

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

**ПРОГРАММА ВСТУПИТЕЛЬНОГО  
МЕЖДИСЦИПЛИНАРНОГО ЭКЗАМЕНА  
ПО НАПРАВЛЕНИЮ ПОДГОТОВКИ  
24.04.05 «ДВИГАТЕЛИ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ»  
СПЕЦИАЛИЗИРОВАННОГО ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ**

## **Общие положения**

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

### **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 на специализированном высшем образовании по направлению 24.04.05 «Двигатели летательных аппаратов».

Вступительные испытания на специализированное высшее образование 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.

### **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».

### **Перечень вопросов для вступительных испытаний в магистратуру по направлению 24.04.05 «Двигатели летательных аппаратов»**

#### **Раздел 1. Авиационные двигатели с альтернативными источниками энергии**

1. Назначение турбомашин в авиационных двигателях и установках.

2. Классификация авиационных лопаточных машин.
3. Требования к авиационным лопаточным машинам.
4. Математическое моделирование и исходные уравнения.
5. Модели течений в турбомашинах.
6. Основные уравнения одномерной теории течения газа в турбомашинах.
7. Классификация потерь в ступени лопаточной машины.
8. Термодинамические процессы в турбомашинах.
9. Схема и принцип действия ступени осевого компрессора. Основные геометрические параметры лопаточной решетки и профилей.
10. Числа Маха и Рейнольдса в компрессорных решетках.
11. Основные параметры ступени осевого компрессора.
12. Компрессорные решетки с большими углами поворота.
13. Теорема Жуковского и связь параметров решетки с аэродинамическими коэффициентами.
14. Опытное определение аэродинамических характеристик решеток.
15. Обобщенные характеристики плоских компрессорных решеток. Параметрические соотношения.
16. Особенности рабочего процесса в трансзвуковых и сверхзвуковых ступенях осевого компрессора.
17. Потери энергии в ступени компрессора и ее КПД.
18. Устройство, основные узлы, назначение многоступенчатых осевых компрессоров.

19. Основные параметры многоступенчатых осевых компрессоров.
20. Затраченная и полезная (изоэнтропная) работа сжатия в компрессоре.
21. Коэффициенты полезного действия ступени и компрессора в целом. Связь между ними.
22. Выбор числа ступеней осевого компрессора и распределение основных параметров по ступеням.
23. Формы проточной части осевого компрессора и их влияние на геометрию меридионального сечения ТРДД.
24. Осевые компрессоры с подпорными ступенями.
25. Регулирование радиального зазора в ступенях многоступенчатого осевого компрессора.
26. Изменение параметров рабочего тела по высоте лопаток осевых турбомашин.
27. Уравнение радиального равновесия потока рабочего тела в осевых лопаточных машинах.
28. Условия совместной работы элементарных ступеней, расположенных на различных радиусах проточной части.
29. Законы закрутки лопаток в ступени осевого компрессора.
30. Идеальный цикл воздушно-реактивных двигателей. Теоретическая работа цикла и тепловой КПД.
31. Идеальный цикл воздушно-реактивных двигателей. Зависимости теоретической работы цикла и теплового КПД от параметров цикла.

32. Реальный цикл воздушно-реактивных двигателей. Эффективная производительность цикла и эффективная эффективность цикла.

33. Реальный цикл воздушно-реактивных двигателей. Зависимости эффективной работы цикла и эффективного КПД цикла от основных расчетных параметров цикла.

34. Удельные параметры ТРД. Их зависимость от основных расчетных параметров цикла.

35. Термогазодинамический расчет ТРД.

36. Дозвуковые устройства ввода, их параметры и организация рабочего процесса в различных режимах работы.

37. Устройства сверхзвукового ввода, их параметры и организация рабочего

38. процесса в различных режимах работы.

39. Сверхзвуковые устройства ввода, их параметры и характеристики.

40. Организация рабочего процесса в камерах сгорания ГТД.

41. Рабочий процесс, режимы работы и характеристики дозвуковых сопел воздушно-реактивных двигателей.

42. Рабочий процесс, режимы работы и характеристики сверхзвуковых сопел воздушно-реактивных двигателей.

43. Совместная работа компрессора и турбины ГТД. Уравнение совместной работы компрессора и турбины.

44. Комбинированная работа компрессора и турбины. Положение линии режима работы для характеристики компрессоров разного давления.

45. Совместная работа компрессора и турбины. Изменение параметров двигателя по строке режима работы.

## **Раздел 2. Конструкция и проектирование двигателей**

1. Классификация газотурбинных двигателей (ГТД) и энергетических установок
2. Конструктивные схемы ГТД, основные элементы
3. Основные параметры и удельные характеристики ГТД
4. Основные стадии жизненного цикла авиационных двигателей
5. Стадии процесса проектирования авиационных двигателей
6. Основные технические требования к ГТД при их проектировании
7. Поколения авиационных двигателей, их основные отличия. Особенности двигателей 5-го и 6-го поколений
8. Основные модули ГТД и требования к ним.
9. Основные нагрузки на узлы и детали, возникающие в работе ГТД (поэлементно)
10. Усилия, от роторов и передающиеся на статорную часть конструкции. Их классификация
11. Материалы, используемые в узлах ГТД, основные механические и прочностные характеристики
12. Повреждаемость ГТД, повреждающие факторы и их классификация. Механика повреждения и разрушения деталей ГТД
13. Задачи прочности и динамики, решаемые при проектировании ГТД (на примере лопатки компрессора)

14. Способы снижения вибрационных нагрузок деталей и узлов двигателей
15. Основные виды прочностных испытаний авиационных ГТД
16. Эксплуатация по техническому состоянию и ресурсу
17. Конструкция компрессоров ГТД, их типы. Способы соединений деталей между собой
18. Конструкция компрессоров ТРДД с большой степенью двухконтурности
19. Опорные узлы роторов ГТД, назначение и конструктивные элементы, особенности работы
20. Конструкция камер сгорания, их типы, основные характеристики и требования к ним
21. Назначение турбин ГТД, их типы, основные требования, учитываемые при проектировании турбин
22. Основные узлы и детали роторов турбин
23. Основные мероприятия для защиты узлов и деталей турбин от высоких температур
24. Способы регулирования зазоров в турбинах ГТД
25. Назначения форсажных камер, их конструкции, основные требования
26. Типы и конструкция выходных устройств и реактивных сопел
27. Требования к эмиссии авиационных ГТД, незаметности боевых ЛА со стороны двигателей
28. Режимы лётных испытаний при доводке узлов крепления ТВД на ЛА

29. Пять основных групп - отказов, дефектов и недостатков опытного АД, проявляющихся в процессе его доводки, их описание
30. Условия работы лопаток вентилятора ТРДД, типовые дефекты, требования к контролю этих лопаток в эксплуатации, записанные в РЭ
31. Типовые дефекты высокотемпературных турбин газогенераторов, методы их доводки
32. Требования по вредным выбросам авиационных ГТД на различных режимах их работы, методы их доводки к уровню требований нормативов ИСАО
33. Требования ИСАО по акустическим характеристикам авиационных ГТД, методы их доводки по уровням шума
34. Конструктивные особенности широкохордных рабочих и направляющих лопаток вентилятора ТРДД
35. Общие принципы исследования повреждённого в эксплуатации двигателя в лабораторных условиях
36. Повреждаемость ГТД, повреждающие факторы и их классификация. Механика повреждения и разрушения деталей ГТД
37. Система технического обслуживания и замены модулей в эксплуатации
38. Типы фланцевых соединений корпусов ДЛА.
39. Сопоставление подшипников качения и скольжения
40. Типы конструкций камер сгорания ДЛА
41. Способы охлаждения жаровых труб.
42. Конструкция радиального графитового уплотнения.
43. Виды крепления лопаток на роторах компрессоров

44. Особенности конструкции модуля вентилятора ТРДД (ТРДДф).
45. Замковое соединение типа “ласточкин хвост”: расчетная схема и напряжения, определяемые при поверочном расчете на прочность.
46. Автоколебания лопаток компрессора: условия возникновения и способы устранения.
47. Состав модулей трёхвального ТРДД.
48. Сопоставление подшипников качения и скольжения
49. Конструкция радиального графитового уплотнения.
50. Типы и характеристики топлив/рабочих тел двигателей

### Литература для подготовки

1. Ржавин Ю.А., Эмин О.Н., Карасев В.Н. Лопаточные машины авиационных двигателей. Теория и расчет. Руководство. - М.: Изд-во МАИ-ПРИНТ, 2008. - 700 с.
2. Холщевников К.В., Митрохин В.Т. Теория и расчет лопаточных машин летательных аппаратов. Учебник. Изд. 2, пер. и доп. - М.: Машиностроение, 1986. - 432 с.
3. Эмин О.Н., Ржавин Ю.А., Карасев В.Н. Выбор параметров и газодинамический расчет осевых компрессоров и турбин авиационных ГТД. Руководство. - М.: МАИ, 2003. - 160 с.
4. Акимов В.М., Бакулев В.И. и др., Курзинер Р.И., Шляхтенко С.М. Теория и расчет воздушно-реактивных двигателей Учебник для вузов. Машиностроение, 1987. - 568 с.
5. Агульник А.Б., Бакулев В.И., Голубев В.А., Кравченко И.В., Крылов Б.А. Термогазодинамические расчеты и расчет характеристик авиационных ГТД. надбавка за самолет. Спец.. МАИ, 2002. - 256 с.
6. Онищик И.И., Христофоров И.Л. Пособие к лабораторным работам и практическим занятиям по расчету и характеристикам камер сгорания РВД. МАИ, 1995. - 32 с.
7. Голубев В.А. Двухконтурные авиационные двигатели: Теория, расчет и характеристики. проц. пособие для вузов по спец. «Авиационные двигатели и силовые установки». МАИ, 1993. - 166 с.
8. Ковнер Д.С., Онищик И.И., Христофоров И.Л. Расчет и проектирование камер сгорания РВД в САПР. разрешение. МАИ, 1989. - 52 с.
9. Авдудевский В.С. и др. - Основы теплопередачи в авиационной и ракетно- космической технике, Машгиз, 1992 г.

10. Лыков А.В Теория теплопроводности ВЫСШАЯ ШКОЛА, М 1967
11. Экспериментальное исследование теплообмена в авиационной технике, под редакцией Кошкина В.К., Кутырина И.Н., МАИ, 1988 г.
12. Исследование тепловых процессов нестационарными методами., МАИ, 1996. Под редакцией Дрейцера Г.А., Меснянкина С.Ю.
13. Саркисов Г.И. Справочник к курсовым и расчетно-графическим работам по курсу "Теплопередача".
14. Ястржембский А.С. Техническая термодинамика Госэнергоиздат М 1960 г.
15. И.А. Лепешинский. Газодинамика одно-и двухфазных течений. Москва. МАИ .2003-276с
16. И.А. Лепешинский, Ю.В. Зуев, Е.А. Истомин. Газовая динамика элементарной струйки. Москва. МАИ .2008
17. Ю.В. Зуев. Одномерные течения жидкостей и газов. Москва.: МАИ. 2004
18. И.А. Лепешинский, Ю.В. Зуев, Е.А. Истомин. Многомерные течения жидкостей и газов. Москва.: Изд-во Литком, 2015.
19. Ю.В. Зуев. Пространственные течения жидкостей и газов. Москва.: МАИ. 2004
20. И.А. Лепешинский. Качественные задачи. М : Изд-во Литком.2016.- 60 с.
21. Зуев Ю.В., Лепешинский И.А. Приближенный газодинамический расчет сверхзвукового прямогочного воздушно-реактивного двигателя: Учебное пособие.- М.:Изд-во МАИ-ПРИНТ,2011.-76с.:ил.

22. Конструкция и проектирование авиационных газотурбинных двигателей. Под редакцией Хрони́на Д.В. Учебник, М. Машиностроение, 1989 г., 567 с.

23. Зрелов В.А. Отечественные газотурбинные двигатели. Основные параметры и конструктивные схемы: Учеб. пособие. — М.: ОАО "Издательство "Машиностроение", 2005. — 336 с.: ил

24. Равикович Ю.А., Петухов А.Н. Конструкционная прочность металлических материалов и основных деталей ГТД. Учебное пособие / М.: Изд-во МАИ, 2013. — 128 с 10

25. Леонтьев М.К. Конструкция и расчет демпферных опор роторов ГТД: Учебное пособие. - М.: Изд-во МАИ, 1998. – 44 с ил. (электронная версия)

26. 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

27. 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.

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

29. 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.

30. Григорьев В.А. Кузнецов С.П., Гитваров А.С. Испытания авиационных двигателей. – М.: Машиностроение, 2009
31. Кириллин В.А. «Техническая термодинамика»; Издательство Наука, 1979 г.
32. Авдудевский В.С. «Основы теплопередачи в авиационной и ракетнокосмической технике»; Издательство Машгиз, 1992 г.
33. Исаченко В.П. «Теплопередача»; Издательство Энергоиздат, 1981 г.
34. 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. 2
35. А.А. Иноземцев «Основы конструирования авиационных двигателей и энергетических установок»; Издательство «Машиностроение», 1-5 тома, 2008 г.
36. 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.
37. В.Г. Григорьян, К.В. Евдокимов, И.П. Назаренко «Двигатели космических летательных аппаратов»; Издательство МАИ, 2008 г.
38. Основы теории и расчета жидкостных ракетных двигателей. Учебник для вузов. Изд. 2-е, перераб. И доп. Под ред. В.М. Кудрявцева. М., «Высш. школа», 1975. 656 с. С ил.

39. Теория и расчет агрегатов питания жидкостных ракетных двигателей. Овсянников Б. В., Боровский Б. И., М., «Машиностроение», 1971, стр. 540.

40. Основы проектирования технологических процессов и приспособления. Методы обработки поверхностей. В.П. Фираго. М.: «Машиностроение», 1973 г., стр. 468

41. Ботяшин В.Н., Тарасов С.И. Технология обработки материалов, применяемых в энергомашиностроении: Учебное пособие. – М.: Изд-во МАИ, 2006 – 96 с.: ил.

42. 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.