

ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ
ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«САМАРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АЭРОКОСМИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ имени академика С.П.КОРОЛЕВА»

В. И. Куренков, Л. П. Юмашев

ВЫБОР ОСНОВНЫХ
ПРОЕКТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК
И КОНСТРУКТИВНОГО
ОБЛИКА РАКЕТ-НОСИТЕЛЕЙ

Учебное пособие

Самара 2005

УДК 629.7.01

Куренков В. И., Юмашев Л. П. Выбор основных проектных характеристик и конструктивного облика ракет-носителей: Учеб. пособие/Под ред. чл.-корр РАН Д.И. Козлова. Самар. гос. аэрокосм. ун-т. – Самара, 2005. 240 с.

ISBN 5-7883-0343-5

Приведены основные соотношения теории ракетного движения, анализируется взаимосвязь летно-технических, критериальных и основных проектных характеристик ракет-носителей. Обсуждаются вопросы сбора и обработки статистических данных, анализируются общие технические требования, обсуждаются вопросы разработки тактико-технических требований при создании ракет-носителей.

Рассматриваются методики расчета характеристической скорости, выбора топлива, стартовой массы и количества ступеней ракеты-носителя, вопросы оптимального распределения масс ракетных блоков по ступеням ракеты-носителя при различных схемах соединения ракетных блоков.

Обсуждаются вопросы определения объемно-габаритных характеристик и построения компоновочной схемы, методики расчета масс основных элементов конструкции и определения массоинерционных и центровочных характеристик проектируемых ракет-носителей.

Рассматриваются разгонные и апогейные ракетные блоки, а также перспективные средства выведения космических аппаратов.

Учебное пособие предназначено студентам и дипломникам специальности 160801 «Ракетостроение», изучающим курс «Основы устройств и конструирования ракет», раздел «Проектирование ракет». Оно может быть использовано не только при изучении теоретического материала по проектированию ракет, но и при выполнении курсовых и дипломных проектов. Учебное пособие также может быть полезно работникам ракетно-космической отрасли для повышения их квалификации в общих вопросах проектирования ракет-носителей. Подготовлено на кафедре летательных аппаратов СГАУ.

Ил. 79. Табл. 24. Библиогр.: 41 назв.

Печатается по решению редакционно-издательского совета Самарского государственного аэрокосмического университета

Рецензенты: зам. Генерального конструктора ГНПРКЦ
«ЦСКБ-Прогресс» Г.Е. Фомин,
директор и главный конструктор Волжского КБ РКК
«Энергия» С.А. Петренко

ISBN 5-7883-0343-5

© Куренков В. И., Юмашев Л. П., 2005.

© Самарский государственный
аэрокосмический университет, 2005.

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	6
1. ОБЩИЕ ВОПРОСЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ	7
1.1. История создания баллистических ракет и ракет-носителей	7
1.2. Общие сведения о ракетно-космическом комплексе	11
1.3. Основные ракеты-носители	11
1.4. Классификация ракет-носителей	12
1.5. Порядок проектирования	13
1.6. Этапы создания и эксплуатации ракетно-космической техники	14
2. ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ ТЕОРИИ РАКЕТНОГО ДВИЖЕНИЯ	16
2.1. Структура многоступенчатой ракеты	16
2.2. Относительные характеристики масс составных частей ракеты	19
2.3. Функциональная связь между относительными характеристиками масс составных частей ракеты	21
2.4. Характеристические скорости ракеты	22
2.5. Удельный импульс	23
2.6. Влияние атмосферного давления на тягу ракетного двигателя	24
2.7. Скорость ракеты с учетом реальных условий полета	25
2.8. Типовая приближенно-оптимальная программа изменения угла наклона траектории ракеты	28
3. ХАРАКТЕРИСТИКИ И ОСНОВНЫЕ ПРОЕКТНЫЕ ПАРАМЕТРЫ РАКЕТ-НОСИТЕЛЕЙ	34
3.1. Характеристики ракет-носителей	34
3.2. Основные проектные параметры ракеты	36
3.3. Выбор основных проектных параметров ракеты	37
3.4. Сопоставление значений потерь скорости ракеты	47
4. СБОР И ОБРАБОТКА СТАТИСТИЧЕСКИХ ДАННЫХ ПО РАКЕТАМ-НОСИТЕЛЯМ	48
5. ТАКТИКО-ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ	54
5.1. Структура тактико-технических требований на создаваемые ракеты-носители	54
5.2. Обзор общих технических требований, предъявляемых к ракетам-носителям	55
5.3. Разработка тактико-технических требований в учебных курсовых проектах	65

6. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ХАРАКТЕРИСТИЧЕСКОЙ СКОРОСТИ РАКЕТ-НОСИТЕЛЕЙ	70
6.1. Методы расчета характеристической скорости ракет-носителей	70
6.2. Старт к Луне и планетам	79
7. ВЫБОР ТОПЛИВА ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ РАКЕТ	86
7.1. Классификация топлива	86
7.2. Требования, предъявляемые к ракетным топливам	87
7.3. Характеристики ракетного топлива	88
7.4. Особенности использования твердого ракетного топлива	96
7.5. Критерии выбора топлива	97
8. ОПТИМАЛЬНОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ МАССЫ РАКЕТЫ-НОСИТЕЛЯ ПО СТУПЕНЯМ И РАСЧЕТ СТАРТОВОЙ МАССЫ РАКЕТЫ	107
8.1. Задачи математического программирования	107
8.2. Постановка и решение задачи оптимального распределения массы ракеты-носителя по блокам методом неопределенных множителей Лагранжа	109
8.3. Постановка и решение задач оптимального распределения массы ракеты-носителя по блокам численными методами	113
8.4. Выбор количества ступеней ракеты-носителя	130
9. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРЕДВАРИТЕЛЬНЫХ ОБЪЕМНО-ГАБАРИТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК РАКЕТ-НОСИТЕЛЕЙ	134
9.1. Определение объема ракеты-носителя и ее составных частей	134
9.2. Определение длины и диаметра ракеты-носителя	139
10. РАЗРАБОТКА ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЙ КОМПОНОВОЧНОЙ СХЕМЫ РАКЕТЫ-НОСИТЕЛЯ	141
10.1. Компоновка хвостовых отсеков	141
10.2. Компоновка топливных отсеков	145
10.3. Компоновка переходных отсеков	158
10.4. Компоновка приборных отсеков	160
10.5. Компоновка переходных отсеков и головных обтекателей	161
11. УТОЧНЕНИЕ КОМПОНОВОЧНОЙ СХЕМЫ РАКЕТЫ-НОСИТЕЛЯ	163
12. РАСЧЕТ МАСС ОСНОВНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ КОНСТРУКЦИИ РАКЕТЫ-НОСИТЕЛЯ	172
12.1. Предварительный расчет масс основных элементов конструкции ракеты-носителя	172

12.2 Предварительная массовая сводка	175
12.3. Проверка значений конструктивных характеристик ракетных блоков	177
12.4. Проектировочный расчет масс составных частей ракеты-носителя	178
12.5. Детальный расчет	200
13. РАСЧЕТ КООРДИНАТ ЦЕНТРА МАСС И МОМЕНТОВ ИНЕРЦИИ РАКЕТЫ-НОСИТЕЛЯ	201
13.1. Расчет координат центра масс ракеты	201
13.2. Расчет моментов инерции ракеты	202
13.3. Расчетные таблицы	204
13.4. Расчет положения координат центра масс ракеты-носителя по времени полета	204
14. ОСНОВНЫЕ ЭТАПЫ РАЗРАБОТКИ ТЕХНИЧЕСКОГО ПРЕДЛОЖЕНИЯ И ЭСКИЗНОГО ПРОЕКТА	209
14.1. Выбор основных проектных характеристик и облика РН	209
14.2. Параметрический анализ влияния проектных характеристик на тактико-технические характеристики ракеты-носителя	211
14.3. Поверочный расчет	212
14.4. Выбор состава бортовых систем, принципов их работы и разработка технических заданий на составные части ракеты	213
15. РАЗГОННЫЕ И АПОГЕЙНЫЕ РАКЕТНЫЕ БЛОКИ	214
15.1. Космические разгонные блоки	214
15.2. Апогейные блоки	219
16. ПЕРСПЕКТИВНЫЕ СРЕДСТВА ВЫВЕДЕНИЯ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ	221
16.1. Модернизированные ракеты-носители на базе РН «Союз»	221
16.2. Создание серии ракет-носителей различной грузоподъемности на основе унификации ракетных блоков	223
16.3. Использование возвращаемых ракетных блоков	225
16.4. Морской старт	228
16.5. Старты с самолета	228
16.6. Полностью многоразовые многоцелевые авиационно-космические системы	233
16.7. Запуск малогабаритных космических аппаратов	233
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	235
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ	236

ВВЕДЕНИЕ

Создание ракет – сложный, длительный и увлекательный процесс, начинающийся с момента появления замысла о необходимости создания новой ракеты-носителя, включающий эскизное проектирование, разработку рабочей документации, изготовление опытных образцов, различные виды испытаний, сдачу ракеты-носителя заказчику, организацию серийного изготовления, проведения работ в эксплуатирующей организации, авторского сопровождения и внесения изменений для совершенствования ракеты-носителя.

Все эти вопросы в той или иной степени отражены в учебных планах и рабочих программах специальности 160801 «Ракетостроение». В частности, теоретические и практические основы проектирования и конструирования ракет-носителей излагаются в дисциплине «Основы устройств и конструирования ракет».

Настоящее учебное пособие предназначено для изучения одного из заключительных разделов дисциплины «Основы устройств и конструирования ракет», а именно, раздела «Проектирование ракет». Материал пособия излагается в той последовательности, которая используется в реальной практике проектирования. Данное пособие может быть использовано не только для изучения теоретического материала, но и для выполнения курсовых проектов и дипломного проектирования.

Следует отметить, что многие разделы настоящего учебного пособия оригинальны и заимствованы из рукописей конспектов лекций Л. П. Юмашева, доцента кафедры летательных аппаратов СГАУ, который поставил эту дисциплину в СГАУ еще в 60-х годах 20-го века и читал лекции студентам до 2000 года. Кроме того, доцент Л. П. Юмашев поставил курсовой проект по данной дисциплине и разработал программное обеспечение для выбора основных проектных характеристик ракет-носителей, которое с успехом используется и в настоящее время.

Профессор Куренков В.И. дополнил и модернизировал курс лекций по данной дисциплине с учетом современных требований к ракетной технике и тенденции ее развития и подготовил этот курс лекций к печати в виде учебного пособия.

Хочется выразить глубокую признательность сотрудникам СГАУ - профессору В.М. Белоконову и доценту И.С. Ахмедьянову, рецензентам - заместителю Генерального конструктора ГНПРКЦ «ЦСКБ-Прогресс» Г. Е. Фомину и директору, главному конструктору Волжского конструкторского бюро РКК «Энергия» С.А. Петренко, специалистам ракетно-космической отрасли - Е.Д. Штанько, В.А. Широкову, А.И. Прокопенко за ценные замечания и рекомендации, которые были учтены при подготовке рукописи учебного пособия к изданию.

Учебное издание

Куренков Владимир Иванович

Юмашев Леонард Петрович

**ВЫБОР ОСНОВНЫХ
ПРОЕКТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК
И КОНСТРУКТИВНОГО
ОБЛИКА РАКЕТ-НОСИТЕЛЕЙ**

Учебное пособие

Редактор Т.К. Кретинина

Компьютерная верстка И.И. Спиридонова

Подписано в печать 16.09.05. Формат 60х84 1/16.

Бумага офсетная. Печать офсетная.

Усл.печ.л. 14,0 . Усл.кр.-отт. 14,1. Уч.-изд. л. 15.0.

Тираж 350 экз. Заказ . Арт. С-7/2005.

Самарский государственный аэрокосмический университет.
443086 Самара, Московское шоссе, 34.

РИО Самарского государственного аэрокосмического университета.
443086 Самара, Московское шоссе, 34.