

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное  
учреждение высшего образования  
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
Физико-технический факультет

УТВЕРЖДАЮ  
Декан ФТФ \_\_\_\_\_ Рыжих Ю.Н.  
« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2025г.



ПРОГРАММА

вступительного испытания по специальной дисциплине,  
соответствующей научной специальности программы подготовки научных и  
научно-педагогических кадров в аспирантуре

2.5.15. Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки  
летательных аппаратов

**Авторы-разработчики:**

*Шрагер Эрнст Рафаилович, профессор каф Математической физики*

Согласовано:

Руководитель ОП

A handwritten signature in blue ink, appearing to be 'Э.Р. Шрагер', written in a cursive style.

Э.Р. Шрагер

## **1. Общие положения**

**1.1.** Программа вступительного испытания по специальной дисциплине, соответствующей научной специальности программы подготовки научных и научно-педагогических кадров в аспирантуре 2.5.15. Тепловые, электроракетные двигатели и энергоустановки летательных аппаратов (далее – Программа), сформирована на основе требований федеральных государственных образовательных стандартов высшего образования к программам магистратуры (специалитета) по соответствующим направлениям (специальностям) подготовки. Программа разработана для поступления на обучение в аспирантуру НИ ТГУ.

Программой устанавливается:

- форма, структура, процедура сдачи вступительного испытания;
- шкала оценивания;
- максимальное и минимальное количество баллов для успешного прохождения вступительного испытания;
- критерии оценки ответов.

Вступительное испытание проводится на русском языке.

**1.2.** Организация и проведение вступительного испытания осуществляется в соответствии с Правилами приема, утвержденными приказом ректора НИ ТГУ, действующими на текущий год поступления.

**1.3.** По результатам вступительного испытания, поступающий имеет право подать на апелляцию о нарушении, по мнению поступающего, установленного порядка проведения вступительного испытания и (или) о несогласии с полученной оценкой результатов вступительного испытания в порядке, установленном Правилами приема, действующими на текущий год поступления.

## **2. Форма, структура, процедура, программа вступительного испытания и шкала оценивания ответов**

**2.1.** Вступительное испытание по специальной дисциплине проводится в форме экзамена (письменно, устно или сочетанием обеих форм) в соответствии с перечнем тем и (или) вопросов, установленных данной Программой.

**Структура экзамена:**

Билет вступительного испытания включает два вопроса. Вопросы являются теоретическими и требуют обстоятельного ответа с доказательством всех необходимых утверждений и определением всех необходимых понятий.

**2.2.** Процедура проведения экзамена представляет собой сдачу экзамена в очной форме и (или) с использованием дистанционных технологий (при условии идентификации поступающих при сдаче ими вступительных испытаний):

- 1) очно и дистанционно; 2) только дистанционно; 3) только очно.

Для дистанционной формы проведения экзамена используются платформа «Среда электронного обучения iDO» и программы для организации видеоконференций: Adobe Connect и другие. Для наблюдения за участниками экзамена и идентификации их личности создана система прокторинга. Проктор (наблюдатель) перед началом экзамена при помощи веб-камеры поступающего, проводит инструктаж и собеседование по вопросам организации и проведения экзамена, идентификацию личности путем сравнения фото в паспорте и лица сдающего (поступающий показывает в веб-камеру свой паспорт в развернутом виде рядом со своим лицом).

Видео, транслируемое с веб-камеры участника экзамена, доступно проктору для наблюдения и записывается на сервер для дальнейшего просмотра при возникновении спорных ситуаций.

**2.3.** Результаты проведения вступительного испытания оформляются протоколом, в котором фиксируются вопросы экзаменаторов к поступающему. На каждого поступающего ведется отдельный протокол.

#### **2.4. Программа экзамена.**

Примерный перечень тем и вопросов для подготовки к сдаче экзамена формирования билетов:

В основу настоящей программы положены следующие дисциплины: гидродинамика, газовая динамика, термодинамика, вычислительная гидродинамика, теория внутрикамерных процессов РДТТ.

**Основные сведения термодинамики.** Понятие о параметрах состояния, пространстве состояний, процессах и циклах. Закон сохранения энергии, внутренняя энергия. Обратимые и необратимые процессы. Совершенный газ. Цикл Карно. Второй закон термодинамики. Энтропия и абсолютная температура. Уравнение состояния.

**Основные уравнения динамики идеальной жидкости.** Массовые и поверхностные силы. Уравнения движения идеальной жидкости. Общая постановка задач динамики идеальной жидкости. Случай несжимаемой жидкости. Случай сжимаемой жидкости. Начальные и граничные условия.

**Одномерные неустановившиеся движения.** Основные уравнения. Простые волны. Теория ударных волн. Анализ задачи о распаде произвольного разрыва. Задачи о взаимодействии волн.

**Установившиеся движения.** Основные уравнения. Сверхзвуковые течения, метод характеристик. Задачи обтекания типовых профилей. Анализ течения в соплах.

**Основные методы численного расчета движений сжимаемой жидкости** Основные методы построения разностных схем. Основные методы анализа устойчивости методов. Анализ разностных схем расчета гладких течений. Построение и анализ схем для решения задач с ударными волнами.

**Теория внутрикамерных процессов ракетных двигателей.** Газодинамические основы теории двигателей. Основные законы сохранения.

Скорость истечения, расход, тяга РД. Термодинамический расчет ракетных двигателей.

### **Рекомендуемая литература:**

#### **Основная**

1. Крайко А.Н. Теоретическая газовая динамика. Торус пресс. М., 2010. 429 с.
2. Ландау Л.Д., Лившиц Е.М. Теоретическая физика. Т. 6 Гидродинамика. 2012. 736 с.
3. Франк-Каменецкий Д.А. Диффузия и теплопередача в химической кинетике. М.: Наука, 1987.
  1. Роуч П. Вычислительная гидродинамика, М.: Мир, 1980.
  4. Милехин Ю.М., Бурский Г.В., Лавров Г.С., Попов В.С., Садовничий Д.Н. Энергетика и внутренняя баллистика ракетных двигателей на твердом топливе. М.: Наука, 2018.

#### **Дополнительная**

1. Базаров И.П. Термодинамика, СПб.: Лань, 2010. 377 с.
2. Липанов А.М., Алиев А.В. Проектирование ракетных двигателей твердого топлива. М.: Машиностроение, 1995.
3. Орлов Б.В., Мазинг Г.Ю. Термодинамические и баллистические основы проектирования ракетных двигателей на твердом топливе. М.: Машиностроение, 1979.

#### **2.5. Шкала оценивания ответов на экзамене:**

<b>неудовлетворительно</b>	<b>удовлетворительно</b>	<b>хорошо</b>	<b>отлично</b>
до 59 баллов	60 – 75 баллов	76 – 84 баллов	85 – 100 баллов

Общая продолжительность экзамена составляет 45 минут.

Максимальное количество баллов за экзамен – 100. Минимальное количество баллов для успешного прохождения экзамена – 60. Поступающий, набравший менее 60 баллов за экзамен, не может быть зачислен в аспирантуру.

#### **Таблица критериев оценки устных и письменных ответов (при наличии)**

<b>Вид деятельности</b>		
<b>Оценка</b>	<b>Балл</b>	<b>Уровень владения темой</b>
<b>неудовлетворительно</b>	до 59	<i>Отсутствие необходимых знаний, отрывочный, поверхностный ответ.</i>
<b>удовлетворительно</b>	60-75	<i>Недостаточно полный объем ответа, наличие ошибок и некоторых пробелов в знаниях.</i>
<b>хорошо</b>	76-84	<i>Правильный и достаточно полный, не содержащий существенных ошибок ответ. Оценка может быть снижена за отдельные несущественные ошибки.</i>

<b>отлично</b>	85-100	<i>Полный безошибочный ответ с правильным применением понятий и определений.</i>
----------------	--------	--

Вступительное испытание проводится экзаменационной комиссией, действующей на основании приказа ректора.

Итоговая оценка за экзамен определяется как средний балл, выставленный всеми членами экзаменационной комиссии.