

**МОСКОВСКИЙ АВИАЦИОННЫЙ ИНСТИТУТ
(НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ)**

**ПРОГРАММА
ВСТУПИТЕЛЬНОГО ЭКЗАМЕНА
В МАГИСТРАТУРУ ПО НАПРАВЛЕНИЮ
24.04.05 «ДВИГАТЕЛИ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ»**

Программа составлена в соответствии с Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по направлению подготовки 24.03.05 «Двигатели летательных аппаратов» (уровень бакалавриат).

1. Цели и задачи вступительных испытаний

Вступительные испытания предназначены для определения практической и теоретической подготовленности бакалавра и проводятся с целью определения соответствия знаний, умений и навыков студентов требованиям обучения в магистратуре по направлению 24.04.05 «Двигатели летательных аппаратов».

Вступительные испытания в магистратуру по направлению подготовки 24.04.05 «Двигатели летательных аппаратов» (ДЛА) проводятся по следующим разделам:

- Оценка соответствия профиля и уровня полученного образования.
- Подготовленность к научно-исследовательской работе.

2. Оценка уровня знаний

Оценка уровня знаний проводится в виде вступительного экзамена. В основу программы вступительного экзамена положены квалификационные требования в области основ современного двигателестроения, предъявляемые к бакалаврам направления 24.03.05 «Двигатели летательных аппаратов».

3. Перечень вопросов для вступительных испытаний в магистратуру по направлению 24.04.05 «Двигатели летательных аппаратов»

3.1 Механика жидкости и газа

1. Основные понятия и определения
 - 1.1. газодинамическая система
 - 1.2. решение задач механики жидкости и газа

- 1.3. свойства жидкостей
2. Математическая модель одномерного движения газа
 - 2.1. уравнение неразрывности
 - 2.2. уравнение количества движения
 - 2.3. уравнение моментов количества движения
 - 2.4. уравнение энергии в тепловой форме
 - 2.5. уравнение энергии в механической форме (уравнение Бернулли)
 - 2.6. уравнение состояния
 - 2.7. уравнение изменения энтропии
3. Газодинамическая форма математической модели одномерного течения
 - газа
 - 3.1. параметры торможения
 - 3.2. безразмерные скорости
 - 3.3. газодинамические функции
 - 3.4. математическая модель одномерного течения сжимаемого газа в газодинамической форме
 - 3.5. закон обращения воздействий
 - 3.6. кризис течения
 4. Сверхзвуковые течения газа
 - 4.1. обтекание тел дозвуковым и сверхзвуковым потоками газа
 - 4.2. характеристики сжатия и разрежения
 - 4.3. прямые скачки уплотнения
 - 4.4. косые скачки уплотнения
 - 4.5. сверхзвуковое течение с непрерывным увеличением скорости
 5. Реактивная тяга двигателя и газодинамические процессы в его элементах
 - 5.1. тяга реактивного двигателя
 - 5.2. течение газа в сопле
 - 5.3. тепловое воздействие на газ
 - 5.4. газодинамические процессы в компрессоре и турбине
 - 5.5. течение газа в диффузорах

3.2 Вопросы по общей теории двигателей летательных аппаратов

1. Окружающее пространство и его взаимодействие с летательным аппаратом, двигательными и энергетическими установками
2. Механика безмоторного полета летательного аппарата, возможности, которые предоставляет полет с тяговым усилием
3. Основные элементы современных летательных аппаратов
4. Источники массы и энергии для двигателей летательных аппаратов
5. Способы преобразования первичной энергии в энергию необходимую для использования на различных летательных аппаратах

6. Основные положения динамики жидкости и газа в двигателях различных типов, уравнение обращенного воздействия
7. Реактивные и ракетные двигатели, их особенности и характеристики
8. Фундаментальные законы сохранения и их использование для организации рабочего процесса в двигателях
9. Способы ускорения рабочих тел и получение тягового усилия
10. 10.Основные расчетные соотношения и ожидаемые параметры двигателей
11. Тяга, скорость истечения, мощность и удельные характеристики двигателей
12. Типы и характеристики топлив/рабочих тел двигателей
13. Схемы двигателей, их основные элементы и параметры
14. Режимы лётных испытаний при доводке узлов крепления ТВД на ЛА
15. Пять основных групп - отказов, дефектов и недостатков опытного АД, проявляющихся в процессе его доводки, их описание
16. Условия работы лопаток вентилятора ТРДД, типовые дефекты, требования к контролю этих лопаток в эксплуатации, записанные в РЭ
17. Типовые дефекты высокотемпературных турбин газогенераторов, методы их доводки
18. Требования по вредным выбросам авиационных ГТД на различных режимах их работы, методы их доводки к уровню требований нормативов ICAO
19. Требования ICAO по акустическим характеристикам авиационных ГТД, методы их доводки по уровням шума
20. Конструктивные особенности широкохордных рабочих и направляющих лопаток вентилятора ТРДД
21. Общие принципы исследования повреждённого в эксплуатации двигателя в лабораторных условиях
22. Повреждаемость ГТД, повреждающие факторы и их классификация. Механика повреждения и разрушения деталей ГТД
23. Система технического обслуживания и замены модулей в эксплуатации
24. Типы фланцевых соединений корпусов ДЛА.
25. Сопоставление подшипников качения и скольжения
26. Типы конструкций камер сгорания ДЛА
27. Способы охлаждения жаровых труб
28. Конструкция радиального графитового уплотнения.
29. Виды крепления лопаток на роторах компрессоров
30. Особенности конструкции модуля вентилятора ТРДД (ТРДДф)
31. Замковое соединение типа “ласточкин хвост”: расчетная схема и напряжения, определяемые при поверочном расчете на прочность

32. Автоколебания лопаток компрессора: условия возникновения и способы устранения.
33. Состав модулей трёхвального ТРДД.
34. Реактивные и ракетные двигатели, характеристическая скорость, уравнение Циолковского. Области применения ДУ различного типа
35. Способы ускорения рабочих тел. Источники массы и энергии для ракетных двигателей.
36. Условия эксплуатации двигательных установок в космосе. Основные требования к космическим двигателям. Совмещенный и отдельный подвод массы и энергии в космических двигателях
37. Реактивные двигатели с тепловым ускорением. Основные термодинамические процессы в тепловых двигателях
38. Фундаментальные законы сохранения и их использование для организации рабочего процесса в ЭРД. Общие понятия интегральных характеристик и определения удельных параметров ЭРД
39. Особенности процессов ускорения в электротермическом двигателе. Уровень интегральных параметров, области применения
40. Процессы получения заряженных частиц в объеме и на поверхности. Приэлектродные процессы, особенности их протекания на катоде и аноде
41. Принципы и механизмы ускорения рабочего тела. Особенности теплового механизма ускорения. Ускорение в электромагнитном поле. Классификация ЭРД
42. Объемная электромагнитная сила, ускорение в собственных магнитных полях. Схема коаксиального плазменного двигателя. Особенности процесса ускорения и вырождение его в торцевую схему.
43. Импульсные плазменные двигатели. Тепловое и объемное электромагнитное ускорения. Интегральные характеристики импульсных двигателей, достигнутый уровень и перспективы.
44. Ускорение электростатической силой, способы повышения его эффективности, схема электростатического двигателя, основные узлы.
45. Ионно-оптическая система, принцип ускорения с замедлением, извлечение ионов, предельная плотность тока, повышение ресурса
46. Способы получения ионов, поверхностная и объемная ионизации
47. Газоразрядная камера с осцилляцией электронов, использование высокочастотного разряда, СВЧ разряд как эффективный ионизатор. Ионные двигатели с поверхностной ионизацией, «полевые» ионные двигатели, коллоидные ионные двигатели
48. Движение заряженных частиц в ортогональных электрическом и магнитных полях, организация замкнутого дрейфа электронов
49. Схема стационарного плазменного двигателя. Движение ионов и электронов в ускорительном канале. Возникновение объемного заряда и его влияние на движение ионов

50. Основные интегральные характеристики стационарного плазменного двигателя. Проблема расходимости ионного потока и ее влияние на время безотказной работы, причины снижения уровня тяги со временем работы двигателя

51. Катод-нейтрализатор – основные конструктивные схемы, особенности генерации электронов

52. Двигатель с анодным слоем, особенности конфигурации электрического и магнитного полей в ускорительном канале, формирование «анодного слоя», основные характеристики

53. Схемы компоновки космических аппаратов с ЭРД, расположение рабочих мест двигателей, факторы, воздействующие на элементы и режим работы КА. Проблемы электризации КА, собственная атмосфера КА и взаимодействие с ней струй ЭРД.

54. Основные принципиальные схемы ракетных двигателей.

55. Определение тяги, формула тяги, составляющие тяги, расчет тяги.

56. Понятия удельного импульса, расходный комплекс, характеристическая скорость.

57. Энтальпия топлива, система отсчета энтальпий. Фазовые переходы.

58. Энергетические характеристики топлива, коэффициент избытка окислителя, стехиометрический коэффициент.

59. Термогазодинамический расчет процессов в камере сгорания, основные положения расчета.

60. Модели рабочего процесса в камере сгорания и газогенераторе.

61. Определение равновесного состава продуктов сгорания, свойства продуктов сгорания.

62. Влияние основных факторов на термодинамические характеристики.

63. Выбор и расчет геометрических параметров камеры сгорания (КС). Показатели интенсивности рабочего процесса в КС.

64. Оценка энергетического совершенства камеры сгорания. Расчет ожидаемых параметров камеры.

65. Анализ и оценка потерь в соплах.

66. Физическая картина возбуждения высокочастотных колебаний давления в камере сгорания и пути борьбы с ними.

67. Физическая картина возбуждения низкочастотных колебаний давления в камере сгорания и пути борьбы с ними

68. Качественный механизм возбуждения колебаний в камере сгорания ракетного двигателя

3.3 Термодинамика и теплопередача

1. Принципиальные отличия термических уравнений состояния реальных газов от идеальных.
2. Особенности расчетов параметров состояния для смесей идеальных газов.
3. Основные законы термодинамики. Их формулировки и математическая запись.
4. Расчеты энергетических величин для политропных процессов.
5. Основные уравнения для процессов течения жидкостей и газов.
6. Закономерности процесса дросселирования.
7. Термодинамические процессы в одноступенчатых и многоступенчатых компрессорах.
8. Эффективность прямых и обратных циклов.
9. Термодинамическая эффективность реактивных двигателей и их циклов.
10. Циклы паросиловых установок.
11. Механизмы переноса тепла: теплопроводность, конвекция, тепловое излучение, их физические модели.
12. Основной закон теплопроводности. Градиент температуры.
13. Дифференциальное уравнение теплопроводности. Краевые условия.
14. Стационарная теплопроводность через плоскую и цилиндрическую стенку.
15. Нестационарная теплопроводность. Критерии подобия в задачах нестационарной теплопроводности.
16. Конвективный теплообмен. Виды конвекции. Физический смысл критериев подобия конвективного теплообмена.
17. Конвективный теплообмен при движении с большой скоростью.
18. Конвективный теплообмен при химических реакциях.
19. Конвективный теплообмен при фазовых превращениях.
20. Основные законы теплового излучения

3.4 Технология производства ДЛА

1. Конструкционные и инструментальные материалы.
2. Токарная обработка. Обработка, станки и инструменты.
3. Фрезерование. Обработка, станки и инструменты.
4. Сверление, зенкерование, развертывание. Обработка, станки и инструменты.
5. Протягивание. Обработка, станки и инструменты.
6. Абразивная обработка. Обработка, станки и инструменты.
7. Точность обработки.
8. Аналитические методы определения припусков.
9. Методы получения заготовок.

10. 10. Особенности единичного, серийного и массового производства.
11. Структура технологического процесса.
12. Виды технологической документации.
13. Станочные приспособления.
14. Классификация станков с ЧПУ
15. Свойства поверхностного слоя детали.
16. Единая система допусков и посадок.
17. Размерные цепи.

3.5 Литература для подготовки

1. Основы теории и расчета жидкостных ракетных двигателей. Учебник для вузов. Изд. 2-е, перераб. И доп. Под ред. В.М. Кудрявцева. М., «Вышш. школа», 1975. 656 с. С ил.
2. Теория и расчет агрегатов питания жидкостных ракетных двигателей.
3. Овсянников Б. В., Боровский Б. И., М., «Машиностроение», 1971, стр. 540.
4. Основы проектирования технологических процессов и приспособления. Методы обработки поверхностей. В.П. Фираго. М.: «Машиностроение», 1973 г., стр. 468
5. Ботяшин В.Н., Тарасов С.И. Технология обработки материалов, применяемых в энергомашиностроении: Учебное пособие. – М.: Изд-во МАИ, 2006 – 96 с.: ил.
6. Лесневский Л.Н., Ляховецкий М.А., Тюрин В.Н., Методы формообразования деталей и обработки поверхностей: Учебное пособие. – М.: Изд-во МАИ, 2016 – 92 с.: ил.
7. Зрелов В.А. Отечественные газотурбинные двигатели. Основные параметры и конструктивные схемы: Учеб. пособие. — М.: ОАО "Издательство "Машиностроение", 2005. — 336 с.: ил
8. Конструкция и проектирование авиационных газотурбинных двигателей. Под редакцией Хромина Д.В. Учебник, М. Машиностроение, 1989 г., 567 с.
9. Леонтьев М.К. Конструкция и расчет демпферных опор роторов ГТД: Учебное пособие. - М.: Изд-во МАИ, 1998. – 44 с ил. (электронная версия)
10. Сиротин Н.Н. и др. Основы конструирования производства и эксплуатации авиационных газотурбинных двигателей и энергетических установок в системе CALS технологий в 3 кн. – 2-е изд. перераб. и доп. – М.: Наука, 2011
11. Теория, расчет и проектирование авиационных двигателей и энергетических установок: Учебник / В.И.Бакулев, В.А.Голубев, Б.А.Крылов

и др.: Под редакцией В.А.Сосунова, В.М.Чепкина. - М.: Изд-во МАИ, 2003. - 688 с.

12. Григорьев В.А. Кузнецов С.П., Гитваров А.С. Испытания авиационных двигателей. – М.: Машиностроение, 2009

13. Равикович Ю.А., Петухов А.Н. Конструкционная прочность металлических материалов и основных деталей ГТД. Учебное пособие / М.: Изд-во МАИ, 2013. — 128 с

14. Дубенец С.А., Кузин А.И. Двигатели и энергоустановки летательных аппаратов. М.:МАИ,2008 г.

15. Иноземцев А.А., Нихамкин М.А.,Сандрацкий В.Л. Основы конструирования авиационных двигателей и энергетических установок. Т.2. Компрессоры. Камеры сгорания. Форсажные камеры. Турбины. Выходные устройства. Москва, Машиностроение, 2008. – 367с.

16. Кириллин В.А. «Техническая термодинамика»; Издательство Наука, 1979 г.

17. Авдеевский В.С. «Основы теплопередачи в авиационной и ракетно-космической технике»; Издательство Машгиз, 1992 г.

18. Исаченко В.П. «Теплопередача»; Издательство Энергоиздат, 1981 г.

19. В.И. Бакулев, В.А. Голубев, Б.А. Крылов, Б.Ю. Марчуков, Ю.Н. Нечаев, И.И. Онищик, Б.А. Сосунов, В.М. Чепкин «Теория, расчет и проектирование авиационных двигателей и энергетических установок»; Издательство МАИ 2003 г.

20. А.А. Иноземцев «Основы конструирования авиационных двигателей и энергетических установок»; Издательство «Машиностроение», 1-5 тома, 2008 г.

21. Л.А. Квасников, Л.А. Латышев, Н.Н. Пономарев-Степной, Д.Д. Севрук, В.Б. Тихонов «Теория и расчет энергосиловых установок космических летательных аппаратов»; Издательство МАИ, 2001 г.

22. С.Д. Гришин, Л.В. Лесков, Н.П. Козлов «Электрические ракетные двигатели»; Издательство Машиностроение, 1975 г.

23. В.Г. Григорьян, К.В. Евдокимов, И.П. Назаренко «Двигатели космических летательных аппаратов»; Издательство МАИ, 2008 г.