

МИНОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Физико-технический факультет

УТВЕРЖДАЮ

Декан физико-технического ф-та  
профессор Э.Р. Прагер



201\_6 г.

Рабочая программа дисциплины

**Динамика полета тел, стабилизируемых вращением**

Направление подготовки

**24.04.03 – Баллистика и гидроаэродинамика**

Наименование магистерской программы

Динамика полета и управление движением ракет и космических аппаратов

Квалификация (степень) выпускника  
Магистр

Форма обучения  
очная

Томск 2016

## **1. Код и наименование дисциплины (модуля)**

Б1.В.ОД.4 – Динамика полета тел, стабилизируемых вращением

## **2. Место дисциплины в структуре ООП магистратуры**

Дисциплина относится к вариативной части ООП, обязательна для изучения.

Дисциплина «Динамика полета тел, стабилизируемых вращением» относится к вариативной части профессионального цикла магистерской программы 24.04.03 –

### **Баллистика и гидроаэродинамика.**

Целями освоения дисциплины «Динамика полета тел, стабилизируемых вращением» являются:

– приобретение основ фундаментальных знаний и представлений о принципах, структуре и особенностях динамики полета осесимметричных тел, понимание взаимосвязи многих сложных физических явлений и процессов, позволяющих решать задачи математического моделирования движения тел, стабилизируемых вращением в атмосфере земли.

– ознакомление с методами и подходами решения задач лабораторной и полигонных практик отработки артиллерийских систем и боеприпасов к ним.

## **3. Год/годы и семестр/семестры обучения.**

Первый год и первый семестр обучения

## **4. Входные требования для освоения дисциплины (модуля), предварительные условия (если есть).**

Настоящая дисциплина логически и содержательно-методически связана с предшествующими дисциплинами, такими как «Физика», «Математика», «Теоретическая механика», «Аэрогидромеханика», «Динамика движения тел в жидкостях и газах» общепрофессионального цикла основной образовательной программы (ООП) подготовки бакалавра и относится к циклу ООП, рассматривающему основные явления и эффекты, сопровождающие процессы движения тел в атмосфере земли. Дисциплина «Динамика полета тел, стабилизируемых вращением» направлена на изучение классических и современных математических моделей прикладных задач науки и техники.

Для изучения и понимания материала данной дисциплины обучающийся должен знать математический анализ, теорию обыкновенных дифференциальных уравнений, основы линейной алгебры, численные методы технической физики.

Лица, имеющие диплом бакалавра по направлению подготовки Баллистика и гидроаэродинамика и желающие освоить данную магистерскую программу.

**5. Общая трудоемкость дисциплины (модуля)** составляет 2 зачетные единицы, 72 часа, из которых 34 часа составляет контактная работа обучающегося с преподавателем (10 часов – занятия лекционного типа, 24 часа – практические и семинарские занятия), 38 часов составляет самостоятельная работа обучающегося.

## **6. Формат обучения**

Дисциплина реализуется в форме аудиторного обучения.

**7. Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (заполняется в соответствии с картами компетенций)**

<b>Формируемые компетенции (код компетенции, уровень (этап) освоения)</b>	<b>Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю)</b>
<p>Выпускник должен обладать готовностью формулировать, анализировать и решать сложные инженерные задачи в области баллистики и гидроаэродинамики, механики движения и управления движением на основе профессиональных знаний (ОПК-2);</p>	<p>З (ОПК-2) – <b>1 Знать:</b> методы определения областей применимости различных методов исследований  У (ОПК-2) – <b>2 Уметь</b> формулировать сложные инженерные задачи в области динамики полета тел, стабилизируемых вращением на основе профессиональных знаний.  В(ОПК-2) – <b>1 Владеть</b> методами решения задач динамики полета тел, стабилизируемых вращением</p>
<p>Выпускник должен обладать способностью осознавать основные проблемы своей предметной области, при решении которых возникает необходимость в сложных задачах выбора, требующих использования количественных и качественных методов (ОПК-4);</p>	<p>З (ОПК-4) – <b>1 Знать:</b> Основные физические закономерности, лежащие в основе динамики полета тел, стабилизируемых вращением  У (ОПК-4) – <b>1 Уметь</b> использовать фундаментальные научные знания в качестве основы инженерной деятельности  В (ОПК-4) – <b>1 Владеть</b> способностью применять фундаментальные научные знания для описания динамики полета тел, стабилизируемых вращением</p>
<p>Выпускник должен обладать способностью ориентироваться в постановке задачи и определять, каким образом следует искать средства ее решения (ПК-13)</p>	<p>З (ПК-13) – <b>3 Знать</b> основные методы, лежащие в основе постановки задач динамики полета тел, стабилизируемых вращением.  У(ПК-13) – <b>3 Уметь</b> корректно формулировать задачи динамики полета тел, стабилизируемых вращением.  В (ПК-13) – <b>3 Владеть</b> способностью ориентироваться в применении различных методов решения задач динамики полета тел, стабилизируемых вращением</p>

## 8. Содержание дисциплины (модуля) и структура учебных видов деятельности

№ п/п	Наименование разделов и тем	Семестр	Неделя семестра	Контактная работа (час.)			Сам. Работа студ.
				Лекции	Семинары и практич. зан.	Лабораторные занятия	
1	Введение. Силы и моменты, действующие на снаряд в полете.	1	1-2	2	2		7
2	Математические модели движения снарядов.	1	3-6	2	6		7
3	Движения снаряда относительно центра масс при малом угле нутации под действием одного опрокидывающего момента.	1	7-9	2	4		7
4	Движения вращающегося снаряда относительно центра масс при малом угле нутации под действием полной системы сил и моментов.	1	10-13	2	6		8
5	Приложение теории вращательного движения снаряда к практическим вопросам баллистики снарядов и орудий	1	14-17	2	6		7
	Всего часов			10	24		38
	У.Е.			2			

## 9. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю) и методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модулю).

Самостоятельная (внеаудиторная) работа студентов состоит:

- в изучении теоретических разделов курса с помощью литературы, предлагаемой лектором из основного и дополнительного списка.
- в подготовке и написании рефератов.

### **Темы рефератов.**

- 1 Комплекты прямоугольных систем координат. Матрицы поворотов.
2. Применение стандартных атмосфер.
3. Силы и моменты, действующие на снаряд в полете. Баллистическая форма записи аэродинамических сил и моментов.
4. Основные теоремы механики тел постоянной массы. Уравнения движения тела.
5. Общая характеристика математических моделей движения снарядов. Модели относительного движения центра масс снаряда. Модели движения центра масс снаряда с учетом ветра. Общая модель движения артиллерийского снаряда в однородном поле силы тяжести.
6. Выбор обобщенных координат. Составление уравнений Лагранжа 2 рода. Нахождение и исследование интеграла однородного уравнения. Нахождение частного интеграла неоднородного уравнения. Точное решение уравнения нутационного колебания снаряда.
7. Движение снаряда около центра масс при немалом угле нутации (до 37 градусов). Приближенные методы решения основного уравнения нутационного колебания.
8. Составление уравнений движения снаряда около центра масс в форме уравнений Лагранжа 2 рода. Уравнения движения центра масс снаряда и преобразование уравнений движения снаряда около центра масс.
9. Определение линейных и угловых параметров движения снаряда в случае классического метода регистрации его движения.
10. Методики определения аэродинамического коэффициента силы лобового сопротивления (5 методик).
11. Определение аэродинамического коэффициента опрокидывающего момента.
12. Определение аэродинамического коэффициента нормальной составляющей силы сопротивления воздуха. Определение аэродинамического коэффициента продольного демпфирующего момента и момента Магнуса.
13. Определение крутизны нарезов ствола орудия, необходимой для обеспечения требуемой угловой скорости вращения снаряда.
14. Методы определения величины деривационного отклонения (3 метода).

### **Лабораторные работы:**

- Применение фотометрических блокирующих устройств для регистрации момента пролета сечения трассы.
- Подготовка доэкспериментальных данных для баллистического эксперимента.
- Измерение средней скорости модели.
- Определение аэродинамического коэффициента силы лобового сопротивления.
- Применение скоростной видео камеры для визуализации движения модели.

### **10. Форма промежуточной аттестации и фонд оценочных средств, включающий:**

- Перечень компетенций выпускников образовательной программы, в формировании которых участвует дисциплина (модуль), и их карты (*карты компетенций приводятся целиком вместе с критериями оценивания*).

## КАРТА КОМПЕТЕНЦИИ

Шифр и название КОМПЕТЕНЦИИ

**ОПК-2 – обладать готовностью формулировать, анализировать и решать сложные инженерные задачи в области баллистики и гидроаэродинамики, механики движения и управления движением на основе профессиональных знаний**

### ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА КОМПЕТЕНЦИИ

Тип КОМПЕТЕНЦИИ:

**Общепрофессиональная компетенция** выпускника образовательной программы магистратуры по направлению «Баллистика и гидроаэродинамика»

**ПОРОГОВЫЙ (ВХОДНОЙ) УРОВНЬ ЗНАНИЙ, УМЕНИЙ, ОПЫТА ДЕЯТЕЛЬНОСТИ, ТРЕБУЕМЫЙ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ КОМПЕТЕНЦИИ**

Для того чтобы формирование данной компетенции было возможно, обучающийся, приступивший к освоению программы магистратуры, должен:

**ЗНАТЬ:** основные фундаментальные знания в физике, механике сплошной среды, баллистике

**УМЕТЬ:** осуществлять отбор материала, характеризующего достижения механики сплошной среды, баллистики с учетом специфики направления подготовки.

**ВЛАДЕТЬ:** методами и технологиями решения задач баллистики.

**ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ КОМПЕТЕНЦИИ ОПК-2  
И КРИТЕРИИ ИХ ОЦЕНИВАНИЯ**

Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Критерии оценивания результатов обучения				
	1	2	3	4	5
<b>Знать</b> методы определения областей применимости различных методов исследований Шифр: 3 О(ПК-2) –3	Отсутствие знаний	Фрагментарное знание методов определения областей применимости различных методов исследований	Общие, но не структурированные знания методов определения областей применимости различных методов исследований	Сформированные, но содержащие отдельные пробелы знания методов определения областей применимости различных методов исследований	Сформированные системные знания методов определения областей применимости различных методов исследований
<b>Уметь</b> формулировать сложные инженерные задачи в области динамики полета тел, стабилизируемых вращением на основе профессиональных знаний Шифр: У (ОПК-2) –3	Отсутствие умений.	Фрагментарное умение формулировать сложные инженерные задачи в области динамики полета тел, стабилизируемых вращением на основе профессиональных знаний	В целом успешное, но не систематическое умение формулировать сложные инженерные задачи в области динамики полета тел, стабилизируемых вращением на основе профессиональных знаний	В целом успешное, но сопровождающееся отдельными ошибками умение формулировать сложные инженерные задачи в области динамики полета тел, стабилизируемых вращением на основе профессиональных знаний	Сформированное умение формулировать сложные инженерные задачи в области динамики полета тел, стабилизируемых вращением на основе профессиональных знаний



<b>Планируемые результаты обучения</b> (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	<b>Критерии оценивания результатов обучения</b>				
	1	2	3	4	5
<b>Владеть</b> методами решения задач динамики полета тел, стабилизируемых вращением Шифр: В (ОПК-2) –3	Отсутствии навыков.	Фрагментарное владение методами решения задач динамики полета тел, стабилизируемых вращением	В целом успешное, но не систематическое владение методами решения задач динамики полета тел, стабилизируемых вращением	В целом успешное, но сопровождающееся незначительными ошибками владение методами решения задач динамики полета тел, стабилизируемых вращением	Успешное и систематическое владение методами решения задач динамики полета тел, стабилизируемых вращением

## КАРТА КОМПЕТЕНЦИИ

Шифр и название КОМПЕТЕНЦИИ

**ОПК-4 – обладать способностью осознавать основные проблемы своей предметной области, при решении которых возникает необходимость в сложных задачах выбора, требующих использования количественных и качественных методов**

### ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА КОМПЕТЕНЦИИ

Тип КОМПЕТЕНЦИИ:

**Общепрофессиональная компетенция** выпускника образовательной программы магистратуры по направлению «Баллистика и гидроаэродинамика»

**ПОРОГОВЫЙ (ВХОДНОЙ) УРОВНЬ ЗНАНИЙ, УМЕНИЙ, ОПЫТА ДЕЯТЕЛЬНОСТИ, ТРЕБУЕМЫЙ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ КОМПЕТЕНЦИИ**

Для того чтобы формирование данной компетенции было возможно, обучающийся, приступивший к освоению программы магистратуры, должен:

**ЗНАТЬ:** основные фундаментальные знания в физике, механике сплошной среды, баллистике

**УМЕТЬ:** осуществлять отбор материала, характеризующего достижения механики сплошной среды, баллистики с учетом специфики направления подготовки.

**ВЛАДЕТЬ:** методами и технологиями решения задач баллистики.

**ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ КОМПЕТЕНЦИИ ОПК-4  
И КРИТЕРИИ ИХ ОЦЕНИВАНИЯ**

Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Критерии оценивания результатов обучения				
	1	2	3	4	5
<p><b>Знать</b> основные физические закономерности, лежащие в основе динамики полета тел, стабилизируемых вращением Шифр: З (ОПК-4) –3</p>	Отсутстви е знаний	Фрагментарное знание основных физических закономерности, лежащих в основе динамики полета тел, стабилизируемых вращением	Общие, но не структурированные знания основных физических закономерности, лежащих в основе динамики полета тел, стабилизируемых вращением	Сформированные, но содержащие отдельные пробелы знания основных физических закономерности, лежащих в основе динамики полета тел, стабилизируемых вращением	Сформированные системные знания основных физических закономерности, лежащих в основе динамики полета тел, стабилизируемых вращением
<p><b>Уметь</b> использовать фундаментальные научные знания в качестве основы инженерной деятельности Шифр: У (ОПК-4) –3</p>	Отсутстви е умений.	Фрагментарное умение использовать фундаментальные научные знания в качестве основы инженерной деятельности	В целом успешное, но не систематическое умение использовать фундаментальные научные знания в качестве основы инженерной деятельности	В целом успешное, но сопровождающееся отдельными ошибками умение использовать фундаментальные научные знания в качестве основы инженерной деятельности	Сформированное умение использовать фундаментальные научные знания в качестве основы инженерной деятельности

<b>Планируемые результаты обучения</b> (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	<b>Критерии оценивания результатов обучения</b>				
	1	2	3	4	5
<b>Владеть</b> способностью применять фундаментальные научные знания для описания динамики полета тел, стабилизируемых вращением Шифр: В (ОПК-4) –3	Отсутствии навыков.	Фрагментарное владение способностью применять фундаментальные научные знания для описания динамики полета тел, стабилизируемых вращением	В целом успешное, но не систематическое владение способностью применять фундаментальные научные знания для описания динамики полета тел, стабилизируемых вращением	В целом успешное, но сопровождающееся незначительными ошибками владение способностью применять фундаментальные научные знания для описания динамики полета тел, стабилизируемых вращением	Успешное и систематическое владение способностью применять фундаментальные научные знания для описания динамики полета тел, стабилизируемых вращением

## КАРТА КОМПЕТЕНЦИИ

Шифр и название КОМПЕТЕНЦИИ

**ПК-13 – обладать способностью ориентироваться в постановке задачи и определять, каким образом следует искать средства ее решения**

### ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА КОМПЕТЕНЦИИ

Тип КОМПЕТЕНЦИИ:

**Профессиональная компетенция** выпускника образовательной программы магистратуры по направлению «Баллистика и гидроаэродинамика»

**ПОРОГОВЫЙ (ВХОДНОЙ) УРОВНЬ ЗНАНИЙ, УМЕНИЙ, ОПЫТА ДЕЯТЕЛЬНОСТИ, ТРЕБУЕМЫЙ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ КОМПЕТЕНЦИИ**

Для того чтобы формирование данной компетенции было возможно, обучающийся, приступивший к освоению программы магистратуры, должен:

**ЗНАТЬ:** основные фундаментальные знания в физике, механике сплошной среды, баллистике

**УМЕТЬ:** осуществлять отбор материала, характеризующего достижения механики сплошной среды, баллистики с учетом специфики направления подготовки.

**ВЛАДЕТЬ:** методами и технологиями решения задач баллистики.

**ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ КОМПЕТЕНЦИИ ПК-13  
И КРИТЕРИИ ИХ ОЦЕНИВАНИЯ**

Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Критерии оценивания результатов обучения				
	1	2	3	4	5
<b>Знать</b> основные методы, лежащие в основе постановки задач динамики полета тел, стабилизируемых вращением Шифр: З (ПК-13) –3	Отсутствие знаний	Фрагментарное знание основных методов, лежащих в основе постановки задач динамики полета тел, стабилизируемых вращением	Общие, но не структурированные знания основных методов, лежащих в основе постановки задач динамики полета тел, стабилизируемых вращением	Сформированные, но содержащие отдельные пробелы знания основных методов, лежащих в основе постановки задач динамики полета тел, стабилизируемых вращением	Сформированные системные знания основных методов, лежащих в основе постановки задач динамики полета тел, стабилизируемых вращением
<b>Уметь</b> корректно формулировать задачи динамики полета тел, стабилизируемых вращением Шифр: У (ПК-13) –3	Отсутствии е умений.	Фрагментарное умение корректно формулировать задачи динамики полета тел, стабилизируемых вращением	В целом успешное, но не систематическое умение корректно формулировать задачи динамики полета тел, стабилизируемых вращением	В целом успешное, но сопровождающееся отдельными ошибками умение корректно формулировать задачи динамики полета тел, стабилизируемых вращением	Сформированное умение корректно формулировать задачи динамики полета тел, стабилизируемых вращением

<b>Планируемые результаты обучения</b> (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	<b>Критерии оценивания результатов обучения</b>				
	1	2	3	4	5
<b>Владеть</b> способностью ориентироваться в применении различных методов решения задач динамики полета тел, стабилизируемых вращением Шифр: В (ПК-13) –3	Отсутстви е навыков.	Фрагментарное владение способностью ориентироваться в применении различных методов решения задач динамики полета тел, стабилизируемых вращением	В целом успешное, но не систематическое владение способностью ориентироваться в применении различных методов решения задач динамики полета тел, стабилизируемых вращением	В целом успешное, но сопровождающееся незначительными ошибками владение способностью ориентироваться в применении различных методов решения задач динамики полета тел, стабилизируемых вращением	Успешное и систематическое владение способностью ориентироваться в применении различных методов решения задач динамики полета тел, стабилизируемых вращением

- Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения, характеризующих этапы формирования компетенций (*знания, умения, навыки и (или) опыт деятельности*) должны соответствовать указанным в п.6 настоящего документа и соответствовать картам компетенций)

### **Вопросы самоконтроля знаний.**

1. Нормальная земная система координат.
  2. Траекторная система координат.
  3. Связанная система координат.
  4. Полускоростная система координат.
  5. Полусвязанная система координат.
  6. Нормальная артиллерийская атмосфера.
  7. Полная аэродинамическая сила, центр давления.
  8. Классификация составляющих сил и моментов аэродинамических коэффициентов.
  9. Баллистическая форма записи аэродинамических коэффициентов.
  10. Закон движения центра масс снаряда в инерциальной системе координат.
  11. Закон движения центра масс снаряда в неинерциальной системе координат.
  12. Закон движения момента импульса снаряда в инерциальной системе координат.
  13. Закон движения момента импульса снаряда в неинерциальной системе координат.
  14. Классификация математических моделей движения снарядов.
  15. Уравнения движения центра масс снаряда в траекторной системе координат.
  16. Общая модель движения снаряда в однородном поле силы тяжести.
  17. Приближенные методы решения основного уравнения нутационного колебания.
  18. Влияние движения около центра масс на движение центра масс.
  19. Методики нахождения коэффициента силы лобового сопротивления.
  20. Определение аэродинамического коэффициента опрокидывающего момента.
  21. Определение аэродинамического коэффициента нормальной составляющей силы сопротивления воздуха.
  22. Определение аэродинамического коэффициента продольного демпфирующего момента и момента Магнуса.
  23. Определение крутизны нарезов ствола орудия, необходимой для обеспечения требуемой угловой скорости вращения снаряда.
  24. Методы определения величины деривационного отклонения
- Методические материалы, определяющие процедуры оценивания результатов обучения.

На основе содержания курса, по каждому из разделов сформулированы вопросы, обсуждаемые в ходе работы с преподавателем. Круг вопросов может выходить за рамки содержания данной дисциплины и касается изложения курсов, перечисленных в разделе 4 настоящей программы. Уровень подготовки обучающегося и его оценка



выявляются в результате собеседований, обсуждения хода подготовки рефератов. Самостоятельная работа студентов опирается на ряд учебных пособий. В основе итоговой оценки лежит качество освоения разделов дисциплины с учётом степени активности каждого слушателя в ходе проведения семинаров.

## 11. Ресурсное обеспечение:

- Перечень основной и дополнительной учебной литературы.

### а) основная литература

1. Степанов В.П. Внешняя баллистика. Ч.2. Томск,: изд. ТГУ, 2011, 540 с. URL <http://ftf.tsu.ru/node/788> (дата обращения: 23.04.2015).
1. Кирилин А. Н. Проектирование, динамика и устойчивость движения ракет-носителей: методы, модели, алгоритмы, программы в среде MathCad / А. Н. Кирилин, Р. Н. Ахметов, А. В. Соллогуб. – М. : Машиностроение [и др.], 2013. – 294 с.
2. Иванов В. А. Орбитальное функционирование связанных космических объектов: учебное пособие / В. А. Иванов, С. А. Купреев, В. С. Ручинский; под ред. В. А. Иванова. – М. : ИНФРА-М, 2014. – 319 с.
3. Лысенко Л. Н. Теоретические основы баллистико-навигационного обеспечения космических полетов / Л. Н. Лысенко, В. В. Бетанов, Ф. В. Звягин ; под общ. ред. Л. Н. Лысенко. – М. : Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2014. – 518 с.

### б) дополнительная литература

1. Баллистические установки и их применение в экспериментальных исследованиях. Под ред. Н.А.Златина, Г.И. Мишина. М.: изд. «Наука», 1974, 344 с.
2. Коновалов А.Н., Николаев Ю.В. Внешняя баллистика. М.: изд. ЦНИИ информации, 1979, 227 с.
3. Доу Р.Б. Основы теории современных снарядов. М.: изд. «Наука», 1964, 566 с.
4. Седов Л.И. Методы подобия и размерности в механике. – М.: Наука, 1977. – 438 с.
5. Нестационарная аэродинамика баллистического полета / Ю. М. Липницкий, А. В. Красильников, А. Н. Покровский, В. Н. Шманенков. – М. : Физматлит : Наука / Интерпериодика, 2003. – 174 с.
6. Космодемьянский А. А. Динамика космического полета / А. А. Космодемьянский. – М. : ЛИБРОКОМ, 2011. – 244 с.

- Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса, включая программное обеспечение, информационные справочные системы (при необходимости).

Технология поиска необходимой информации в традиционной форме, в форме электронных баз данных, в сети Интернет. Работа с научно-технической литературой. Использование материалов, представленных в ранее изученных дисциплинах. Анализ и компоновка собранных материалов в виде доклада и рефератов на заданную тему. Анализ результатов дискуссии. Изучение содержания докладов по рефератам.

Программное обеспечение курсов, предшествующих изучению данной дисциплины  
Компьютерные классы физико-технического факультета

- Описание материально-технической базы.

**МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

Вычислительный кластер ТГУ (суперкомпьютер) "СкифCyberia". Сверхзвуковая  
Аэродинамическая труба. Набор демонстрационных установок.

## **12. Язык преподавания.**

Русский.

## **13. Преподаватель (преподаватели)**

Доцент физико-технического ф-та ТГУ



В.В.Фарапонов

Программа одобрена на заседании ученого совета физико-технического факультета ТГУ от  
« 21 » апреля 2016 года, протокол № 44