

**МОСКОВСКИЙ АВИАЦИОННЫЙ ИНСТИТУТ  
(ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)**

«УТВЕРЖДАЮ»

Проректор по учебной работе

\_\_\_\_\_ М.Ю. Куприков

«    » \_\_\_\_\_ 2007 г.

**ПРОГРАММА**

дисциплины «Плазменные ускорители»

для специальности (специализации) 140505

	Выпускающие	Обеспечивающие
Факультеты	2	2
Кафедры	203, 208	208

Ф а к у л ь т е т	К у р с	С е м е с т р	Аудиторные занятия, ч			Самостоятельная работа студента, ч					Вид контроля		Итого, ч	
			Л е к ц и и	Л Р	ПЗ, семи- нары	Про- ра- ботка лек- ций	Под- го- товка к ЛР	Под- го- товка к ПЗ, сем.	Вы- пол- нение КП, КР	Вы- пол- нение РР, ГР, РЕФ	Э к з а м е н	З а ч е т	Ауди- тор- ные заня- тия	СРС
2	4	7	34	8	8	38	4	18	40		7		50	100
Итого:			34	8	8	38	4	18	40		Всего:		50	100



## РАЗДЕЛ I. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ИЗУЧЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Учебная дисциплина "Плазменные ускорители" изучается студентами специальности 140505. Она имеет целью ознакомить студентов, специализирующихся в области плазменных энергетических установок, с принципами работы, типовыми характеристиками и параметрами плазменных ускорителей.

В процессе обучения студенты слушают лекции, изучают учебную литературу, проводят лабораторные работы, выполняют курсовой проект.

В результате изучения дисциплины студент должен

**знать:**

- особенности рабочих процессов в плазменных ускорителях различного типа;
- тенденции и пути развития плазменных ускорителей;
- методы расчета параметров плазменных ускорителей;

**и уметь:**

- применять на практике полученные знания;
- выбирать рациональные варианты проектных решений;
- выполнять расчеты параметров плазменных ускорителей.

Полученные знания и навыки позволяют студентам в дальнейшем вести расчеты и проектирование плазменных ускорителей, участвовать в их исследованиях и эксплуатации.

## **РАЗДЕЛ II. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **Тема 1. Введение.**

Лекций - 2 часа

Плазменные ускорители и технические устройства на их основе. Принципиальные схемы и характеристики современных ускорителей вещества. Разделение источников энергии и рабочего процесса - эффективный путь повышения энергетических характеристик ускорителей. Показатели, характеризующие эффективность плазменного ускорителя.

Условия эксплуатации. Требования к плазменным ускорителям.

### **Тема 2. Принципы получения и ускорения плазмы.**

Лекций - 4 часа

Получение заряженных частиц на поверхности и в объеме. Процессы ионизации и ускорения плазмы. Принципиальная схема и основные характеристики ускорителя прямого действия для разгона ионов в постоянном внешнем электрическом поле.

Физические процессы ускорения плазмы в электромагнитном поле. Система основных уравнений, описывающих движение ионов в постоянных скрещенных электрическом и магнитном полях и ее решение. Диссипативное (омическое) ускорение. Бездиссипативное (электростатическое) ускорение.

### **Тема 3. Приэлектродные процессы**

Лекции – 2 часа

Процессы на катоде. Катодное падение потенциала. Процессы теплообмена. Эрозия катодов на режимах запуска и стационарной работы. Анодные процессы. Анодное падение потенциала. Влияние магнитного поля на анодное падение. Кризис тока. Тепловыделение на анодах. Системы нейтрализации ионных потоков.

### **Тема 4. Классификация ускорителей плазмы**

Лекций - 2 часа

Классификация ускорителей по механизму ускорения ионов, по способу нагрева рабочего вещества, по способу создания магнитного поля, по геометрической форме

электродов.

### **Тема 5. Ускорители с тепловым механизмом ускорения.**

Лекций - 4 часа

Электродуговые ускорители. Устройство и принцип действия. Основные характеристики. Основы расчета. Вольт-амперные характеристики и особенности стабилизации разряда.

### **Тема 6. Плазменные ускорители с электромагнитным ускорением**

Лекций - 8 часов

Сильноточные плазменные ускорители. Устройство и принцип действия. Коаксиальные и торцевые схемы. Основные характеристики. Стационарные и импульсные ускорители. Ускорители с внешним и собственным магнитным полем. Холловский ускоритель. Особенности физических процессов и вольт-амперные характеристики. Взаимосвязь внешних и собственных магнитных полей с геометрией электродов. Особенности приэлектродных процессов. Основы расчета параметров и характеристик ускорителя. Переход к ускорителям с замкнутым дрейфом электронов.

### **Тема 7. Ускорители с электростатическим механизмом ускорения.**

Лекций - 10 часов

Основные принципы формирования электрических полей в плазме при воздействии магнитного поля, движение частиц в скрещенных электрическом и магнитном полях. Устройство и принцип действия ускорителей с замкнутым дрейфом электронов. Стационарный плазменный двигатель (СПД). Конструкция и особенности рабочего процесса. Интегральные характеристики и особенности регулирования. Основы расчета и рекомендации по проектированию. Эксплуатационные параметры и методы исследования и наземной отработки. Ускоритель с анодным слоем. Конструктивные схемы и особенности рабочего процесса. Плазменно-ионные ускорители. Принцип действия. Схемные решения. Радиочастотные ионные ускорители. Ионные ускорители с поверхностной ионизацией. Коллоидные электростатические ускорители. Основы их расчета, методы исследования. Основные характеристики. Рекомендации по проектированию ускорителей.

## **Тема 8. Применение плазменных ускорителей в технике.**

Лекций - 2 часа

Устройство и основные схемы установок с плазменными ускорителями. Требования к системам электропитания. Системы подачи рабочего тела. Энергомассогабаритные характеристики и рекомендации по выбору параметров, проектированию и оптимизации установок.

### **ХАРАКТЕРИСТИКА КУРСОВОГО ПРОЕКТА**

В курсовом проекте студенты выполняют проектный и поверочный расчет одного из типов ускорителей, определяют его габаритные размеры, рабочие параметры и основные характеристики; с помощью программного комплекса ELCUT моделируют параметры и размеры основных элементов магнитной системы ускорителя.

Курсовой проект выполняется в 7-ом семестре за счет 10 часов ИЗП и 16 часов СРС.

### **ПЕРЕЧЕНЬ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ**

- |        |  |
|--------|--|
| ПЗ 1.  | Использование программного комплекса ELCUT для расчета магнитных систем ускорителей плазмы |
| 2 часа |  |
| Тема 5 |  |
| ПЗ 1.  | Расчет характеристик торцевого холловского ускорителя плазмы                               |
| 2 часа |  |
| Тема 6 |  |
| ПЗ 3.  | Расчет характеристик униполярного электростатического ускорителя                           |
| 2 часа |  |
| Тема 7 |  |
| ПЗ 4.  | Расчет характеристик плазменного ускорителя с замкнутым дрейфом электронов                 |
| 2 часа |  |
| Тема 7 |  |

## ПЕРЕЧЕНЬ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ

ЛР 1.	Исследование характеристик плазменного ускорителя.
4 часа	
По теме 5	
ЛР2.	Знакомство с натурными образцами плазменных ускорителей.
4 часа	Исследование характеристик ускорителя с замкнутым дрейфом электронов.
По темам 6...8	

## САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА СТУДЕНТОВ

- 7 семестр - 38 часов на проработку лекций,
- 22 часа на подготовку к практическим занятиям и лабораторным работам.
  - 40 часов на выполнение курсового проекта.

## РАЗДЕЛ III. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

### 3.1 Рекомендуемая литература:

#### Учебная и методическая литература:

1. Квасников Л. А., Латышев Л. А., Пономарев-Степной Н. Н., Севрук Д. Д., Тихонов В. Б. Теория и расчет энергосиловых установок космических летательных аппаратов. Учебник, 2-е изд. - М.: МАИ, 2001.
2. Белан Н.В., Ким В.П., Оранский А.И., Тихонов В.Б. Стационарные плазменные двигатели. Учебник., - Харьков: ХАИ, 1989.
3. Гаврюшин В.М., Григорьян В.Г., Латышев Л.А. Применение электростатических ускорителей в народном хозяйстве. Учебное пособие. - М.: МАИ, 1989.
4. Методические указания для практических занятий по курсу "Двигательные установки". Под ред. Латышева Л.А. Учебное пособие. - М.:МАИ, 1993.
5. Елизаров Л.И., Латышев Л.А., Зинчук А.А. Энергофизические установки. Учебное пособие. – М.: МАИ, 2000.

**Другие виды литературы:**

1. Морозов А.И. Физические основы космических электрореактивных двигателей. Т. 1. Элементы динамики потоков в ЭРД. - М.: Энергоатомиздат, 1978.
2. Морозов А.И. Введение в плазмодинамику. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2006.
3. Гришин С.Д., Лесков Л.В., Козлов Н.П. Плазменные ускорители. - М.: Машиностроение, 1983.
4. Габович М.Д., Плешивцев Н.В., Семашко Н.Н. Пучки ионов и атомов для управляемого термоядерного синтеза и технологических целей. - М.: Энергоатомиздат, 1986.
5. Лукьянов Г.А. Сверхзвуковые струи плазмы. - Л.: Машиностроение, 1985.
6. Глибицкий М.М. Системы питания и управления электрическими ракетными двигателями. - М.: Машиностроение, 1981.
7. Абгорян И.А., Андронов А.Н., Титов А.И. Физические основы электронной и ионной технологии. - М.: Высшая школа, 1984.
8. ELCUT® Моделирование двумерных полей методом конечных элементов (Руководство пользователя). – С.-П.: Производственный кооператив TOP, 2007

**3.2 Технические и другие средства обучения.**

Плакаты, экспонаты, экспериментальные установки, программный комплекс ELCUT®, класс IBM PC.