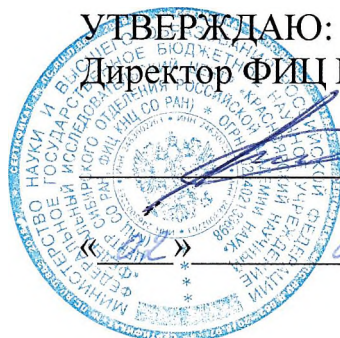


**Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
«Федеральный исследовательский центр «Красноярский научный центр
Сибирского отделения Российской академии наук»
(КНЦ СО РАН, ФИЦ КНЦ СО РАН)**

УТВЕРЖДАЮ:

Директор ФИЦ КНЦ СО РАН



_____ А.А. Шпедт

«*шпедт*»

_____ 2025г.

**ПРОГРАММА ВСТУПИТЕЛЬНОГО ИСПЫТАНИЯ
ПО СПЕЦИАЛЬНОЙ ДИСЦИПЛИНЕ**

«Аэродинамика и процессы теплообмена летательных аппаратов»

для поступающих на обучение по образовательной программе высшего
образования – программе подготовки научных
и научно-педагогических кадров в аспирантуре ФИЦ КНЦ СО РАН

по научной специальности

2.5.12 «Аэродинамика и процессы теплообмена летательных аппаратов»

Красноярск 2025

1 Общие положения

Настоящая программа сформирована на основе федеральных государственных требований к структуре программ подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре и определяет общее содержание вступительного испытания по специальной дисциплине «Аэродинамика и процессы теплообмена летательных аппаратов» при приеме на обучение по программам подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный исследовательский центр «Красноярский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук»

Вступительное испытание по специальной дисциплине «Аэродинамика и процессы теплообмена летательных аппаратов» нацелено на оценку знаний лиц, поступающих на программу подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре, полученных ими в ходе освоения программ специалитета и (или) магистратуры, и на отбор среди поступающих лиц, наиболее способных и подготовленных к научной и научно-исследовательской деятельности, имеющих потенциал в части генерирования новых идей при решении исследовательских задач и подготовки диссертации на соискание ученой степени кандидата наук.

2 Форма проведения вступительного испытания

Вступительное испытание проводится на русском языке в устной форме. Экзаменационный билет содержит три теоретических вопроса. Вопросы соответствуют содержанию вступительного испытания.

3 Содержание программы

Основы теоретической аэродинамики

Силовое воздействие среды на движущиеся тела. Основные понятия, определения, гипотезы. Основные уравнения сохранения аэродинамики. Одномерное изэнтропическое установившееся течение газа. Теория скачков уплотнения. Методы характеристик и линеаризации. Вихревое и потенциальное движения идеальной несжимаемой среды. Пограничный слой. Аэродинамика гиперзвуковых скоростей и разреженного газа.

Аэродинамика летательных аппаратов

Аэродинамика крыла. Аэродинамика корпуса летательного аппарата. Аэродинамическая интерференция. Аэродинамические характеристики несущих винтов вертолета и пропеллеров.

Процессы теплообмена летательных аппаратов

Трение и теплообмен. Теплопередача в элементах конструкций летательных аппаратов. Тепловая защита летательных аппаратов.

4 Критерии оценивания ответов поступающих

Результаты вступительного испытания определяются по 50-бальной шкале (от 0 до 50 баллов). Максимальное количество баллов подтверждающее успешное прохождение вступительного испытания – 50 баллов. Минимальное количество баллов, подтверждающее успешное прохождение вступительного испытания – 20 баллов.

50 – бальная шкала	Общая характеристика ответа	Критерии оценки
41–50 баллов	Ответ отличный	Ясный, достаточно точный, уверенный ответ на все вопросы экзаменационного билета, дополнительные и уточняющие вопросы. Глубокое знание материала. Свободное владение понятийным аппаратом, научным языком и терминологией. Логически правильное и убедительное изложение ответа. Ответ на вопрос достаточно аргументирован и обоснован, приведены убедительные примеры по каждому вопросу экзаменационного билета.
31-40 баллов	Ответ хороший	Ясный и уверенный ответ на все вопросы билета. Знание ключевых проблем и основного содержания материала. Умение оперировать понятиями по своей тематике. В целом логически корректное, но не всегда точное и аргументированное изложение ответа. Допущены незначительные ошибки в терминологии и при использовании фактического материала. Ответ на дополнительные и уточняющие вопросы.
20-30 баллов	Ответ удовлетворительный	Ответ на все вопросы билета, требующий существенных дополнений. Недостаточно логичное и аргументированное изложение ответа.

		Фрагментарные, поверхностные знания материала. Затруднения с использованием понятийного аппарата и терминологии. Отсутствуют ответы на дополнительные и уточняющие вопросы.
0 – 19 баллов	Ответ неудовлетворительный	Отсутствие ответа на вопросы билета; ответ только на один из вопросов; попытка ответа на все вопросы без раскрытия основного содержания; подмена ответа на вопросы экзаменационного билета ответом на смежные вопросы. Полное незнание либо отрывочное представление о материале. Неумение оперировать понятиями по своей тематике. Неумение логически определенно и последовательно излагать ответ.

5 Контрольные вопросы к экзамену

Основы теоретической аэродинамики

- 1 Основные параметры газа, характеризующие его состояние.
- 2 Главный вектор аэродинамических сил, момента, понятие о центре давления.
- 3 Общее выражение для аэродинамической силы (теория размерностей и подобия), аэродинамических коэффициентов сил и моментов.
- 4 Критерии подобия.
- 5 Гипотезы турбулентности.
- 6 Методы исследования движения газа.
- 7 Понятие линии тока и траектории движения.
- 8 Потенциальное и вихревое течения.
- 9 Теорема Гельмгольца.
- 10 Основные уравнения аэродинамики.
- 11 Уравнения неразрывности для i -ой компоненты газа (для смеси).
- 12 Уравнение Навье-Стокса.
- 13 Дифференциальные уравнения движения невязкой жидкости (уравнения Эйлера).
- 14 Уравнения энергии для конечного и бесконечно-малого объемов.
- 15 Обобщенная форма записи уравнений сохранения аэрогазодинамики.

- 16 Уравнение состояния совершенного и реального газа.
- 17 Интегралы уравнения движения.
- 18 Современные численные методы решения уравнений Эйлера, Навье-Стокса и их асимптотических моделей.
- 19 Распределение малых возмущений в газовой среде.
- 20 Соотношение между скоростью течения газа и площадью сечения.
- 21 Относительные скорости (M , $\frac{\rho}{\rho_0}$, C_p) и их взаимосвязь.
- 22 Критические значения параметров.
- 23 Газодинамические функции.
- 24 Природа ударных волн-скачков уплотнения.
- 25 Схемы расчета параметров потока на скачке уплотнения.
- 26 Теория прямого скачка уплотнения.
- 27 Теория косого скачка уплотнения.
- 28 Отражение скачков уплотнения от твердой и свободной границ.
- 29 Взаимодействие скачков уплотнения.
- 30 Основное кинематическое уравнение аэродинамики и методы его решения.
- 31 Метод характеристик.
- 32 Теория малых возмущений.
- 33 Вихревые движения в идеальной сплошной среде. Понятие о циркуляции скорости.
- 34 Метод потенциальных потоков.
- 35 Дифференциальное уравнение ламинарного пограничного слоя.
- 36 Приближенные методы расчета ламинарного пограничного слоя.
- 37 Переход ламинарного пограничного слоя в турбулентный.
- 38 Турбулентный пограничный слой.
- 39 Общие свойства гиперзвуковых течений. Гиперзвуковая теория малых возмущений.

Аэродинамика летательных аппаратов

- 40 Теория тонкого профиля.
- 41 Аэродинамические характеристики профилей.
- 42 Расчет аэродинамических характеристик при больших углах атаки.
- 43 Профиль и крыло в дозвуковом потоке сжимаемого газа. Линейная теория крыла.
- 44 Профиль и крыло при околосвуковой скорости.
- 45 Профиль и крыло в сверхзвуковом потоке.

- 46 Аэродинамические характеристики крыльев и оперений с отклоненными рулевыми поверхностями.
- 47 Аэродинамические характеристики корпусов ЛА при дозвуковой скорости.
- 48 Аэродинамические характеристики корпусов при околосзвуковой скорости.
- 49 Обтекание затупленных тел гиперзвуковым потоком.
- 50 Природа аэродинамической интерференции.
- 51 Подъемная сила комбинации корпуса и крыла.
- 52 Интерференция между крылом и оперением.
- 53 Аэродинамические характеристики летательного аппарата. Подъемная сила, лобовое сопротивление.
- 54 Несущий винт на режимах вертикального взлета и снижения.
- 55 Несущий винт на режимах косо́го обтекания.
- 56 Обдувка корпуса вертолета несущим винтом.
- 57 Способы создания управляющих моментов.
- 58 Вихревая теория пропеллера.

Процессы теплообмена летательных аппаратов

- 59 Ламинарный теплообмен при высоких скоростях и температурах.
- 60 Законы подобия в задачах теплообмена.
- 61 Теплообмен при малых скоростях в пограничном слое несжимаемой жидкости.
- 62 Коэффициенты теплоотдачи при больших скоростях.
- 63 Турбулентный теплообмен при высоких скоростях и температурах.
- 64 Приближенные методы расчета теплообмена в турбулентном пограничном слое.
- 65 Теплообмен при наличии химических реакций в пограничном слое.
- 66 Теплообмен на поверхности летательных аппаратов при трехмерном обтекании.
- 67 Расчет теплообмена при трехмерном ламинарном течении в пограничном слое.
- 68 Теплообмен в разреженном газе.
- 69 Методы экспериментального исследования теплообмена.
- 70 Основные понятия и уравнения теории теплопроводности. Краевые условия в задачах теплопроводности. Методы решения задач теплопроводности.
- 71 Основные определения и уравнения теплообмена излучением.

- 72 Аэродинамический нагрев обшивки.
- 73 Методы тепловой защиты. Типы теплозащитных материалов.
- 74 Приближенные методы расчета нагрева тонкостенных конструкций с термоизоляцией.
- 75 Методы экспериментального исследования теплозащитных покрытий и материалов.

6 Список рекомендуемой литературы

6.1 Основная литература

- 1 Белоцерковский О. М., Хлопков Ю.И. Жаров В.А., Горелов С.Л., Хлопков А. Ю. Организованные структуры в турбулентных течениях. Анализ экспериментальных работ по турбулентному пограничному слою. - М.: МФТИ, 2009.-302 с.
- 2 Брутян М.А. Основы трансзвуковой аэродинамики. М: - Наука, 2017. - 176 с.
- 3 Калугин, В. Т. Моделирование процессов обтекания и управления аэродинамическими характеристиками летательных аппаратов / В. Т. Калугин, Г. Г. Мордвинцев, В. М. Попов; ред. В. Т. Калугин. - М.: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2011. - 527 с.
- 4 Крайнов В. П. Качественные методы в физической кинетике и гидрогазодинамике. - М: Высшая школа, 1989. - 224 с.
- 5 Краснов, Н. Ф. Аэродинамика. В 2 ч. Ч. 1 : Основы теории. Аэродинамика профиля и крыла. / Н. Ф. Краснов. - М.: Либроком, 2012. - 496 с.
- 6 Краснов, Н. Ф. Аэродинамика. В 2 ч. Ч. 2 : Методы аэродинамического расчета / Н. Ф. Краснов. - М.: Либроком, 2010. - 416 с.

6.2 Дополнительная литература

- 1 Бондарев Е. Н. и др. Аэрогидромеханика. - М: Машиностроение, 1993. - 608 с.
- 2 Голубев А. Г. и др. Аэродинамика. - М: МГТУ им. Баумана, 2010. - 687 с.
- 3 Калугин В.Т. и др. Аэродинамика. - М: МГТУ, 2010. - 687 с.
- 4 Коган М. Н. Динамика разреженного газа. - М: Наука, 1967. - 440 с.
- 5 Кожухар, В. М. Основы научных исследований / В. М. Кожухар. - М. : Дашков и К°, 2010. - 216 с.
- 6 Кудинов, А. А. Техническая гидромеханика / А. А. Кудинов. - М.: Машиностроение, 2008. - 367 с.
- 7 Липман Г.В., Рошко А. Элементы газовой динамики. – М.: ИЛ, 1960. – 520 с.

- 8 Лойцянский Л.Г. Механика жидкости и газа. - М: Дрофа, 2003. - 810 с.
- 9 Лукьянов, С. И. Основы инженерного эксперимента / С. И. Лукьянов, А. К. Панов, А. Е. Васильев. - М.: РИОР : ИНФРА-М, 2014. - 97 с.
- 10 Лунев В.В. Гиперзвуковая аэродинамика. - М: Машиностроение, 1975. - 328 с.
- 11 Чжен П. Отрывные течения. Т.1-3. -М.: Мир, 1972-1973 г.
- 12 Чикуров, Н.Г. Моделирование систем и процессов / Н. Г. Чикуров. - М.: РИОР : ИНФРА-М, 2015. - 397 с
- 13 Ю.Шлихтинг Г. Теория пограничного слоя. -М.: Наука, 1974. - 711 с

Согласовано:

Заведующий кафедрой
фундаментальных дисциплин
и методологии науки



О.В. Александрова

Заведующий аспирантурой



Е.В. Нефедова

Декан факультета подготовки кадров



А.Н. Кокорин