

ФГБУ «НИИЦ «Институт имени Н.Е. Жуковского»

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ АВТОНОМНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
«ЦЕНТРАЛЬНЫЙ АЭРОГИДРОДИНАМИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
имени профессора Н.Е. Жуковского»
(ФАУ «ЦАГИ»)**

«УТВЕРЖДАЮ»



Генеральный директор

ФАУ «ЦАГИ»

К.И. Сышло

2026 года

**ПРОГРАММА ВСТУПИТЕЛЬНОГО ИСПЫТАНИЯ
ПО СПЕЦИАЛЬНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ**

по группе научных специальностей 2.5. «Машиностроение»

по научной специальности 2.5.13. «Проектирование, конструкция,
производство, испытания и эксплуатация летательных аппаратов»

Уровень образования: высшее образование – подготовка научных
и научно-педагогических кадров в аспирантуре

Форма обучения – очная

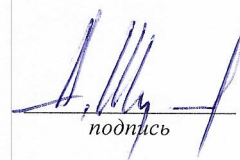
Жуковский, 2026 г.

Программа сформирована на основании федеральных государственных требований к структуре программ подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре), утвержденных приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 20.10.21 № 951 и номенклатуры научных специальностей, по которым присуждаются ученые степени, утвержденной приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 24.02.21 № 118.

Разработчики программы:

А.В. Шустов, к.т.н., доц.

ФИО



подпись

ФИО

подпись

ФИО

подпись

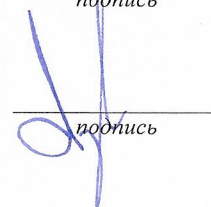
Согласовано:

Председатель научно-методического совета по аспирантуре
А.М. Гайфуллин, д.ф.-м.н., чл.-корр. РАН



подпись

Первый заместитель генерального директора
А.Л. Медведский, д.ф.-м.н., доц.



подпись

Область применения и нормативные ссылки:

Программа вступительного испытания сформирована на основании федеральных государственных требований к структуре программ подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре (адъюнктуре), утвержденных приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 20.10.21 № 951 и номенклатуры научных специальностей, по которым присуждаются ученые степени, утвержденной приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации от 24.02.21 № 118.

Форма проведения испытания:

Вступительное испытание по группе научных специальностей 2.5. «Машиностроение» проводится в виде собеседования с обязательным оформлением ответов на вопросы из содержания испытания в письменном виде.

Собеседование проводится с целью выявления у абитуриента объема научных знаний, научно-исследовательских компетенций, навыков системного и критического мышления, необходимых для обучения в аспирантуре. Абитуриент должен показать профессиональное владение теорией и практикой в предметной области, продемонстрировать умение вести научную дискуссию.

Структура испытания:

Испытание состоит из ответов на вопросы в рамках программы вступительного испытания (экзамена) и собеседования по теме вступительного реферативного исследования.

Критерии оценки результатов испытания:

Оценки	Критерии
Отлично	Даны исчерпывающие и обоснованные ответы на вопросы. Реферат выполнен самостоятельно, в тексте отсутствуют неправомерные заимствования; в полной мере выявлена способность к академической работе; планируемая тематика актуальна и соответствует заявленной научной специальности; оформление соответствует требованиям
Хорошо	1. Даны полные, достаточно глубокие и обоснованные ответы на вопросы. 2. Ответы на вопросы даются полно, но логическая последовательность не всегда соблюдается. Реферат выполнен самостоятельно, в тексте отсутствуют неправомерные заимствования; присутствуют незначительные замечания относительно

	способности к академической работе; планируемая тематика соответствует заявленной научной специальности
Удовлетворительно	1. Даны в основном правильные ответы на вопросы. 2. Ответы на вопросы даются в основном полно, но при слабом логическом оформлении высказываний. Реферат выполнен самостоятельно, в тексте присутствуют неправомерные заимствования в небольшом объёме; присутствуют значительные замечания относительно способности к академической работе; планируемая тематика соответствует заявленной научной специальности, но требует значительной корректировки; имеются замечания по оформлению
Неудовлетворительно	Слабое знание и понимание рассматриваемого вопроса, со значительными ошибками. Реферат не представлен или реферат выполнен не самостоятельно, в тексте присутствуют неправомерные заимствования в большом объёме; присутствуют значительные замечания относительно способности к академической работе; планируемая тематика не соответствует заявленной научной специальности; оформление не соответствует требованиям

СОДЕРЖАНИЕ ВСТУПИТЕЛЬНЫХ ИСПЫТАНИЙ

Вопросы к вступительному экзамену

1. ВЫСШАЯ МАТЕМАТИКА

1.1. Элементы линейной алгебры

1. Векторы и операции над ними. Векторное пространство. Линейная зависимость и независимость векторов. Размерность, базис векторного пространства.
2. Матрицы и операции над ними. Ранг матрицы. Определитель квадратной матрицы, его свойства. Формулы Крамера для решения систем линейных алгебраических уравнений.
3. Системы линейных алгебраических уравнений (СЛАУ), матричная запись СЛАУ. Теорема Кронекера-Капелли. Фундаментальное решение системы линейных алгебраических уравнений. Общее решение системы линейных алгебраических уравнений. Метод Гаусса.

4. Линейное преобразование, матрица линейного преобразования. Преобразование координат. Изменение матрицы линейного преобразования при переходе к новому базису. Собственные векторы, собственные значения линейного преобразования.

1.2. Математический анализ

1. Предел и непрерывность функций одной и нескольких переменных. Свойства функций непрерывных на отрезке.
2. Производная и дифференциал функций одной и нескольких переменных. Производные и дифференциалы высших порядков. Формула Тейлора для функции одной и нескольких переменных.
3. Экстремумы функции одной и нескольких переменных. Необходимые и достаточные условия экстремума.
4. Неопределенный интеграл и его свойства. Основные методы интегрирования. Определенный интеграл и его свойства. Теорема о среднем. Интегрирование по частям. Основная формула интегрального исчисления. Несобственные интегралы.
5. Кратные интегралы и методы их вычисления. Теорема о замене переменных в кратном интеграле. Вычисление массово-инерционных характеристик двумерных и трехмерных областей.

1.3. Обыкновенные дифференциальные уравнения

1. Дифференциальные уравнения первого порядка. Уравнения с разделяющимися переменными. Линейное уравнение.
2. Линейные дифференциальные уравнения n -го порядка. Свойства линейного однородного дифференциального уравнения.
3. Линейное неоднородное дифференциальное уравнение. Принцип суперпозиции. Метод вариации постоянных.
4. Системы линейных дифференциальных уравнений с постоянными коэффициентами и методы их решения.

1.4. Теория функции комплексного переменного

1. Комплексные числа, комплексная плоскость, модуль и аргумент комплексного числа.
2. Элементарные функции комплексного переменного (линейная и дробно-линейная функции, экспонента и логарифм, степень с произвольным показателем, функция Жуковского, тригонометрические и гиперболические функции).

1.5. Методы обработки данных

1. Линейная регрессия

2. Градиентный бустинг
3. Метод k-ближайших соседей
4. Нейронные сети

2. ОСНОВЫ АЭРОДИНАМИКИ

1. Обтекание тел. Физические свойства жидкостей и газов как сплошной среды. Силы и моменты, действующие на профиль в потенциальном потоке. Теорема Жуковского о подъемной силе. Вихревая система крыла и индуктивное сопротивление. Основы теории крыла конечного размаха.
2. Влияние сжимаемости воздуха на аэродинамические характеристики профиля и крыла конечного размаха при дозвуковых скоростях. Критическое число М. Эффект скольжения и стреловидности. Основные понятия теории крыла конечного размаха в сверхзвуковом потоке. Основы теории звукового удара.
3. Приближенные методы аэродинамического расчета. Метод Ньютона для расчета обтекания тел при гиперзвуковых скоростях. Основные методы расчета аэродинамических характеристик летательного аппарата при дозвуковых и сверхзвуковых скоростях. Методы и критерии аэродинамического проектирования. Обратная задача аэродинамики как средство проектирования. Правило площадей.
4. Расчет коэффициентов сопротивления и аэродинамического качества дозвуковых пассажирских и транспортных самолетов по известной геометрии и некоторым данным аэродинамического эксперимента. Пересчет к натуральным условиям полета.

3. СИЛОВЫЕ УСТАНОВКИ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

1. Классификация силовых установок, принципы их работы, основные особенности. Реактивная тяга. Тяга ракетного двигателя. Тяга воздушно-реактивного двигателя. Внешнее сопротивление силовой установки. Эффективная тяга.
2. Основные параметры, определяющие качество двигателей. Удельная тяга, удельная мощность, удельный расход топлива, удельная масса, лобовая тяга. Высотно-скоростные и дроссельные характеристики турбореактивных двигателей.
3. Воздушные винты. Модель Фруда. Закрутка струи от винта. Несущий винт. Безразмерные параметры и характеристики винтов. Взаимодействие струи винта с планером самолета.

4. ОСНОВЫ СТРОИТЕЛЬНОЙ МЕХАНИКИ И ПРОЧНОСТЬ САМОЛЕТА

1. Упругость. Напряжение. Деформация. Обобщенный закон Гука. Простейшие случаи изгиба. Температурные напряжения.
2. Методы определения напряженно-деформированного состояния крыльев. Балочная модель. Метод конечных элементов. Расчет лонжерона на прочность и прогиб.

5. ОСНОВЫ АЭРОМЕХАНИКИ

1. Уравнения движения центра масс самолета. Силы и моменты, действующие на самолет. Аэродинамический расчет самолета.
2. Дальность и продолжительность полета. Оптимизация крейсерского режима полета самолета. Характеристики маневренности самолета. Взлетно-посадочные характеристики.
3. Уравнения движения летательного аппарата в общем случае. Линеаризация и разделение уравнений. Балансировка и ее влияние на аэродинамическое качество.

6. ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

1. Уравнение существования самолета. Качественный анализ влияния новых технических решений на критерий оптимальности на базе использования уравнения существования. Проблемы увеличения крейсерской скорости дозвуковых самолетов. Методы тяг и мощностей.
2. Весовое проектирование. Весовой расчет крыла.
3. Структура комплекса САПР предварительного проектирования. Методы выбора основных параметров самолетов. Задача оптимизации параметров самолета при заданных требованиях. Исследование рациональных требований к новому самолету.
4. Методы расчета ограничений в плоскости основных определяющих параметров – тяговооруженность (P/G), нагрузка на крыло (G/S). Подход к решению задач при двух определяющих критериях (себестоимость – топливная эффективность). Технические и экономические критерии эффективности пассажирских самолетов.

7. МЕТОДЫ И СРЕДСТВА АВТОМАТИЗАЦИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ, ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ, МАТЕМАТИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ

1. Методы прикладной геометрии. Основные задачи. Дифференциальные соотношения для кривых и поверхностей. Интерполяция и аппроксимация. Сплайны. Поверхности на перекрестном каркасе. Геометрическое моделирование в проектировании и производстве.

2. Системы автоматизации. CALS – технология (назначение, стандарты, структура программного обеспечения). Методы и средства автоматизации проектирования и производства.

8. МЕТОДЫ ОПТИМИЗАЦИИ

1. Методы оптимизации. Постановки задач оптимизации траекторий и систем управления. Принцип максимума Л.С. Понтрягина. Условия оптимальности. Схемы решения двухточечной краевой задачи.
2. Прямые методы, метод наискорейшего спуска, метод сопряженных градиентов, метод проекции градиента. Методы оптимизации функции многих переменных при наличии ограничений (градиентные методы, методы случайного поиска).
3. Энергетический метод и гипотеза квазистационарности. Оптимальные режимы полета самолета с ВРД. Оптимальное управление тягой в крейсерском полете.

9. ЭКОЛОГИЯ АВИАЦИОННОГО ТРАНСПОРТА

1. Эмиссия вредных веществ авиационным транспортом. Нормирование эмиссии авиационных двигателей.
2. Акустическое воздействие летательных аппаратов на окружающую среду. Нормирование шума на местности. Методы уменьшения акустического воздействия летательных аппаратов (при проектировании летательных аппаратов и их последующей эксплуатации).

ЛИТЕРАТУРА

1. Авиационные правила. Ч. 25. Нормы летной годности самолетов транспортной категории. Межгосударственный авиационный комитет. АП-25. – М: ОАО «АВИАИЗДАТ», 2009. – 266 с.
2. Авиационные правила. Ч. 34. Охрана окружающей среды. Эмиссия загрязняющих веществ авиационными двигателями. Нормы и испытания. Межгосударственный авиационный комитет. АП-34. – М.: ОАО «АВИАИЗДАТ», 2003. – 94 с.
3. Аэромеханика самолета : Учебник для вузов по специальности «Самолетостроение» / В.В. Андреевский, В.М. Белоконов, А.Ф. Бочкарев и др. ; Под ред. канд. техн. наук, доц. А.Ф. Бочкарева. – М.: Машиностроение, 1977. – 415 с. : ил.
4. Брайсон А.Э. Прикладная теория оптимального управления : Оптимизация, оценка и управление / А. Э. Брайсон, Хо Ю-ши ; Перевод с англ. Э. М. Макашова, Ю. П. Плотникова ; Под ред. А. М. Летова. – М.: Мир, 1972. – 544 с. : черт.

5. Буриченко Л.А., Ененков В.Г., Науменко И.М., Протоерейский А.С. Охрана окружающей среды в гражданской авиации. – М.: Машиностроение, 1992. – 320 с.
6. Егер С.М. Основы автоматизированного проектирования самолетов : Учеб. пособие для авиац. спец. вузов / С. М. Егер, Н. К. Лисейцев, О. С. Самойлович. – М. : Машиностроение, 1986. – 231 с. : ил.
7. Кан С. Н. Расчет самолета на прочность : Учебник для авиац. вузов / С. Н. Кан, И. А. Свердлов. – 5-е изд., перераб. – М.: Машиностроение, 1966. – 519 с. : ил.
8. Лойцянский Л.Г. Механика жидкости и газа. – М.: Наука, 1973. – 848 с.
9. Мартынов А.К. Прикладная аэродинамика : Учеб. пособие для авиац. вузов. – М.: Машиностроение, 1972. – 447 с. : ил.
10. Николайкина Н.Е., Николайкин Н.И., Матягина А.М. Промышленная экология: инженерная защита биосферы от воздействия воздушного транспорта. – М.: Академкнига, 2006. – 239 с.
11. Остославский И. В. Аэродинамика самолета : Учебник для авиац. вузов. – М.: Оборонгиз, 1957. – 560 с. : ил., портр.
12. Остославский И. В. Динамика полета : Устойчивость и управляемость летательных аппаратов : Учебник для авиац. вузов / И. В. Остославский, И. В. Стражева. – М.: Машиностроение, 1965. – 467 с. : ил.
13. Остославский И.В. Динамика полета : Траектории летательных аппаратов : Учебник для вузов / И. В. Остославский, И. В. Стражева. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1969. – 499 с. : ил.
14. Проектирование самолетов: Учебник для вузов/ С. М. Егер, А.А. Бадягин, В.Е. Ротин, В. Ф. Мишин, Н. К. Лисейцев и др. Под ред. С. М. Егера. – 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 1983. – 616 с.
15. Скрипниченко С. Ю. Оптимизация режимов полета самолета : Экон. режимы полета / С. Ю. Скрипниченко. – М.: Машиностроение, 1975. – 191 с. : ил.
16. Теория двухконтурных турбореактивных двигателей / В.П. Деменченко, Л.Н. Дружинин, А.Л. Пархомов и др. ; Под ред. С.М. Шляхтенко, В.А. Сосунова. – М.: Машиностроение, 1979. – 431 с. : ил.
17. Торенбик Э. Проектирование дозвуковых самолетов. – М.: Машиностроение, 1983. – 648 с.

Требования к вступительному реферату

Реферат по теме планируемого научного исследования в рамках избранной научной специальности должен давать развернутое представление о проблематике будущей диссертации и соответствовать паспорту научной специальности. Тема реферата формулируется как рабочая тема будущей диссертации.

Тема вступительного реферата абитуриента должна соответствовать:

- группе научных специальностей;
- научной специальности программы аспирантуры;
- сфере научных интересов абитуриента.

Вступительный реферат должен быть написан абитуриентам самостоятельно, обладать внутренним единством, содержать научные проблемы и положения, выдвигаемые для последующей научно-исследовательской деятельности.

Реферат для поступления в аспирантуру выполняется в объеме от 20 страниц А4 с полями 3 см. с левого края, 1,5 см. с правого края, по 2 см. сверху и снизу листа. Выравнивание по ширине. Интервал - 1,5, кегль - 14, шрифт - TimesNewRoman, отступ абзаца - 1 см.

Цель написания реферата:

- показать, что поступающий в аспирантуру имеет необходимые теоретические и практические знания по выбранному направлению научной деятельности;
- продемонстрировать соответствующий уровень владения основами научной методологии;
- продемонстрировать наличие самостоятельного исследовательского мышления.

Структура реферата:

- 3.1. Содержание.
- 3.2. Аннотация.
- 3.3. Введение (не более 3-4 страниц). Во введении необходимо обосновать выбор темы, ее актуальность, очертить область исследования, объект и предмет исследования, основные цели и задачи исследования.
- 3.4. Основная часть состоит из 2-3 разделов. В них раскрывается суть исследуемой проблемы, проводится обзор литературы по предмету исследования, в котором дается характеристика степени разработанности проблемы и

авторская аналитическая оценка основных теоретических подходов к ее решению. Изложение материала не должно ограничиваться лишь описательным подходом к раскрытию выбранной темы. Оно также должно содержать собственное видение рассматриваемой проблемы и изложение собственной точки зрения на возможные пути ее решения.

3.5. Заключение (1-2 страницы). В заключении кратко излагаются методы дальнейшего исследования, а также предполагаемые научные результаты.

3.6. Список использованной литературы (не меньше 15 источников). Список использованных источников оформляется в соответствии с ГОСТ Р 7.0.5-2008 и содержит сведения об источниках, использованных при подготовке реферата. Ссылки на литературу по тексту оформляются в форме постраничных сносок (предпочтительнее) или с указанием в квадратных скобках номера источника в списке литературы и цитируемой страницы (например, [12, с. 352]). В список использованной литературы рекомендуется включать работы отечественных и зарубежных авторов, в том числе статьи, опубликованные в научных журналах в течение последних 3-х лет.

3.7. Приложение (при необходимости).

Поступающий представляет вступительный реферат на бумажном носителе приемной комиссии не позднее 5 рабочих дней до даты первого вступительного испытания в аспирантуру.

**ФГБУ «НИЦ «Институт имени Н.Е.Жуковского»
ФЕДЕРАЛЬНОЕ АВТОНОМНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
«ЦЕНТРАЛЬНЫЙ АЭРОГИДРОДИНАМИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
имени профессора Н.Е. Жуковского»
(ФАУ «ЦАГИ»)**

Реферат

на тему:

**МЕТОДЫ ОСЛАБЛЕНИЯ ОТРЫВНЫХ ТЕЧЕНИЙ НА КРЫЛЬЯХ ДО-
ЗВУКОВЫХ САМОЛЕТОВ В ЭКСПЛУАТАЦИОННОМ ДИАПАЗОНЕ
СКОРОСТЕЙ**

Группа научных специальностей: 1.1. «Математика и механика»

Научная специальность: 2.5.12. «Аэродинамика и процессы теплообмена
летательных аппаратов»

Автор:

Инженер НИО-2

Петров Петр Петрович

Научный руководитель:

Зам. начальника НИО-2,

д.ф.-м.н., проф.

Иванов Иван Иванович

Жуковский 2026

Лист регистрации изменений

№ п/п	Содержание изменения	Реквизиты доку- мента об утвержде- нии изменения	Дата вве- дения из- менения