Государственная корпорация по космической деятельности Роскосмос

Министерство просвещения Российской Федерации

**ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ОБЩЕРАЗВИВАЮЩАЯ ПРОГРАММА**

**«Аэродинамика и баллистика»**

Направленность:**естественнонаучная**

Уровень программы: **базовый**

Возраст учащихся: **13-14 лет (8 класс)**

Срок реализации: **54 часа**

Москва, 2020

# Пояснительная записка

Направленность

Направленность рабочей программы естественнонаучная. Данная программа составлена с учетом нормативных требований к программам дополнительного образования детей.

Актуальность

Актуальность данной программы определяется запросом со стороны профессионального сообщества аэрокосмической отрасли на профессионально-ориентированную программу, сфокусированную на воспитание в учащихся патриотизма, интереса к инженерно-техническому творчеству, особенно в аэрокосмической отрасли Российской Федерации.

Данная программа предполагает изучение основ аэродинамики и баллистики.

Знание аэродинамики и баллистики является фундаментом для формирования инженерных кадров нового поколения, которые будут направлены на решение задач, связанных с реализацией Федеральной космической программы Российской Федерации.

Цель программы

Целью программы является интенсивное и всестороннее изучениевнешней баллистики и основ аэродинамики, а также формирование соответствующей базы знаний и умений, которая в дальнейшем будет способствовать ведению научной, исследовательской и инженерной деятельности учащихся, избравших для себя аэрокосмическую отрасль.

## Задачи

*Обучающие:*

* изучить основы внешней баллистики;
* сформировать знания основных понятий и законов аэродинамики.

*Развивающие:*

* развить навыкисбора и анализа информации;
* развить навыки применения полученных знаний для описания процессов аэродинамики и баллистики,включая космическую;
* развить софт-компетенции, необходимые для успешной работы вне зависимости от выбранной профессии.

*Воспитательные:*

* воспитать дисциплинированность, ответственность;
* воспитать в обучающемся навыки логического мышления;
* сформировать проектное мировоззрение и творческое мышление.

Группа/категория учащихся: 13-14 лет (8 класс).

## Форма работы

Основной формой работы являются групповыезанятия. Занятия проходят 3 раза в неделю. Продолжительность 1 занятия составляет 45 минут (1академический час).

Срок реализации программы

Срок реализации программы – 54 академических часа. В первом полугодии 8 класса (18 учебных недель).

## Планируемые результаты

*Личностные результаты:*

* информирование учащихся о мире профессий в целом и профессиях, востребованных в аэрокосмической отрасли и оказание помощи в осознанном построении индивидуальной образовательной траектории с учётом устойчивых познавательных интересов;
* формирование мотивации изучения аэродинамики и баллистики и стремления к самосовершенствованию в технической области знаний;
* осознание возможностей самореализации в технических науках средствами проектной деятельности;
* формирование основ проектной компетенции в технических науках;
* развитие целеустремлённости, творческого подхода в вопросах проектирования, инициативности, трудолюбия, дисциплинированности.

*Метапредметные результаты:*

* развитие умения осуществлять анализ результатов и способов проведения исследования на уровне наблюдения и первичного эксперимента и вносить необходимые коррективы;
* развитие умения устанавливать причинно-следственные связи, строить логические рассуждения, умозаключения (индуктивное, дедуктивное и аналоговое) и делать выводы;
* развитие умения создавать, применять и преобразовывать знаково-символические средства, модели и схемы для решения учебных и познавательных задач;
* развитие умения адекватно и осознанно использовать технические средства в соответствии с проектными задачами: для планирования и регуляции своей деятельности; владение логикой изложения проблематики задачи и результатов решения;
* развитие исследовательских учебных действий, включая навыки работы с информацией: поиск и выделение нужной информации, её обобщение и фиксацию;
* развитие анализа технических решений, включая умение выделять проблему, прогнозировать возможные решения, формировать критерии эффективности, проводить анализ решений, устанавливать логическую последовательность основных фактов.

*Предметные результаты:*

* умение формировать технические решения в процессе командно-ролевой деятельности;
* формирование этапов и организация процессавыполнения проекта;
* умение формировать критерии эффективности проектных решений;
* умение взаимодействия в команде;
* умение моделировать технические решения на основе знаний об уровне технологического развития науки и техники;
* умение проводить анализ чертежей и технических схем по заданным критериям;
* формирование навыков инженерной культуры.

# Содержание программы

## Учебный (тематический) план:

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **№ п/п** | **Наименование темы** | **Количество часов** | | | **Форма контроля** |
| Всего | Теория | Практика |
| **1** | **Введение в аэродинамику** | **3** | **2** | **1** |  |
| 1.1 | Обзор курса | 1 | 1 | - | Опрос |
| 1.2 | Возникновение и развитие аэродинамики как науки | 2 | 1 | 1 | Задания из рабочей тетради  Практическая работа №1 |
| **2** | **Земная атмосфера** | **5** | **2** | **3** |  |
| 2.1 | Строение земной атмосферы | 3 | 1 | 2 | Задания из рабочей тетради  Практическая работа №2, 3 |
| 2.2 | Воздух и его основные параметры | 2 | 1 | 1 | Задания из рабочей тетради  Тестирование |
| **3** | **Основные законы аэродинамики** | **15** | **9** | **6** |  |
| 3.1 | Способы создания подъемной силы. | 2 | 1 | 1 | Задания из рабочей тетради  Практическая работа №4 |
| 3.2 | Обтекание плоского крыла воздушным потоком. Угол атаки. Силы, действующие на летательный аппарат | 2 | 1 | 1 | Задания из рабочей тетради  Практическая работа №5 |
| 3.3 | Закон Бернулли | 3 | 2 | 1 | Задания из рабочей тетради  Практическая работа №6 |
| 3.4 | Обтекание воздушным потоком твердых тел различной формы. Симметричное и несимметричное обтекание | 3 | 2 | 1 | Задания из рабочей тетради  Практическая работа №7 |
| 3.5 | Динамические критерии подобия. Число Рейнольдса | 2 | 1 | 1 | Задания из рабочей тетради  Практическая работа №8 |
| 3.6 | Особые режимы полета | 3 | 2 | 1 | Задания из рабочей тетради  Тестирование |
| **4** | **Баллистический полет** | **7** | **5** | **2** |  |
| 4.1 | История возникновения баллистики | 3 | 2 | 1 | Задания из рабочей тетради  Практическая работа №9 |
| 4.2 | Теория полета снаряда в пустоте. Практическое применение | 4 | 3 | 1 | Задания из рабочей тетради  Тестирование |
| **5** | **Ракетный полет** | **12** | **8** | **4** |  |
| 5.1 | Характеристики твердого топлива | 4 | 3 | 1 | Задания из рабочей тетради  Практическая работа №10 |
| 5.2 | Скорость Циолковского. Потери скорости | 4 | 3 | 1 | Задания из рабочей тетради  Практическая работа №11 |
| 5.3 | Траектории управляемых ракет. Отличие баллистической ракеты от крылатой. | 4 | 2 | 2 | Задания из рабочей тетради  Практическая работа №12  Тестирование |
| **6** | **Космический полет** | **10** | **7** | **3** |  |
| 6.1 | Траектории космических объектов. Законы Кеплера | 3 | 2 | 1 | Задания из рабочей тетради  Практическая работа №13 |
| 6.2 | Межорбитальные переходы. | 4 | 3 | 1 | Задания из рабочей тетради  Практическая работа №14 |
| 6.3 | Межпланетные перелеты | 3 | 2 | 1 | Задания из рабочей тетради  Тестирование |
| **7** | **Итоговое занятие** | **2** | **1** | **1** | **Итоговый тест** |
|  | **Итого:** | **54** | **34** | **20** |  |

## Содержание учебного (тематического) плана:

## Тема 1.1. Введение.

**Теоретическое занятие (1 ак.час)** Цели, задачи и темы курса.Основные вопросы курса аэродинамики. Понятие о внешней и внутренней баллистике.

Тема 1.2.**Возникновение и развитие аэродинамики как науки.**

**Теоретическое занятие (1 ак.ч.)** Понятие аэродинамики. Вклад в развитие аэродинамики Исаака Ньютона, Леонардо да Винчи, М.В. Ломоносова, Леонарда Эйлера, Даниила Бернулли, Д.И. Менделеева, Отто Лилиенталя, Л. Прандтля, О. Рейнольдса.

**Практическое занятие (1ак.ч.)** Доклады учащихся на тему «Возникновение и развитие аэродинамики». Вертолет Да Винчи. Лагранжевы и Эйлеровы сетки. Стратостаты. Ламинарное и турбулентное течение.

Тема 2.1.**Строение земной атмосферы.**

**Теоретическое занятие (1ак.ч.)** Определение понятия атмосферы. Структура атмосферы Земли. Зависимость давления и температуры воздуха от высоты. Корреляция скорости ветра с распределением температуры по высоте.

**Практическое занятие (2 ак.ч.)** Решение задач на определение давления, нахождение высоты при заданном атмосферном давлении, определение массы, содержание водяного пара.

Тема 2.2.**Воздух и его основные параметры.**

**Теоретическое занятие (1ак.ч.)** Определение понятия воздух. Основные параметры воздуха. Физические свойства воздуха. Коэффициент теплового расширения.

**Практическое занятие (1ак.ч.)** Тестирование по теме "Земная атмосфера".

Тема 3.1.**Способы создания подъемной силы.**

**Теоретическое занятие (1ак.ч.)** Способы создания подъемной силы.Параметры создания подъемной силы. Аэростатический, аэродинамический и реактивный способы.

**Практическое занятие (1ак.ч.)** Решение задач на определение скорости воздушного потока, объема монгольфьера.

Тема 3.2. **Обтекание плоского крыла воздушным потоком. Угол атаки. Силы, действующие на летательный аппарат.**

**Теоретическое занятие (1ак.ч.)** Силы, действующие на летательный аппарат в полете и их классификация. Массовые и поверхностные силы. Угол атаки и угол установки крыла, различие между ними. Средняя аэродинамическая хорда крыла.

**Практическое занятие (1ак.ч.)** Решение задач на определение подъемной силы плоского крыла при ламинарном режиме обтекания с заданным углом атаки, определение миделя цилиндра.

Тема 3.3. **Закон Бернулли.**

**Теоретическое занятие (2ак.ч.)** Структура и физический смысл уравнения Бернулли. Геометрическая интерпретация уравнения Бернулли. Трубка Пито-Прандтля.

**Практическое занятие (1ак.ч.)** Решение задач на определение скорости в узком сечении трубопровода, расхода и давления воды, пренебрегая потерями напора.

Тема 3.4. **Обтекание воздушным потоком твердых тел различной формы. Симметричное и несимметричное обтекание.**

**Теоретическое занятие (2ак.ч.)** Воздушная скорость. Путевая скорость. Дозвуковой аэродинамический профиль. Кривизна профиля и ее влияние на аэродинамические характеристики. Механизация крыла.

**Практическое занятие (1 ак.ч.)** Решение задач на определение подъемной силы при заданном угле атаки, скорости потока и плотности воздуха, нахождение кривизны профиля при заданных координатах средней линии.

Тема 3.5. **Динамические критерии подобия. Число Рейнольдса.**

**Теоретическое занятие (1 ак.ч.)** Ламинарное и турбулентное обтекание. Пограничный слой. Геометрическое и динамическое подобие.

**Практическое занятие (1 ак.ч.)** Решение задач на определение критической скорости и расхода, при смене режимов движения жидкости, определение площади живого сечения, гидравлического радиуса, расхода, режима движения жидкости при заданном динамическом коэффициенте жидкости и плотности.

Тема 3.6. **Особые режимы полета.**

**Теоретическое занятие (2 ак.ч.)** Срыв потока. Критический угол и режим сваливания. Режим аэродинамического экрана. Отличие до- и сверхзвукового режима полета.

**Практическое занятие (1ак.ч.)** Тестирование по теме «Основные законы аэродинамики.

Тема 4.1.**История возникновения баллистики.**

**Теоретическое занятие (2ак.ч.)** Научные основы баллистики. Научные взгляды Г. Галилея, И. Ньютона, Н. Тартальи. Научные достижения Юрия Кондратюка, Константина Циолковского, Карла Рунге и Мартина Кутты.

**Практическое занятие (1ак.ч.)** Доклады учащихся на тему "История возникновения баллистики". Внутренняя и внешняя баллистика. Угол максимальной дальности броска. Основные идеи Юрия Кондратюка. Достижения и ошибки К.Э. Циолковского.

Тема 4.2.**Теория полета снаряда в пустоте. Практическое применение.**

**Теоретическое занятие (3ак.ч.)** Траектория движения снаряда. Задача максимальной дальности. Настильные и навесные траектории. Стабилизация снаряда в полете. Конструктивные особенности гладкоствольного и нарезного оружия. Эффект Магнуса.

**Практическое занятие (1 ак.ч.)** Тестирование по теме «Баллистический полет».

Тема 5.1. **Характеристики твердого топлива.**

**Теоретическое занятие (3ак.ч.)** Баллиститное и смесевое топливо. Формы твердотопливного заряда. Режимы горения твердотопливного заряда. Прогрессивное, регрессивное и равномерное горение. Импульс последействия

**Практическое занятие (1 ак.ч.)** Решение задач на определение момента времени, в который выдаст максимальную тягу твердотопливный двигатель при заданной скорости горения, определение диаметра питающего трубопровода.

Тема 5.2. **Скорость Циолковского. Потери скорости**

**Теоретическое занятие (3 ак.ч.)**. Уравнение И.В. Мещерского. Формула К.Э. Циолковского. Динамика систем переменного состава. Идеальные условия полета ракеты. Виды потерь скорости и способы их уменьшения.

**Практическое занятие (1 ак.ч.)** Решение задач на определение скорости Циолковского при заданной массе, удельном импульсе, определение гравитационных потерь ракеты при заданном расходе топлива.

Тема 5.3. **Траектории управляемых ракет. Отличие баллистической ракеты от крылатой.**

**Теоретическое занятие (2 ак.ч.)** Отличие баллистической ракеты от крылатой. Траектория баллистической ракеты и ее основные участки. Особенности траектории ракеты-носителя. Различие масс баллистической ракеты и ракеты-носителя.

**Практическое занятие (2 ак.ч.)** Решение задач на определение потери скорости при заданной скорости, определение отклонения от цели, если задан конечный угол, скорость и высота. Тестирование по теме «Ракетный полет».

Тема 6.1. **Траектории космических объектов. Законы Кеплера.**

**Теоретическое занятие (2 ак.ч.)** Эволюция представлений о движении планет. Системы Птолемея, Коперника, Кеплера. Траектория движения космического объекта и ее зависимость от скорости.

**Практическое занятие (1 ак.ч.)** Решение задач на определение продолжительности перелета по эллиптической траектории при заданной продолжительности года на разных планетах.

Тема 6.2. **Межорбитальные переходы.**

**Теоретическое занятие (3 ак.ч.)**Активный вывод и вывод с пассивным участком. Компланарный и некомпланарный межорбитальный переход. Гомановская траектория. Схемы вывода на геостационарную орбиту.

**Практическое занятие (1 ак.ч.)** Решение задач на определение запаса топлива разгонного блока при переводе спутника на разные высоты, потребных приращений скорости для осуществления двухимпульсного перехода на геостационарную орбиту с круговой орбиты.

Тема 6.3. **Межпланетные перелеты.**

**Теоретическое занятие (2 ак.ч.)** Гравитационная задача N тел. Критерии оптимальности траектории, «окно перелета». Пертурбационный маневр. Посадка на других планетах.

**Практическое занятие (1 ак.ч.)** Тестирование по теме «Космический полет».

Тема 7. **Итоговое занятие.**

**Теоретическое занятие (1 ак.ч.)** Повторение пройденного материала по курсу "Аэродинамика и баллистика". Слои атмосферы. Вязкость жидкости и газа. Аэродинамическое качество. Аэродинамическая компоновка. Уравнение неразрывности. Законцовка крыла. Число Рейнольдса. Угол максимальной дальности. Аэродинамические потери. Гомановская траектория. Гравитационная "праща".

**Практическое занятие (1 ак.ч.)** Выполнение итогового тестирования для оценки усвоения пройденного материала по ДОП «Аэродинамика и баллистика»

**Планируемые результаты**

Для достижения поставленной цели и реализации задач предмета используются следующие методы обучения:

а) Теоретические занятия проводятся в форме лекции с элементами диалога и с использованием мультимедийного оборудования для показа презентаций;

б) Практические занятия проводятся с целью закрепления теоретического материала и выработки практических навыков по данной дисциплине: решение задач, сбор информации, обработка, доклады и обсуждения.

В результате изучения программы обучающиеся должны **знать**:

* принципы формирования технических решений;
* законы аэродинамики и баллистики;
* основы аэродинамики и баллистики;
* взаимодействие космических объектов;
* основные результаты и этапы развития аэродинамики и баллистики.

В результате изучения программы обучающиеся должны **уметь**:

* решать теоретические задачи аэродинамики и баллистики космоса и прикладных задач будущей профессии;
* формировать критерии оценки технических решений;
* применять полученные знания в решении конкретных задач из различных областей аэродинамики и баллистики, связанных с космосом.

# Формы контроля и оценочные материалы

В рамках программы применяются следующие формы контроля усвоения материала:

* текущий контроль;
* итоговый контроль.

Во время *текущего контроля* обучающиеся отвечают на вопросы преподавателя в форме устного опроса, выполняют задания из рабочей тетради, практические работы.

*Итоговый контроль* включает в себя выполнение итогового теста, который подтверждает усвоение учащимися материала программы.

**Критерии оценки достижения планируемых результатов**

|  |  |
| --- | --- |
| **Уровни освоения программы** | **Результат** |
| Высокий уровень освоения программы | Учащиеся проявляют высокий уровень интереса к изучаемым темам, демонстрируют отличное знание материала, владеют терминологией и могут правильно ее использовать при описании рассмотренных технических решений. Могут грамотно формулировать собственные технические решения и предлагать области их применения. Итоговый тест показывает не менее 80% правильных ответов. |
| Средний уровень освоения программы | Учащиеся проявляют достаточный уровень интереса к изучаемым темам, демонстрируют хорошее знание материала, владеют терминологией и в основном могут её использовать при описании рассмотренных технических решений. Могут формулировать собственные технические решения с небольшим количеством ошибок. Обоснование технических решений и области применения не всегда аргументировано.Итоговый тест показывает не менее 60% правильных ответов. |
| Низкий уровень освоения программы | Учащиеся проявляют недостаточный уровень интереса к изучаемым темам, демонстрируют плохое знание материала, в недостаточной мере владеют терминологией и не всегда могут её использовать при описании рассмотренных технических решений. Не могут обосновать технические решения без большого количества ошибок и достаточного количества аргументов. Итоговый тест показывает не менее 40% правильных ответов. |

***Критерии оценки практических работ***

* оценка **«отлично»** выставляется ученику, если решение задачи верное и выбран рациональный путь решения, оформлен отчет без замечаний;
* оценка **«хорошо»** выставляется ученику, если решение задачи верное, но выбран нерациональный путь решения или есть один – два недочета, в том числе и в оформлении отчета;
* оценка **«удовлетворительно»** выставляется ученику, если ход решения задачи и ответ верный, но было допущено несколько негрубых ошибок (в том числе в оформлении отчета) или если ход решения задачи верный, но была допущена одна или две ошибки, приведшие к неправильному ответу;
* оценка **«неудовлетворительно»** выставляется ученику, если в работе получен неверный ответ, связанный с грубой ошибкой, отражающей непонимание учеником используемых законов и правил или если ответ не получен.

***Критерии оценивания итогового тестирования:***

- оценка «отлично» - дано от 12 до 15 правильных ответов;

- оценка «хорошо» - дано от 10 до 11 правильных ответов;

- оценка «удовлетворительно» - дано от 7 до 9 правильных ответов;

- оценка «неудовлетворительно» - дано менее 7 правильных ответов.

# Организационно-педагогические условия реализации программы

## Материально-технические условия реализации программы

Для реализации программы необходимо наличие следующих *технических средств*:

* персональный компьютер;
* проектор;
* принтер с возможность черно-белой или цветной печати;
* лазерная указка;

Для реализации программы необходимо наличие следующих *материальных средств*:

* бумага белая матовая формата А4;
* картриджи, совместимые с принтером;
* ручки и карандаши;
* тетради в клетку объемом 24л;
* оборудованный учебный класс.

# Учебно-методическое и информационное обеспечение программы

## Основная литература

1. Мхитарян, А.М. Аэродинамика/ А.М. Мхитарян. - ЭКОЛИТ, 2012.
2. Бережко Е.Г. Введение в физику космоса/ Е.Г. Бережко. - ФИЗМАТЛИТ, 2014.
3. Хомич Е.О. Космос/ Е.О. Хомич. - АСТ, 2016.
4. Авдеев Ю.Ф. Космос, баллистика, человек/ Ю.Ф.Авдеев. - Высшая школа, 2013.
5. Граве И.П. Внутренняя баллистика. Пиродинамика/ И.П. Граве. - 2014.
6. Дэвис Л., Внешняя баллистика ракет / Л.Девис, Дж. Фоллин, Л. Блитцер. - Воениздат, 2000.

## Дополнительная литература

1. Зоншайн, С.И. Аэродинамика и конструкция летательных аппаратов/ С.И. Зонштайн. - Высшая школа, 1988.
2. Лысенко, Л.Н. Теоретические основы баллистико-навигационного обеспечения космических полетов/ Л.Н. Лысенко, В.В. Бетанов, Ф.В. Звягин. – МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2014.
3. Уимпресс, Р.Н. Внутренняя баллистика пороховых ракет/ Р.Н. Уимпресс. – Издательство иностранной литературы, 2012.
4. Карафоли, Е. Аэродинамика крыла самолета/ Е.Карафоли – АН СССР, 1991.

***Интернет ресурсы***

1. Возникновение и развитие аэродинамики как науки. URL: [https://students-library.com/library/](https://students-library.com/library/read/107990-vozniknovenie-i-razvitie-aerodinamiki-kak-nauki)
2. Основные законы аэродинамики. URL: [http://deltaplan.kz/](http://deltaplan.kz/content/101-osnovnyie_zakonyi_aerodinamiki)
3. Космическая баллистика. URL: [https://zen.yandex.ru/](https://zen.yandex.ru/media/id/5e5fa3330ef63326e13d4601/chto-takoe-kosmicheskaia-ballistika-5e8101a299b22b079189285c)
4. Баллистико-навигационное обеспечение. URL: [https://studopedia.net/](https://studopedia.net/1_21991_ponyatie-ballistiko-navigatsionnogo-obespecheniya.html)