

**Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Казанский национальный исследовательский технический университет
им.А.Н. Туполева-КАИ»**

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по НИИД



С.А. Михайлов

**Программа вступительного экзамена в аспирантуру
по специальной дисциплине, соответствующей направленности (профилю)
05.07.05 «Тепловые, электроракетные двигатели и энергетические установки
летательных аппаратов»**

1. Общие положения

Настоящая - программа вступительного экзамена по специальной дисциплине, соответствующей направленности (профилю) программы подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре – 05.07.05 Тепловые, электроракетные двигатели и энергетические установки летательных аппаратов составлена в соответствии с Федеральными государственными образовательными стандартами высшего образования по программам специалитета и (или) магистратуры.

Процедура приема вступительных экзаменов регламентирована Правилами приема на обучение по образовательным программам высшего образования - программам подготовки научно-педагогических кадров в аспирантуре, утвержденным приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 12 января 2017 г. № 13.

Результаты экзамена оцениваются по 100 (сто)-балльной системе.

Пересдача вступительных экзаменов не допускается.

Минимальное количество баллов, подтверждающее успешное прохождение вступительного испытания – 60 (шестьдесят) баллов.

2. Цели вступительных испытаний

Выявление профессионального уровня знаний, приобретённых в процессе получения высшего образования, осознание основных аспектов будущей научной отрасли и выявление научного потенциала поступающего.

3. Требования к уровню подготовленности к профессиональной деятельности

Кандидат на поступление в аспирантуру должен иметь диплом о высшем образовании (специалитет, магистратура) по выбранной, родственной или профильной специальности и должен подготовить реферат по выбранной отрасли или иметь опубликованные работы по отрасли.

4. Форма проведения вступительного экзамена

Испытание осуществляется в письменной форме по вопросам, перечень которых указан в данной программе. При подготовке ответа экзаменуемому разрешается пользоваться справочниками, ГОСТами и другой нормативно-технической литературой.

Поступающему задаются 4 вопроса.

Продолжительность экзамена – 120 мин.

5. Вопросы программы вступительного экзамена в аспирантуру по направленности (профилю) 05.07.05 «Тепловые, электроракетные двигатели и энергетические установки летательных аппаратов»:

1. Основы конструирования авиационных двигателей и энергетических установок (АД и ЭУ)

1.1. Общие сведения по конструкции авиационных газотурбинных двигателей (ГТД). Разновидности конструкций; основные данные; технические требования; стадии создания.

1.2. Общие вопросы компоновки. Конструктивно-схемное решение; силовые схемы ГТД; обеспечение эксплуатации по техническому состоянию; усилия, действующие в ГТД.

1.3. Конструкция и проектирование компрессоров. Общие требования, предъявляемые к компрессорам; типы компрессоров, применяемых в ГТД; основные параметры осевых компрессоров; конструктивные схемы компрессоров; рабочие лопатки и предъявляемые к ним требования; соединения лопаток с дисками и требования, предъявляемые к соединениям; роторы осевых компрессоров; корпуса осевых компрессоров и предъявляемые к ним требования; направляющие аппараты, крепление лопаток направляющих аппаратов; противообледенительные устройства; воздушные уплотнения; радиальные и осевые зазоры; материалы для деталей осевых компрессоров.

1.4. Газовые турбины. Конструктивные параметры и компоновки газовых турбин; рабочие лопатки, конструктивные параметры и соединение рабочих лопаток с дисками; охлаждение лопаток турбин; сопловые аппараты турбин, крепление сопловых лопаток; роторы, общие сведения; диски, соединения дисков и валов; опоры роторов; обеспечение минимальных зазоров между ротором и статором; соединение роторов турбин с роторами компрессоров и редукторами; используемые конструкционные материалы.

1.5. Камеры сгорания ГТД. Краткие сведения, конструктивные схемы и элементы камер сгорания. Организация рабочего процесса; некоторые направления создания камер сгорания перспективных ГТД.

1.6. Форсажные камеры. Основные элементы и принципы организации рабочего процесса; материалы деталей форсажной камеры.

1.7. Выходные устройства и регулируемые сопла. Типы выходных устройств; реверсирование тяги, конструкция реверсивных устройств; шумоглушающие устройства; устройства для снижения ИК-излучения.

1.8. Редукторы турбины высокого давления (ТВД) и вертолетных турбовальных ГТД. Назначение и основные характеристики редукторов; классификация и кинематические схемы редукторов; конструкция редукторов; смазка редукторов; применяемые материалы.

1.9. Агрегаты запуска ГТД. Общие сведения и типы стартеров; воспламенительные устройства.

1.10. Системы смазки ГТД. Общие сведения и схемы смазки ГТД; используемые материалы.

1.11. Применение ГТД в других отраслях промышленности. Использование ГТД в морских условиях; особенности конструкции наземных газотурбинных установок (ГТУ).

2. Теория, расчет и проектирование АД и ЭУ

2.1 Удельные параметры, КПД и показатели эффективности ГТД. Понятие об удельной тяге, удельной мощности, лобовой тяге, коэффициенте тяги, удельном расходе топлива, удельном импульсе тяги, удельном весе, удельной массе и удельной объемной тяге двигателей.

2.2. ГТД как тепловая машина. Идеальный цикл ГТД. Термический КПД идеального цикла. Понятие об оптимальной степени повышения давления по работе термодинамического цикла.

2.3. Пути увеличения работы цикла ТРД. Свободная и располагаемая работы.

2.4. Действительный цикл ГТД. Эффективный КПД термодинамического цикла. Оптимальная степень повышения давления по работе и КПД термодинамического цикла.

2.5. Работа воздушно-реактивного двигателя (ВРД) как движителя. Тяга и тяговая мощность ВРД. Полетный КПД двигателя прямой реакции, взаимосвязь коэффициентов полезного действия.

2.6. Входные устройства ТРД. Требования, предъявляемые к входным устройствам, параметры, характеризующие их эффективность. Входные устройства для дозвуковых и сверхзвуковых скоростей полета.

2.7. Характеристики входных устройств, согласование входного устройства с последующим элементом. Нерасчетные режимы работы входных устройств.

2.8. Характеристики и регулирование осевого компрессора. Помпаж компрессора и основные способы предотвращения помпажа. Характеристики и регулирование турбин.

2.9. Камеры сгорания ВРД. Характеристики процессов горения. Топлива, применяемые в ВРД, понятие о теплотворной способности топлив, стехиометрическом коэффициенте, коэффициенте избытка воздуха. Организация рабочего процесса в камере сгорания.

2.10. Типы камер сгорания. Зависимость образования вредных выбросов от параметров рабочего процесса и пути их снижения.

2.11. Выходные устройства ВРД. Требования к выходным устройствам АД и ЭУ. Параметры, характеризующие их эффективность. Выходные устройства для дозвуковых и сверхзвуковых скоростей полета. Нерасчетные режимы работы выходных устройств.

2.12. Термодинамические расчеты ТРД. Зависимость удельных параметров от параметров рабочего процесса.

2.13. Регулирование ТРД по одному параметру.

2.14. Регулирование ТРД по двум параметрам.

2.15. Регулирование ТРД по трем и более параметрам.

2.16. Характеристики ТРД. Дроссельная и высотно-скоростная характеристики. Зависимость характеристик от закона регулирования.

2.17. Двухконтурные двигатели. Турбореактивные двигатели двухконтурные (ТРДД) с разделительными контурами и с общим соплом. Определение

параметров ТРДД. Оптимальное распределение свободной энергии между внутренним и наружным контурами ТРДД.

2.18. Оптимальное распределение свободной энергии между внутренним и наружным контурами ТРДД со смещением потока.

2.19. Расчет параметров ТРДД, влияние параметров рабочего процесса на удельные характеристики ТРДД.

2.20. Дроссельная, высотная и скоростная характеристики ТРДД.

2.21. Двухконтурные двигатели с форсажными камерами. Характеристики ТРДД с форсажными камерами.

2.22. Турбовинтовые, винтовентиляторные и турбовальные двигатели. Области применения. Параметры, характеризующие эффективность работы, влияние параметров рабочего процесса на удельные характеристики. Дроссельные, высотные и скоростные характеристики ТВД. Высотные и не высотные ТВД.

2.23. Энергетические установки (ЭУ). Эффективная мощность, эффективный КПД, коэффициент полезной работы газотурбинной ЭУ. Влияние режимных и конструктивных параметров на удельные параметры ЭУ. Способы повышения экономичности и улучшения экологических характеристик ЭУ.

2.24. Циклы ЭУ с изотермическим сжатием и расширением. Действительный цикл ЭУ с промежуточным охлаждением рабочего тела при сжатии в компрессоре.

2.25. Действительный цикл ЭУ со ступенчатым подводом теплоты.

2.26. ГТУ с регенерацией теплоты.

3. Теория, расчет и проектирование ЖРД и РДТТ

3.1. Устройство и оценка совершенства сопел РД.

3.2. Характеристики ЖРД.

3.3. Методы расчета конвективных тепловых потоков на основе решения уравнений пограничного слоя.

3.4. Расчет лучистых тепловых потоков.

3.5. Обобщенные характеристики процессов в камере ЖРД.

3.6. Особенности процессов в газогенераторах (однокомпонентных и двухкомпонентных: окислительных и восстановительных).

3.7. Последовательность расчета охлаждения камер ЖРД.

3.8. Неустойчивость рабочих процессов в ЖРД.

3.9. Выбор и расчет оптимальной системы подачи в зависимости от назначения двигателя и энергоустановки.

3.10. Определение перепада давления на турбине, максимального давления в камере двигателя с дожиганием генераторного газа.

3.11. Регулирование тяги ЖРД с дожиганием.

3.12. Расчет отклонения параметров агрегатов ЖРД на основе статических характеристик.

3.13. Расчет и выбор оптимальных параметров ЖРД.

3.14. Динамические процессы в ЖРД. Примеры уравнений динамических процессов.

3.15. Режимы работы, динамические и энергетические параметры ЖРД малых тяг.

- 3.16. Зависимость скорости горения твердого ракетного топлива от давления, начальной температуры, скорости обдува поверхности горения потоком продуктов сгорания.
- 3.17. Расчет течения газов при различных формах зарядов ТРТ.
- 3.18. Процесс воспламенения основного заряда ТРТ. Выбор типа и массы заряда воспламенительного устройства.
- 3.19. Расчет изменения давления и температуры продуктов сгорания в камере РДТТ на переходных режимах.
- 3.20. Способы регулирования тяги РДТТ. Способы отсечки тяги. Пути создания РДТТ с многократным включением.
- 3.21. Неустойчивость рабочего процесса в РДТТ.
- 3.22. Схемы гибридных ракетных двигателей, модели горения в них. Расчет основных параметров рабочего процесса ГРД.

6. Перечень литературы для подготовки к вступительному испытанию

а) основная литература:

1. Конструкция и проектирование авиационных газотурбинных двигателей: учебник для студентов вузов по специальности «Авиационные двигатели и энергетические установки» / Под общей редакцией Д.В. Хрониной. М.: Машиностроение, 1989. – 368 с.
2. Кузьмин Г.А. Конструкция авиационных двигателей. Оборонгиз, 1962. – 443 с.
3. Теория, расчет и проектирование авиационных двигателей и энергетических установок: учебник. Кн.3 / Под общей ред. В.В. Кулагина. – М.: Машиностроение, 2005. – 464 с.
4. Проектирование авиационных газотурбинных двигателей. Учебник для вузов / Под ред. А.М. Ахмедзянова, М.: Машиностроение, 2000. – 453 с.
5. Теория, расчет и проектирование авиационных двигателей и энергетических установок / В.И. Бакулев, В.А. Голубев, Б.А. Крылов и др.; под общей редакцией В.А. Сосунова, В.М. Чепкина. – М.: Изд-во МАИ, 2003. – 688 с.

б) дополнительная литература:

1. Теория и расчет и проектирование авиационных двигателей и энергетических установок / под ред. Сосунова В.А. М.: Изд-во МАИ, 2003. – 688 с.
2. Нечаев Ю.Н., Федоров Р.М. Теория авиационных газотурбинных двигателей. Ч. 1. – М.: Машиностроение, 1977. – 322 с.
3. Нечаев Ю.Н., Федоров Р.М. Теория авиационных газотурбинных двигателей. Ч. 2. – М.: Машиностроение, 1978. – 355 с.
4. Манушин Э.А., Михальцев В.Е., Чернобровкин А.П. Теория и проектирование газотурбинных и комбинированных установок. – М.: Машиностроение, 1977. – 447 с.
5. Стационарные газотурбинные установки. Справочник / Под ред. Арсеньева Л.В., и Тырышкина В.Г. – М.: Машиностроение, 1989.

6. Теория двухконтурных турбореактивных двигателей / под ред. Шляхтенко С.М., Сосунова В.А. – М.: Машиностроение, 1979. – 432 с.
7. Кулагин В.В. Теория газотурбинных двигателей. Кн.1,2. – М.: Изд-во МАИ,1994.
8. Теория реактивных двигателей. Рабочий процесс и характеристики / под ред. Стечкина Б.С. – М.: Гос. изд-во оборонной промышленности, 1958. – 534 с.
9. Масленников М.М., Шальман Б.И. Авиационные газотурбинные двигатели. – М.: Машиностроение, 1975. – 576 с.
10. Уваров В.в. Газовые турбины и газотурбинные установки. – М.: Высш. Школа, 1970.
11. Предтеченский Г.П. Газотурбинные установки. – М.: Госэнергоиздат, 1957.
12. Кириллов И.И. Газовые турбины и газотурбинные установки. В 2 т. – М.: Машгиз, 1956.
13. Пчелкин Ю.М. Камеры сгорания газотурбинных двигателей. – М.: Машиностроение, 1984.