МУНИЦИПАЛЬНОЕ БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«СТАНЦИЯ ЮНЫХ ТЕХНИКОВ»

Методическое пособие для обеспечения образовательного процесса по общеразвивающим программам технической направленности «ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ПРОЦЕСС ИЗГОТОВЛЕНИЯ СПОРТИВНОЙ МОДЕЛИ РАКЕТЫ МЕТЕОР-2»

Составитель:
Балаболин Сергей Викторович
педагог дополнительного образования

ЗАТО г. Железногорск

ВВЕДЕНИЕ

Уже долгое время во многих городах проводятся запуски спортивных моделей ракет и соревнования, связанные с этими ракетами. Для соревнований используются разнообразные модели ракет.

Собранная мной модель является копией метеорологической ракеты «Метеор-2». Чертеж модели был найден и применён для изготовления шаблонов и подбора оправок. Подбор чертежа производился на основании данных о метеорологической ракете «Метеор-2».

Запуски серии метеорологических спутников «Метеор» начались в СССР с 1969 года. С 1975 года в системе «Метеор» начал применяться искусственный спутник Земли «Метеор-2» - второе поколение советских спутников, который обладает более высокими динамическими характеристиками и более совершенной научной метеорологической аппаратурой.

Предлагаемая модель спутника «Метеор - 2» была разработана на основании данных о спутнике. Модель является действующей. Для её запуска используются специальные двигатели, наиболее подходящие для разгона.

Цель работы: разработать и собрать рабочую модель спутника «Метеор-2».

Задачи:

- Найти необходимую информацию о спутнике «Метеор-2»
- Разработать чертёж модели спутника
- Собрать модель спутника «Метеор-2» и наглядно продемонстрировать принцип работы данных спутников.

Методы реализации работы:

- Работа с информационными источниками
- Разработка чертежа модели
- Практическая сборка модели.

I ЭТАП

Метеорологическая ракета

При моделировании ракеты была использована информация о настоящей метеорологической ракете.

Метеорологическая ракета — беспилотная ракета, совершающая полёт по баллистической траектории в верхних слоях атмосферы с исследовательскими целями. Высота апогея может составлять от 40 до 100 км. Ракеты с высотой полёта более 100 км. обычно называют геофизическими.

Конструкция исследовательской ракеты включает один или несколько разгонных блоков и контейнер с аппаратурой. Данные могут передаваться по радио или же записываться локально и изыматься после приземления контейнера с аппаратурой (в этом случае он опускается на парашюте).

Метеорологические ракеты по сей день остаются практически единственным способом непосредственного (не дистанционного) изучения слоёв атмосферы на высоте от 40 до 100 км.

История создания ракеты «Метеор – 2»

«Метеор» — наименование серии советских ИСЗ и советской метеорологической космической системы. Созданию специализированных метеорологических спутников предшествовали всесторонние экспериментальные исследования бортовой электротехнической, радиотехнической, электронной аппаратуры в условиях космического пространства. На первом этапе впервые в космической практике (на спутниках «Космос-14» и «Космос-23») были исследованы принципы построения трехосной системы ориентации и стабилизации искусственных спутников; преобразования солнечной энергии в электрическую с помощью кремниевых полупроводниковых фотопреобразователей (при длительной ориентации солнечных батарей на Солнце); работоспособность аппаратуры при повышенных температурах и методы терморегулирования. На основе этих исследований был испытан первый советский метеорологический

искусственный спутник Земли «Космос-122» с комплексом приборов для метеонаблюдений — телевизионных, актинометрических, инфракрасных — в сочетании с наземными пунктами приема и обработки информации. С выводом на орбиту спутников «Космос-144» и «Космос-156» была образована (совместно с пунктами приема, обработки и распространения метеоинформации) экспериментальная метеорологическая космическая система «Метеор» (1967).

С 1969 года начались запуски серийных искусственных спутников Земли «Метеор», которые входят в эту систему. Особенность спутников «Метеор» заключается в принципах динамической стабилизации и методах регистрации, передачи и обработки фотоизображений. Спутники имеют двойную следящую систему ориентации — трехосную относительно земной поверхности и независимую следящую систему относительно Солнца для получения максимальной энергии в системе электроснабжения. Установленная на спутнике «Метеор» ТВ аппаратура осуществляла кадровую съемку в видимом участке спектра с помощью обычных ТВ камер, обеспечивающих ширину полосы обзора до 1000 км. Инфракрасная аппаратура (чувствительная к тепловому излучению 8-12 мкм) представляла собой прибор с рабочим углом сканирования (обзора) ±40° от направления в надир. Т.к. тепловое поле инфракрасной аппаратуры не искажается солнечной радиацией, она фотографировала не только днем, но и ночью; это давало возможность сравнивать изображения облачности, полученной как в видимой, так и в инфракрасной областях.

С 1975 года в системе «Метеор» начал применяться искусственный спутник Земли «Метеор-2» — второе поколение советских метеорологических спутников, который обладает значительно более высокими динамическими характеристиками и более совершенной научной метеорологической аппаратурой.

Устройство и работа спутника

Искусственный спутник «Метеор-2» снабжен системами для сбора метеорологической информации и служебной аппаратурой, обеспечивающей нормальные условия работы всех бортовых систем — поддержание в заданных пределах температуры и других параметров газа внутри корпуса, ориентацию, энергопитание, а также точные измерения элементов орбиты, телеметрические измерения параметров бортовой аппаратуры и передачу всей информации по радиоканалу на Землю для ее приема и обработки. На борту спутника «Метеор-2» установлены три вида оптико-механической сканирующей ТВ аппаратуры, работающей: в видимом участке спектра для получения глобальных изображений облачности и подстилающей поверхности с шириной полосы обзора 2200 км (при разрешении 1 км в надире); в режиме непосредственной передачи изображений облачности и подстилающей поверхности с шириной полосы обзора 2100 км (при разрешении 2 км); в инфракрасном участке спектра (8-12 мкм) для получения глобальных изображений облачности и подстилающей поверхности на освещенной и теневой сторонах Земли с шириной полосы обзора 2600 км (при разрешении 8 км). Оптикомеханическая сканирующая ТВ аппаратура работает при высоте Солнца над горизонтом более 5°. На борту искусственного спутника установлен также комплекс радиометрической аппаратуры для непрерывных наблюдений за потоками проникающих излучений в околоземном космическом пространстве и сканирующий восьмиканальный инфракрасный радиометр для получения глобальных данных о вертикальном распределении температуры. «Метеор-2» имеет активную систему ориентации корпуса с исполнительными электродвигателями-маховиками, обеспечивающими постоянную ориентацию искусственного спутника относительно орбитальной системы координат. Таким образом, осуществляется постоянное направление на Землю приемных устройств метеорологической аппаратуры. Точная ориентация существенно упрощает географическую привязку

метеоинформации при ее наземной обработке, т. к. отпадает необходимость учитывать угловое положение спутника. Электропитание от солнечных батарей (с кремниевыми преобразователями), которые имеют автономную электромеханическую систему слежения за направлением на Солнце. В состав бортовой энергетической установки входит также буферная аккумуляторная батарея с блоком управления (для контроля, защиты и регулирования поступления электроэнергии от солнечных батарей для зарядки аккумуляторов).

Длительность автономного активного функционирования на орбите достигается благодаря включению в состав бортовой системы управления специального многофункционального программно-временного устройства, управляющего работой метеорологических приборов и аппаратуры, передающей информацию с искусственного спутника на наземные приемные станции. Точная синхронизация работы всех бортовых регистрирующих и запоминающих устройств, необходимая для последующей географической привязки информации, обеспечивается единым источником сигналов стабильной частоты. Прямая передача изображений, получаемых в видимом и инфракрасном участках спектра, производится на частоте 137,3 МГц и может приниматься наземными пунктами, расположенными в любой точке земного шара. Эти функциональные системы образуют основу длительно действующей космической орбитальной астрофизической обсерватории, в которой может быть установлена как метеорологическая, так и научная астрофизическая аппаратура.

За один оборот вокруг Земли искусственный спутник «Метеор-2» может снимать телевизионную и инфракрасную информацию с территории, составляющей ~20% площади земного шара. Все спутники «Метеор-2» запускаются ракетой-носителем «Союз» на орбиты, близкие к круговым (высота 900 км), с углом наклона 81,2°.

Данные по ракете **«Метеор – 2»** приведены в таблице.

Характеристика	**Значение**
Высота подъёма	68 Км
Тяга двигателя	24 кН
Количество ступеней	1
Диаметр	35 см
Длина	4,5 м

Ракетные двигатели

В зависимости от используемых топлив ракетные двигатели подразделяются на 2 типа:

1. Жидкостные (ЖРД), в которых компоненты топлива до поступления в камеру сгорания находятся в жидком состоянии.

2. На твердом топливе (РДТТ), в которых компоненты топлива до начала химической реакции находятся в твёрдом состоянии.

В большинстве ракетных двигателей топливо состоит из двух компонентов: горючего и окислителя, которые смешиваются в баках занимающих большую часть объёма ракеты. В камеру топливо подается под давлением, создаваемым баллонами со сжатым воздухом или насосами. Впрыскиваемое в камеру сгорания через форсунки топливо распыляется, благодаря чему происходит смешивание компонентов. Затем топливо воспламеняется. При горении химическая энергия превращается в тепловую. Основная часть тепла, выделенного в камере сгорания двигателя, превращается непосредственно в энергию истекающих из сопла газов - силу тяги.

Существуют две системы подачи топлива – **вытеснительная и насосная. Вытеснительная** более простая, и применяется в двигателях сравнительно небольших ракет. **Насосная** система применяется в двигателях ракет дальнего действия. При вытеснительной подаче компоненты топлива подаются в камеру сгорания при помощи сжатого газа, поступающего через редуктор в топливные баки. Компоненты топлива подаются в камеру сгорания при помощи сжатого газа, поступающего через редуктор. Редуктор

обеспечивает постоянство давления в топливных баках и равномерную подачу топлива в камеру сгорания.

Таким образом, ЖРД представляет собой сложную систему различных агрегатов и устройств. Использовать РДТТ значительно проще.

Для модели ракеты «Метеор - 2» был использован двигатель «Салют» (С-6-4) диаметром 18 мм, имеющем следующие характеристики: время горения замедлителя – 4 с; суммарный импульс топлива – 6 .

II ЭТАП

Расчет чертежа модели

Для получения желаемых результатов полёта модели необходимо выбрать наиболее рациональную комбинацию характеристик и определить их величины. Одной из основных характеристик, показывающих степень совершенства конструкции модели ракеты, является относительная масса топлива, которая определяется соотношением:

$$E_т = m_т / m_{ст}$$

Чем ближе величина $E_т$ к единице, тем выше совершенство модели ракеты. У моделей ракет относительная масса топлива равна 0,15 – 0,45.

Другой не менее важной характеристикой модели является тяговооруженность, определяющая, во сколько раз тяга РДТТ больше веса модели:

$$\mu = P/G,$$

где P – тяга двигателя. Под тягой двигателя понимается равнодействующая сил давления, действующих на наружные и внутренние поверхности двигателя; G – вес модели. У моделей ракет тяга по времени полёта меняется в широких пределах, а вес меняется за счет выгорания топлива. Поэтому в расчётах удобнее пользоваться средней величиной тяговооруженности, которая у моделей ракет обычно колеблется в пределах от 7 до 10.

Иногда удобнее проводить оценку модели не по тяговооруженности, а по энерговооружённости, определяющей, во сколько раз суммарный импульс больше стартовой массы ракеты:

$$\mathbf{m=p/m_{ст}*10^3,\ Н*с/г,}$$

коэффициент 10^3 позволяет в формуле принять размерность, принятую в ракетомеделизме; p – суммарный импульс субракеты, Н*с; $m_{ст}$ – стартовая масса модели.

Относительная масса ракеты и тяговооруженность (энерговооруженность), характеризующие конструктивное совершенство модели ракеты, существенно влияют на её баллистические параметры – скорость и высоту полёта.

Относительная масса топлива, тяговооруженность и энерговооруженность связаны между собой зависимостью:

$$\mathbf{Pt=m_т p_у=p,}$$

где P – тяга микро-РДТТ; t – время работы микро-РДТТ; $m_т$ – масса топлива; $p_у$ – удельный импульс; p – суммарный импульс.

С ростом тяговооруженности растут массы корпусов микро-РДТТ, а из-за увеличения осевых перегрузок приходится делать более прочные элементы конструкции модели ракеты, что тоже приводит к увеличению массы. С другой стороны, при малой тяговооруженности растет время разгона модели ракеты до нужной скорости, а, следовательно, и потери скорости на преодоление сил земного притяжения – составляющая gt. Это, в свою очередь, требует увеличения идеальной скорости т.е. теоретической конечной скорости для достижения заданной высоты, что также ведет к росту массы модели ракеты.

Существуют оптимальные значения тяговооруженности для каждой модели ракеты, которые надо выявить, задавшись рядом их значений и производя последовательные расчеты масс с использованием приближённых формул, основывающихся на баллистике, прочностных расчётах и анализе статистики.

При выборе тяговооруженности необходимо также учитывать ускорения, получаемые моделью ракеты в конце работы ступени, когда из величина максимальна. Эти ускорения не должны превышать допустимых значений, так как это может привести к потере устойчивости корпуса модели и нарушению работы приборов, если они имеются на борту модели ракеты.

Таким образом, после расчета приведенных параметров был подобран наиболее подходящий чертеж модели ракеты «Метеор - 2». Данный чертеж представлен в Приложении 1.

III ЭТАП

Изготовление модели ракеты

После подбора чертежа началось изготовление модели ракеты. Для более удобной и качественной работы сначала были изготовлены оправки и шаблоны. Изготовление оправок и шаблонов проводилось по размерам, заданным в чертеже модели.

После изготовления оправок и шаблонов началось изготовление модели ракеты. Сначала по шаблонам изготавливаются, разверти корпуса, обтекателя и переходных втулок. Затем разверти накручиваются на оправки, после чего все детали в нужных местах на оправках склеиваются между собой. Затем по шаблонам изготавливаются стабилизаторы и наклеиваются на корпус. В корпус вставляются шпангоуты для крепления двигателя.

Система спасения

Для проведения соревнований в большинстве моделей ракет используется система спасения, которая представлена парашютом или тормозной лентой. Система спасения крепится ниткой, приклеенной к основной части ракеты. Внутрь ракеты вставляется пыж, способствующий срабатыванию системы спасения.

После сборки модель готова к проведению соревнований.

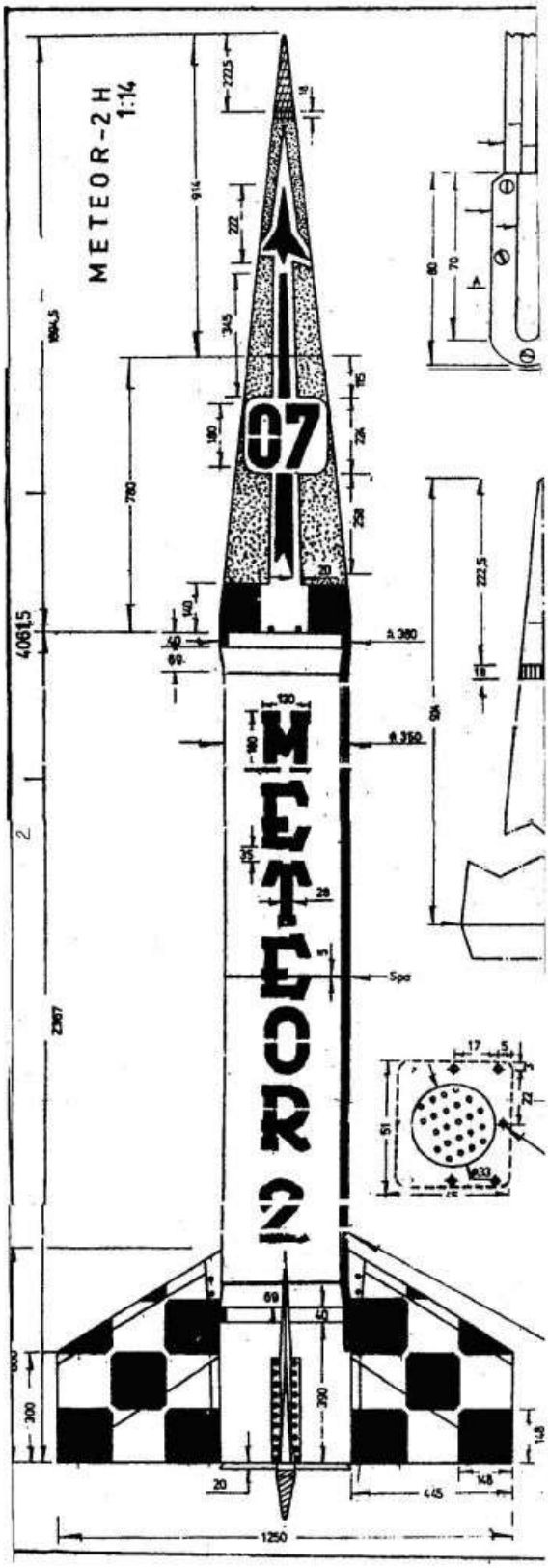
IV ЭТАП

Демонстрация запуска модели

Для проведения запусков моделей спортивных ракет используются специальные пусковые установки. Двигатель ракеты загорается за счет срабатывания электрозапала.

Запуски показали работоспособность модели, система спасения успешно сработала.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1



ПРИЛОЖЕНИЕ 2