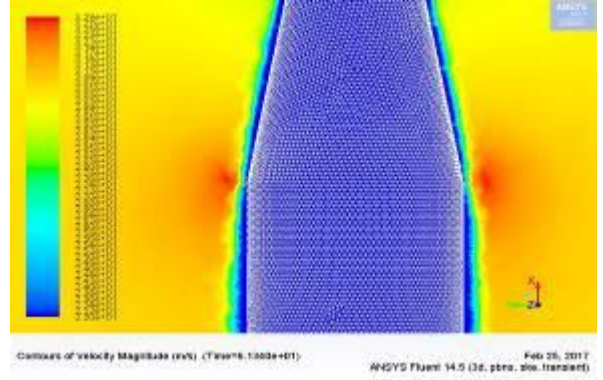
Исследуемые факторы:

- ✓ ***Определение интенсивности торможения потока:*** часть потока «прилипает» к модели и по мере удаления от объекта скорость потока восстанавливается. То же самое видно и на снимках ниже.
- ✓ ***Определение ускорения потока:*** ускорение потока происходит на месте перехода от одной части модели к другой. А так же наибольшее ускорение создает реактивная струя двигателя.
- ✓ ***Определение турбулентности.***

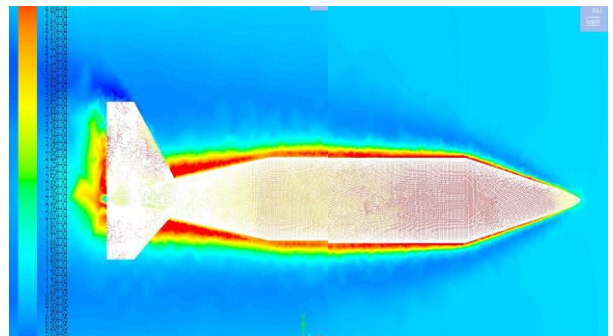
Скриншот 5. Определение интенсивности торможения потока

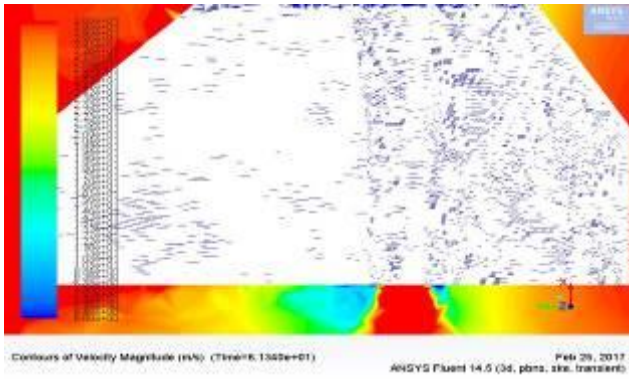


Скриншот 6. Определение ускорения потока



Скриншот 7. Определение турбулентности





Этап IV. Полная сборка модели

Материалы	Оборудование
Корпус	
<ul style="list-style-type: none"> ✓ бумага офисная ✓ клей БФ-2 ✓ наждачная бумага мелкозернистая ✓ бальза² ✓ леска рыболовная плетеная 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ линейка металлическая ✓ канцелярский нож ✓ карандаш ✓ канцелярская резинка
Система спасения	
<ul style="list-style-type: none"> ✓ пакет объемом 90 литров ✓ скотч ✓ нить Л-40 	

² Бальза - легкое дерево, отлично подходит для строительства и ремонта авиамоделей.

Сборка корпуса



Сборка системы спасения



Этап V. Анализ полученных результатов и корректировка исследуемой модели

Проведя исследование, мне удалось создать модель ракеты с заведомо заданной интенсивностью факторов, влияющих на её полёт.



Фото 2. Запуск модели

В случае отличия результатов, полученных при исследовании информационной модели, от измеренных параметров реального объекта, можно сделать вывод, что на предыдущих этапах построения модели были допущены ошибки или неточности. Например, при построении описательной качественной модели могут быть неправильно отобраны существенные свойства

объектов, в процессе формализации могут быть допущены ошибки в формулах и так далее. В таких случаях необходимо провести корректировку модели, причем уточнение модели может проводиться многократно, пока анализ результатов не покажет их соответствие изучаемому объекту.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Гипотеза исследования подтвердилась. Цель была достигнута – выявлена зависимость аэродинамических параметров воздушного омывающего потока от

формы модели летательного аппарата в программном комплексе ANSYS Fluent.

В итоге модель показала очень высокий результат, заняв 3 место в Этапе Кубка Мира «Chelomey Cup».

В дальнейшем я собираюсь провести эксперименты по изменению формы обтекателя. И с новой,

усовершенствованной моделью ракеты, выступить на Первенстве России в Нальчике в мае 2018 года.

Фото 3. «Chelomey Cup»



СПИСОК ИНФОРМАЦИОННЫХ РЕСУРСОВ

Литература

1. Путилов К.А. Курс физики / Том 1. Механика. Акустика. Молекулярная физика. Термодинамика. М.: Наука, 2002.
2. Рожков В.С. Космодром на столе. М.: Машиностроение, 1999.
3. Минаков В.И. Спортивные модели – копии ракет. М.: Машиностроение, 2006.
4. Эльштейн П. Конструктору моделей ракет. М.: Мир, 1967.
5. Букш Е.Л. Основы ракетного моделизма. М.: ДОСААФ, 1998.
6. Канаев В.И. Ключ – на старт! М.: Молодая гвардия, 1982.

Интернет-ресурсы

7. Ключ на старт <http://www.airbase.ru/modelling/rockets/res/books/kns/kns-cont.htm#kns>
8. Форум моделистов <http://www.rcdesign.ru>

9. Краткая история развития аэродинамики <http://poznayka.org/s77654t1.html>

10. Федерация ракетомодельного спорта России <http://www.frms.ru/>