

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ (НИ ТГУ)

Физико-технический факультет

УТВЕРЖДЕНО:  
Декан  
Ю.Н. Рыжих

Рабочая программа дисциплины

**Методы высокоскоростных изменений**

по направлению подготовки

**24.04.03 Баллистика и гидроаэродинамика**

Направленность (профиль) подготовки:  
**Баллистика ракетно-ствольных систем**

Форма обучения  
**Очная**

Квалификация  
**Магистр**

Год приема  
**2023**

СОГЛАСОВАНО:  
Руководитель ОПОП  
К.С. Рогаев

Председатель УМК  
В.А. Скрипняк

Томск – 2023

## 1. Цель и планируемые результаты освоения дисциплины

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций:

ОПК-1 Способен самостоятельно приобретать, развивать и применять математические, естественнонаучные, социально-экономические и профессиональные знания для решения нестандартных задач, в том числе в новой или незнакомой среде и в междисциплинарном контексте.

ОПК-3 Способен применять на практике новые научные принципы и методы исследований на основе анализа научной и патентной литературы.

ОПК-4 Способен принимать технические решения на основе экономических нормативов.

ОПК-6 Способен разрабатывать и использовать новые подходы и методы расчета объектов ракетно-космической техники с учетом аэродинамических и баллистических параметров.

ОПК-7 Способен анализировать и обобщать результаты физического и численного моделирования, обоснованно выбирать аэродинамические и баллистические параметры ракет и космических аппаратов..

ПК-2 Способен применять знания на практике, в том числе составлять математические модели профессиональных задач, находить способы их решения и интерпретировать профессиональный (физический) смысл полученного математического результата.

Результатами освоения дисциплины являются следующие индикаторы достижения компетенций:

ИОПК 1.1 Знать основные положения математики, естественных и социально-экономических наук

ИОПК 1.2 Уметь развивать полученные знания и применять их для решения нестандартных задач.

ИОПК 1.3 Владеть способами адаптации к работе в новой среде.

ИОПК 3.1 Знать новые научные принципы и методы исследований в области профессиональной деятельности.

ИОПК 3.2 Уметь применять на практике новые научные принципы и методы исследований

ИОПК 3.3 Владеть методами поиска и анализа научной и патентной литературы

ИОПК 4.1 Знать методологические основы оценки экономической эффективности технических решений

ИОПК 4.2 Уметь применять критерии и методы технико-экономического обоснования конструктивно-технологических решений

ИОПК 4.3 Владеть навыками анализа себестоимости продукции

ИОПК 6.1 Знать передовые методы расчета объектов ракетно-космической техники с учетом аэродинамических и баллистических параметров

ИОПК 6.2 Уметь разрабатывать и использовать новые подходы и методы расчета объектов ракетно-космической техники с учетом аэродинамических и баллистических параметров

ИОПК 6.3 Владеть навыками анализа влияния аэродинамических и баллистических параметров на характеристики объектов ракетно-космической техники

ИОПК 7.1 Знать способы учета аэродинамических и баллистических параметров ракет и космических аппаратов при физическом и численном моделировании

ИОПК 7.2 Уметь выбирать аэродинамические и баллистические параметры ракет и космических аппаратов на основе анализа результатов моделирования

ИПК 2.1 Знает математическое описание законов баллистики и гидроаэродинамики.

ИПК 2.2 Умеет составлять математические модели профессиональных задач и находить способы их решения

ИПК 2.3 Осуществляет анализ и интерпретацию результатов математического моделирования

## **2. Задачи освоения дисциплины**

– Овладение студентами методами измерений плотности, температуры, скоростей потока во время проведения аэромеханических и баллистических экспериментов.

– Овладение студентами методами измерений коротких интервалов времени.

– Овладение студентами приемами высокоскоростной фотографии в видимом свете и рентгеновских лучах.

– Овладение студентами ориентации в выборе аэромеханической, баллистической установки для проведения необходимых испытаний, в выборе методов для измерения плотности, температуры, скорости потока для проведения аэромеханических и баллистических экспериментов.

– Подготовка их к решению комплекса задач, связанных с построением математических моделей и определением характеристик систем, проведением расчетных работ, анализа состояния исследуемого вопроса и определения направления исследований.

## **3. Место дисциплины в структуре образовательной программы**

Дисциплина относится к Блоку 1 «Дисциплины (модули)».

Дисциплина относится к части образовательной программы, формируемой участниками образовательных отношений, предлагается обучающимся на выбор.

## **4. Семестр(ы) освоения и форма(ы) промежуточной аттестации по дисциплине**

Первый семестр, зачет

## **5. Входные требования для освоения дисциплины**

Для успешного освоения дисциплины требуются компетенции, сформированные в ходе освоения образовательных программ предшествующего уровня образования.

## **6. Язык реализации**

Русский

## **7. Объем дисциплины**

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 з.е., 108 часов, из которых:

-лекции: 14 ч.

-лабораторные: 20 ч.

Объем самостоятельной работы студента определен учебным планом.

## **8. Содержание дисциплины, структурированное по темам**

### **Тема 1. Введение в аэродинамику высокоскоростных течений.**

История развития техники эксперимента в аэромеханике. Задачи курса. Основные понятия и определения. Моделирование при аэромеханических экспериментах. Критерии подобия.

### **Тема 2. Аэромеханические установки больших сверхзвуковых скоростей.**

Аэродинамические трубы с подогревателями. Ударные трубы. Ударные аэродинамические трубы. Ударные электромагнитные трубы. Адиабатические установки. Электромагнитные аэродинамические трубы. Баллистические тир. Установки для

высокоскоростного метания. Применение взрывчатых веществ для получения высокоскоростных потоков и сильных ударных волн. Кумулятивные заряды.

### **Тема 3. Методы измерений в сверхзвуковых трубах.**

Методы измерения сил. Весы механического, тензометрического и акселерометрического типа. Методы визуализации и измерения плотности. Шлирен - метод. Интерферометр Майкельсона. Интерферометр Маха - Цендера. Прибор ИАБ - 451. Методы измерения плотности, основанные на поглощении. Методы измерения температуры. Аппаратура для безынерционной регистрации температуры. Спектрографы. Ионизационные датчики. Методы измерения числа Маха и скоростей потока. Насадки для измерения числа Маха.

### **Тема 4. Внешнебаллистические измерения. Методы и средства регистрации.**

Измерение коротких интервалов времени. Аналоговые методы, методы отсчета с интерполяцией, цифровые методы. Искровые источники света. Открытая искра. Скользящие и полупроводящие искровые разряды. Капиллярные искровые разряды. Запускающие искровые разрядники. Электроннооптические затворы. Затвор с ячейкой Керра. Затвор Фарадея. Затвор с электроннооптическим преобразователем изображения. Растровые методы высокочастотной кинематографии. Метод штрихового раstra, метод линзового раstra, применение волоконной оптики. Рентгено - импульсная техника. Получение и регистрация отдельных импульсов. Кинематография в рентгеновских лучах.

### **Тема 5. Лабораторные работы.**

Изучение работы скоростного фоторегистратора СФР - 2М. Регистрация открытой искры. Фотографирование сгорания тонкой проволоки. Регистрация разряда в воде.

## **9. Текущий контроль по дисциплине**

Текущий контроль по дисциплине проводится путем контроля посещаемости, проведения контрольных работ, тестов по лекционному материалу, выполнения домашних заданий, и фиксируется в форме контрольной точки не менее одного раза в семестр.

Оценочные материалы текущего контроля размещены на сайте ТГУ в разделе «Информация об образовательной программе» - <https://www.tsu.ru/sveden/education/eduop/>.

## **10. Порядок проведения и критерии оценивания промежуточной аттестации**

Зачет в первом семестре проводится в письменной форме по билетам. Экзаменационный билет состоит из одной части. Продолжительность зачета 1 час.

Оценочные материалы для проведения промежуточной аттестации размещены на сайте ТГУ в разделе «Информация об образовательной программе» - <https://www.tsu.ru/sveden/education/eduop/>.

## **11. Учебно-методическое обеспечение**

а) Электронный учебный курс по дисциплине в электронном университете «Moodle» - <http://moodle.tsu.ru/course/view.php?id=22475>

б) Оценочные материалы текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине.

## **12. Перечень учебной литературы и ресурсов сети Интернет**

а) основная литература:

1. Биматов В.И., Савкина Н.В., Тимченко С.В., Фарапонов В.В. Основы экспериментальной внешней баллистики: учеб. пособие / – Томск: STT, 2017. – 122с.

2. Степанов В.П. Внешняя баллистика. Ч.1. Томск: изд. ТГУ, 2011, 738 с.

3. Архипов В.А. Основы теории инженерно-физического эксперимента: учебное пособие / В.А. Архипов, А.П. Березиков. – Томск: Изд-во Томского политех. ун-та, 2008. – 206 с.

4. Пронкин Н. С. Основы метрологии динамических измерений: учебное пособие : [для вузов] / Н. С. Пронкин. - Москва: Логос, 2011. - 253 с.

5. Дубовик А. С. Фотографическая регистрация быстропротекающих процессов / А. С. Дубовик. - Изд. 3-е, перераб. - Москва: Наука, 1984. - 319 с.

б) дополнительная литература

1. Баллистические установки и их применение в экспериментальных исследованиях. Под редакцией Златина Н. А., Мишина Г. И. - М: Наука, 1974.

2. Физика быстропротекающих процессов. Под редакцией Златина Н. А.- М: Мир, 1971. - I, II, III т.

3. Горлин С. М. Экспериментальная аэромеханика: учебное пособие для вузов / С. М. Горлин. - М.: Высшая школа, 1970. - 422 с.

в) ресурсы сети Интернет:

Все виды информационных ресурсов Научной библиотеки ТГУ. Информационные источники сети Интернет.

– Общероссийская Сеть Консультант Плюс Справочная правовая система. <http://www.consultant.ru>

### **13. Перечень информационных технологий**

а) лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:

– Microsoft Office Standart 2013 Russian: пакет программ. Включает приложения: MS Office Word, MS Office Excel, MS Office PowerPoint, MS Office OneNote, MS Office Publisher, MS Outlook, MS Office Web Apps (Word Excel MS PowerPoint Outlook);

– публично доступные облачные технологии (Google Docs, Яндекс диск и т.п.).

б) информационные справочные системы:

– Электронный каталог Научной библиотеки ТГУ – <http://chamo.lib.tsu.ru/search/query?locale=ru&theme=system>

– Электронная библиотека (репозитории) ТГУ – <http://vital.lib.tsu.ru/vital/access/manager/Index>

– ЭБС Лань – <http://e.lanbook.com/>

– ЭБС Консультант студента – <http://www.studentlibrary.ru/>

– Образовательная платформа Юрайт – <https://urait.ru/>

– ЭБС ZNANIUM.com – <https://znanium.com/>

– ЭБС IPRbooks – <http://www.iprbookshop.ru/>

### **14. Материально-техническое обеспечение**

Аудитории для проведения занятий лекционного типа.

Аудитории для проведения занятий семинарского типа, индивидуальных и групповых консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации.

Помещения для самостоятельной работы, оснащенные компьютерной техникой и доступом к сети Интернет, в электронную информационно-образовательную среду и к информационным справочным системам. Лаборатория высокоскоростных измерений.

### **15. Информация о разработчиках**

Фарапонов Валерий Владимирович, канд. физ.-мат. наук, доцент каф. Динамики полета.