

МИНОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Физико-технический факультет

УТВЕРЖДАЮ

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



2016 г.

Рабочая программа дисциплины

Динамика искусственных спутников Земли

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.1 – Динамика искусственных спутников Земли

2. Местодисциплины в структуре ООП магистратуры

Дисциплина относится к вариативной части ООП, обязательна для изучения.

Целями освоения дисциплины «Динамика искусственных спутников Земли» являются:

– ознакомление студентов с математическим аппаратом кинематики и динамики космических объектов, рассматриваемых как системы твердых тел с подвижными и упругими частями; составление систем уравнений движения центра масс и вокруг него, как твердого управляемого тела; изучение основ теории оптимального управления ориентацией корпуса и орбитальными маневрами. Знакомство с расчетом возмущений гравитационного потенциала и космической аэродинамикой разреженного газа; привитие навыков математического моделирования движения искусственных спутников и конструирования автоматических регуляторов на ПЭВМ.

приобретение основ фундаментальных знаний и представлений теории полета современных искусственных спутников, умение ставить теоретическую задачу, анализировать и выявлять параметры, необходимые для ее решения; применение полученных знаний для решения практических задач, связанных с профилем будущей специальности.

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», «Информатика», «Теория вероятностей и математическая статистика», «Функциональный анализ», «Методы математической физики».

Эта дисциплина из профессионального цикла направления подготовки 24.04.03 – «Баллистика и гидроаэродинамика» магистерской программы «Динамика полета и управление движением ракет и космических аппаратов» «Физическое и математическое моделирование технических систем и процессов».

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

5. Общая трудоемкость дисциплины (модуля) составляет 3 зачетных единиц, 108 часа, из которых 34 часа составляет контактная работа обучающегося с преподавателем (10 часов – занятия лекционного типа, 24 часа – занятия семинарского типа), 38 часов составляет самостоятельная работа обучающегося, 36 часов – подготовка к экзамену.

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)

Формируемые компетенции <i>(код компетенции, уровень (этап) освоения)</i>	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю)
<p>Выпускник должен обладать готовностью использовать фундаментальные научные знания в качестве основы инженерной деятельности (ОПК-1);</p>	<p>З (ОПК-1) – 1 Знать современные методы, лежащие в основе постановки задач динамики спутников Земли У(ОПК-1) – 1 Уметь решать системы уравнений вращательных движений спутника как сложной механической системы. В (ОПК-1) – 1 Владеть методами магнитной разгрузки маховиков управляемыми электромагнитами, взаимодействующими с магнитным полем Земли</p>
<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) – 1 Знать технологию научного поиска методов моделирования задач динамики ИСЗ. У (ОПК-2) – 1 Уметь находить подходы к решению задач динамики ИСЗ. В(ОПК-2) – 1 Владеть методами решения задач динамики ИСЗ</p>
<p>Выпускник должен обладать способностью применять знания на практике, в том числе составлять математические модели профессиональных задач, находить способы их решения и интерпретировать профессиональный (физический) смысл полученного математического результата (ПК-11)</p>	<p>З(ПК-11) – 1 Знать основы механики движения искусственных спутников Земли. У(ПК-11) – 1 Уметь применять знания на практике, в том числе составлять математические модели движения искусственных спутников Земли. В (ПК-11) – 1 Владеть способами решения задач динамики искусственных спутников Земли и интерпретировать профессиональный (физический) смысл полученного математического результата</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.	Подготовка к экзамену	
1	Простейшие виды управления орбитой и орбитальные маневры. Практическая работа на персональном компьютере по расчету возмущений орбит ИСЗ	1	1-2	1			4
2	Вращение спутников вокруг центра масс. Тензор инерции, эллипсоид инерции. Вывод уравнений вращательного движения корпуса спутника методом виртуальных перемещений. Выражения для сил и вращающих моментов, обусловленных центральным гравитационным полем	1	3-4	1	3		4
3	Вращательное движение по инерции, геометрическая интерпретация Пуансо. Аналитическое решение, понятие об эллиптических функциях	1	5-6	1	3		4
4	Вывод системы уравнений вращательных движений спутника как сложной механической системы, состоящей из корпуса, панелей солнечных батарей, маховиков и штанги в кардановом подвесе.		7-8	1	3		6
5	Учет упругих элементов в уравнениях динамики спутников. Управление ориентацией	1	9-10	1	3		4

	корпуса. Локально оптимальные методы управления исполнительными органами						
6	Магнитная разгрузка маховиков управляемыми электромагнитами, взаимодействующими с магнитным полем Земли		11-12	2	3		4
7	Метод динамического динамического программирования Беллмана и его применение для синтеза линейных регуляторов.	1	13-14	1	3		4
8	Факторы, возмущающие орбиту ИСЗ. Возмущение гравитационного потенциала. Притяжение эллипсоида	1	15-16	1	3		4
9	Космическая аэродинамика разреженного газа. Статистическая теория. Световое давление	1	17-18	1	3		4
	Подготовка к экзамену					36	
	Всего часов			10	24	36	38
	У.Е.				3		

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. Простейшие виды управления орбитой и орбитальные маневры.
2. Практическая работа на персональном компьютере по расчету возмущений орбит ИСЗ.
3. Вращение спутников вокруг центра масс.
4. Тензор инерции, эллипсоид инерции.
5. Вывод уравнений вращательного движения корпуса спутника методом виртуальных перемещений.
6. Выражения для сил и вращающих моментов, обусловленных центральным гравитационным полем.
7. Вращательное движение по инерции, геометрическая интерпретация Пуансо.
8. Аналитическое решение, понятие об эллиптических функциях.

9. Вывод системы уравнений вращательных движений спутника как сложной механической системы, состоящей из корпуса, панелей солнечных батарей, маховиков и штанги в кардановом подвесе.
10. Учет упругих элементов в уравнениях динамики спутников.
11. Управление ориентацией корпуса. Локально оптимальные методы управления исполнительными органами.
12. Магнитная разгрузка маховиков управляемыми электромагнитами, взаимодействующими с магнитным полем Земли.
13. Метод динамического программирования Беллмана и его применение для синтеза линейных регуляторов.
14. Факторы, возмущающие орбиту ИСЗ.
15. Возмущение гравитационного потенциала. Притяжение эллипсоида.
16. Космическая аэродинамика разреженного газа. Статистическая теория.
17. Световое давление.

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-1 – обладать готовностью использовать фундаментальные научные знания в качестве основы инженерной деятельности

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 механике и математике

УМЕТЬ: осуществлять отбор материала, характеризующего достижения механики с учетом специфики направления подготовки.

ВЛАДЕТЬ: методами и технологиями решения задач механики и математики.

**ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ КОМПЕТЕНЦИИ ОПК-1
И КРИТЕРИИ ИХ ОЦЕНИВАНИЯ**

Критерии оценивания результатов обучения				
1	2	3	4	5
<p>Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)</p> <p>Знать современные методы, лежащие в основе постановки задач динамики спутников Земли Шифр: 3 (ОПК-1) –2</p>	<p>Фрагментарное знание современных методов, лежащих в основе постановки задач динамики спутников Земли</p>	<p>Общие, но не структурированные знания современных методов, лежащих в основе постановки задач динамики спутников Земли</p>	<p>Сформированные, но содержащие отдельные пробелы знания современных методов, лежащих в основе постановки задач динамики спутников Земли</p>	<p>Сформированные системные знания современных методов, лежащих в основе постановки задач динамики спутников Земли</p>
<p>Уметь решать системы уравнений вращательных движений спутника как сложной механической системы Шифр: У (ОПК-1) –2</p>	<p>Фрагментарное умение решать системы уравнений вращательных движений спутника как сложной механической системы</p>	<p>В целом успешное, но не систематическое умение решать системы уравнений вращательных движений спутника как сложной механической системы</p>	<p>В целом успешное, но сопровождающееся отдельными ошибками умение решать системы уравнений вращательных движений спутника как сложной механической системы</p>	<p>Сформированное умение решать системы уравнений вращательных движений спутника как сложной механической системы</p>

		Критерии оценивания результатов обучения				
Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)		1	2	3	4	5
Владеть методами магнитной разгрузки маховиков управляемыми электромагнитами, взаимодействующими с магнитным полем Земли Шифр: В (ОПК-1) –2		Отсутствие навыков.	Фрагментарное освоение способности владения методами магнитной разгрузки маховиков управляемыми электромагнитами, взаимодействующими с магнитным полем Земли	В целом успешное, но не систематическое владение методами магнитной разгрузки маховиков управляемыми электромагнитами, взаимодействующими с магнитным полем Земли	В целом успешное, но сопровождающееся незначительными ошибками владение методами магнитной разгрузки маховиков управляемыми электромагнитами, взаимодействующими с магнитным полем Земли	Успешное и систематическое владение методами магнитной разгрузки маховиков управляемыми электромагнитами, взаимодействующими с магнитным полем Земли

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**

Критерии оценивания результатов обучения					
1	2	3	4	5	
<p>Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)</p> <p>Знать технологию научного поиска методов моделирования задач динамики ИСЗ Шифр: 3 (ОПК-2) –1</p>	<p>Отсутствие знаний</p> <p>Фрагментарное знание технологий научного поиска методов моделирования задач динамики ИСЗ</p>	<p>Общие, но не структурированные знания технологий научного поиска методов моделирования задач динамики ИСЗ</p>	<p>Сформированные, но содержащие отдельные пробелы знания технологий научного поиска методов моделирования задач динамики ИСЗ</p>	<p>5</p>	<p>Сформированные системные знания технологии научного поиска методов моделирования задач динамики ИСЗ</p>
<p>Уметь находить подходы к решению задач динамики ИСЗ Шифр: У (ОПК-2) –1</p>	<p>Отсутствие умений.</p> <p>Фрагментарное умение находить подходы к решению задач динамики ИСЗ</p>	<p>В целом успешное, но не систематическое умение находить подходы к решению задач динамики ИСЗ</p>	<p>В целом успешное, но сопровождающееся ошибками умение находить подходы к решению задач динамики ИСЗ</p>	<p>Сформированное умение находить подходы к решению задач динамики ИСЗ</p>	<p>Сформированное умение находить подходы к решению задач динамики ИСЗ</p>
<p>Владеть методами решения задач динамики ИСЗ Шифр: В (ОПК-2) –1</p>	<p>Отсутствие навыков.</p> <p>Фрагментарное владение методами решения задач динамики ИСЗ</p>	<p>В целом успешное, но не систематическое владение методами решения задач динамики ИСЗ</p>	<p>В целом успешное, но сопровождающееся незначительными ошибками владение методами решения задач динамики ИСЗ</p>	<p>Успешное и систематическое владение методами решения задач динамики ИСЗ</p>	<p>Успешное и систематическое владение методами решения задач динамики ИСЗ</p>

КАРТА КОМПЕТЕНЦИИ

Шифр и название КОМПЕТЕНЦИИ

ПК-11 – обладать способностью применять знания на практике, в том числе составлять математические модели профессиональных задач, находить способы их решения и интерпретировать профессиональный (физический) смысл полученного математического результата

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 механике и математике

УМЕТЬ: осуществлять отбор материала, характеризующего достижения механики с учетом специфики направления подготовки.

ВЛАДЕТЬ: методами и технологиями решения задач механики и математики.

**ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ КОМПЕТЕНЦИИ ПК-11
И КРИТЕРИИ ИХ ОЦЕНИВАНИЯ**

Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Критерии оценивания результатов обучения				
	1	2	3	4	5
Знать основы механики движения искусственных спутников Земли Шифр: 3 (ПК-11) –2	Отсутствие знаний	Фрагментарное знание основ механики движения искусственных спутников Земли	В целом успешное, но не систематическое знание основ механики движения искусственных спутников Земли	В целом успешное, но сопровождающееся отдельными ошибками знание основ механики движения искусственных спутников Земли	Сформированные системные знания основ механики движения искусственных спутников Земли
Уметь применять знания на практике, в том числе составлять математические модели движения искусственных спутников Земли Шифр: У (ПК-11) –2	Отсутствие умений.	Фрагментарное умение применять знания на практике, в том числе составлять математические модели движения искусственных спутников Земли	В целом успешное, но не систематическое умение применять знания на практике, в том числе составлять математические модели движения искусственных спутников Земли	В целом успешное, но сопровождающееся ошибками умение применять знания на практике, в том числе составлять математические модели движения искусственных спутников Земли	Сформированное умение применять знания на практике, в том числе составлять математические модели движения искусственных спутников Земли

Критерии оценивания результатов обучения					
1	2	3	4	5	
<p>Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)</p> <p>Владеть способами решения задач динамики искусственных спутников Земли и интерпретировать профессиональный (физический) смысл математического результата</p> <p>Шифр: В (ПК-11) –2</p>	Отсутствие навыков.	Фрагментарное освоение способов решения задач динамики искусственных спутников Земли и интерпретировать профессиональный (физический) смысл математического результата	В целом успешное, но не систематическое владение способами решения задач динамики искусственных спутников Земли и интерпретировать профессиональный (физический) смысл математического результата	В целом успешно, но сопровождающиеся незначительными ошибками владение способами решения задач динамики искусственных спутников Земли и интерпретировать профессиональный (физический) смысл математического результата	Успешное и систематическое владение способами решения задач динамики искусственных спутников Земли и интерпретировать профессиональный (физический) смысл математического результата

- 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. Простейшие виды управления орбитой и орбитальные маневры.
2. Практическая работа на персональном компьютере по расчету возмущений орбит ИСЗ.
3. Вращение спутников вокруг центра масс.
4. Тензор инерции, эллипсоид инерции.
5. Вывод уравнений вращательного движения корпуса спутника методом виртуальных перемещений.
6. Выражения для сил и вращающих моментов, обусловленных центральным гравитационным полем.
7. Вращательное движение по инерции, геометрическая интерпретация Пуансо.
8. Аналитическое решение, понятие об эллиптических функциях.
9. Вывод системы уравнений вращательных движений спутника как сложной механической системы состоящей из корпуса, панелей солнечных батарей, маховиков и штанги в кардановом подвесе.
10. Учет упругих элементов в уравнениях динамики спутников.
11. Управление ориентацией корпуса. Локально оптимальные методы управления исполнительными органами.
12. Магнитная разгрузка маховиков управляемыми электромагнитами, взаимодействующими с магнитным полем Земли.
13. Метод динамического программирования Беллмана и его применение для синтеза линейных регуляторов.
14. Факторы, возмущающие орбиту ИСЗ.
15. Возмущение гравитационного потенциала. Притяжение эллипсоида.
16. Космическая аэродинамика разреженного газа. Статистическая теория.
17. Световое давление.

- 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. 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.
2. Орлов А. Г. Бортовой ретрансляционный комплекс (БРК) спутника связи. Принципы работы, построение, параметры / Орлов А. Г., Севастьянов Н. Н. ; науч. ред. В. Н. Бранец. – Томск : Издательский Дом Том. гос. ун-та, 2014. – 205 с. – URL: <http://vital.lib.tsu.ru/vital/access/manager/Repository/vtls:000491129>
3. Селезнев В. П. Основы космической навигации / В. П. Селезнёв ; [ред. Н. В. Селезнёва]. – Изд. 3-е. – М.: ЛИБРОКОМ, 2013. – 479 с.
4. Черноусько Ф. Л. Эволюция движений твердого тела относительно центра масс / Ф. Л. Черноусько, Л. Д. Акуленко, Д. Д. Лещенко. – Ижевск [и др.] : Институт компьютерных исследований, 2015. – 308 с.
5. Capderou M. Handbook of Satellite Orbits From Kepler to GPS / by Michel Capderou // Springer eBooks, 2014. – XXIV, 922 p.–URL: <http://dx.doi.org/10.1007/978-3-319-03416-4>

б) дополнительная литература

1. Глобальные спутниковые системы синхронизации и управления движением в околоземном пространстве : учебное пособие / А. А. Поваляев, А. В. Вейцель, Р. Б. Мазепа ; под ред. А. А. Поваляева. – М. : Вузовская книга, 2012. – 187 с.
2. Демин В. Г. Движение искусственного спутника в нецентральной поле тяготения / В. Г. Демин. – М. [и др. : Ин-т компьютерных исслед.], 2010. – 419 с.
3. Эльясберг П. Е. Введение в теорию полета искусственных спутников Земли / П. Е. Эльясберг. – Изд. 2-е. – М. : ЛИБРОКОМ, 2011. – 540 с.
4. Румянцев В. В. Об устойчивости стационарных движений спутников / В. В. Румянцев. – 2-е изд. – М. [и др.] : Институт компьютерных исследований [и др.], 2010. – 155 с.
5. Зеленцов В. В. Основы баллистического проектирования искусственных спутников Земли : [учебное пособие] / В. В. Зеленцов, В. П. Казаков. – М. : Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2012. – 174 с.
6. Поляхова Е. Н. Сборник задач по динамике точки в поле центральных сил / Е. Н. Поляхова. – М. : ЛИБРОКОМ, 2016. – 153 с.

- Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети Интернет. Все виды информационных ресурсов Научной библиотеки ТГУ. Информационные источники сети Интернет.
 - 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  Э.Е. Либин

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