

МИНОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Физико-технический факультет

УТВЕРЖДАЮ

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



Рабочая программа дисциплины

Основы прикладной магнитной гидродинамики

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.2 – Основы прикладной магнитной гидродинамики

2. Место дисциплины в структуре ООП магистратуры

Дисциплина относится к вариативной части ООП, обязательна для изучения.

Целями освоения учебной дисциплины «Основы прикладной магнитной гидродинамики» являются:

– обучение магистрантов основам прикладной магнитной гидродинамики и приобретению профессиональных методологических навыков применения полученных знаний для решения практических задач, связанных с профилем будущей специальности и смежными направлениями исследований;

– усвоение возможностей и навыков дистанционного управления потоками электропроводных сред с помощью электромагнитных полей;

– конкретизация полученных знаний при изучении функциональных возможностей некоторых МГД -устройств, включая высокоскоростные магнитогазодинамические ускорители твердых тел заданной массы и формы;

– изучение на примере плазменных ускорителей особенностей оптимального проектирования МГД -устройств, в том числе для задач баллистического проектирования;

– приобретение навыков сбора и анализа новой научно-технической информации из различных источников, включая Интернет - ресурс.

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 опирается на курсы, изученные в рамках бакалавриата: внутренняя баллистика, газодинамика, основы электродинамики быстропротекающих процессов, методы математического моделирования физических процессов и др. С другой стороны, настоящая дисциплина закладывает фундамент для последующего курса «Основы баллистического проектирования» в части изучения и разработки электрогазодинамических систем высокоскоростного метания твердых тел заданной массы и формы. В ней методологически объединяется полученная ранее информация применительно к задачам электромагнитного управления течениями электропроводных сред: газов, жидкостей и плазмы. Это способствует расширению и углублению знаний обучающихся в рамках настоящей магистерской программы.

Курс, наряду с другими дисциплинами магистратуры, способствует приобретению навыков и осмыслению принципиальных основ научно-исследовательской работы во всех её частях, включая выполнение научно-исследовательской работы кафедры, формулировку выводов исследований, предложений технико-технологического плана, оформление отчётов, докладов, статей, патентных заявок и т.д. Обеспечивает молодому специалисту возможность ориентироваться и успешно работать в смежных областях «древа науки», характеризующих стыки двух и более научных направлений.

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

5. Общая трудоемкость дисциплины (модуля) составляет 3 зачетных единиц, 108 часов, 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)
Выпускник должен обладать способностью ориентироваться в постановке задачи и определять, каким образом следует искать средства ее решения (ПК-13)	З (ПК-13) – 1 Знать основные методы воздействий на движение электропроводных сред с помощью электромагнитных полей. У(ПК-13) – 1 Уметь корректно сформулировать решаемую задачу с учетом генерации электромагнитного поля вне области течения. В (ПК-13) – 1 Владеть навыками и методами математического моделирования МГД – процессов
Выпускник должен обладать владением методами анализа и синтеза изучаемых явлений и процессов и способностью критически резюмировать информацию (ПК-14);	З (ПК-14) – 1 Знать условия и особенности применения магнитогидродинамического приближения к решаемым задачам. У(ПК-14) – 1 Уметь на основе анализа параметров МГД – задачи упрощать моделирующую систему уравнений. В (ПК-14) – 1 Владеть технологией тестирования МГД - модели на адекватность изучаемым процессам
Выпускник должен обладать способностью использовать углубленные теоретические и практические знания, часть которых находится на передовом рубеже данной науки (ПК-15)	З(ПК-15) – 1 Знать основные законы, лежащие в основе теплофизических свойств электропроводных сред. У(ПК-15) – 1 Уметь применять знания на практике, в том числе определять целесообразность магнитогидродинамического решения задачи. В (ПК-15) – 1 Владеть методологией выбора источников внешних электромагнитных полей

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

№ п/п	Раздел учебной дисциплины	Семестр	Неделя семестра	Контактная работа (час)				Сам. раб. студ.
				Лекции	Семинары	Консультации	Подготовка к экзамену	
1	Введение. История развития предмета. Основные области применения магнитной гидродинамики (МГД) Особенности (МГД) процессов. Возможности прямого дистанционного управления электропроводными средствами с помощью электромагнитных полей.	1	1-2	1	2			6
2	Основные предположения и допущения в магнитной гидродинамике. Структура моделирующих уравнений и соотношений Основная система МГД–уравнений в интегральном виде. Эйлеровы и Лагранжевы координаты	1	3-4	1	2			4
3	Дифференциальная форма основной системы МГД–уравнений Анализ правых частей в уравнениях движения и энергии. Основные конфигурации МГД–течений	1	5-6	1	2			4
4	Основные безразмерные критерии магнитной гидродинамики. Качественный анализ исследуемого процесса и упрощающие предположения. Граничные и «внешние условия». Пример постановки краевой МГД–задачи с «внешними» условиями	1	7-8	1	3			4
5	Свойства электропроводных газов. Кулоновское взаимодействие заряженных частиц Ионизация и рекомбинация. Уравнение Саха. Импульсные ускорители плазмы. Основные виды ускорителей и принципы их работы.	1	9-10	1	3			4
6	Методология построения электротехнических моделей МГД–процессов в импульсных ускорителях плазмы Стационарные МГД–течения в	1	11-12	1	3			4

	сильных электромагнитных полях. Течение Гартмана. Примеры постановок задач МГД–проектирования							
7	МГД–генераторы электрической энергии. Основные виды МГД–генераторов и особенности их работы. Электромагнитные насосы и расходомеры	1	13-14	1	3			4
8	Электрогазодинамические ускорители твердых тел Измерительная аппаратура для МГД–процессов (датчики скорости, тока, напряжения, магнитного поля, давления, температуры и электропроводности газа)	1	15-16	1	3			4
9	Методологические особенности постановки и решения прикладных задач магнитной гидродинамики	1	17-18	2	3			4
	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. Основные величины, описывающие электромагнитные поля и токи. Физический смысл (содержание) основных уравнений Максвелла. Формулировка закона сохранения электромагнитной энергии в интегральном виде.
2. Преобразование электромагнитного поля в электропроводной среде. Квазистационарное приближение для электромагнитных полей. Возможности этого приближения при описании электрических и магнитных полей.
3. Электрическая цепь и законы Кирхгофа для нее. Уравнения Максвелла для их определения.
4. Основные электротехнические параметры электрической цепи. Формула для электромагнитной силы, правило левой руки?
5. Выражение для омического тепловыделения в проводнике при протекании по нему тока.
6. Закон Ома для движущегося проводника. Физический эффект, проявляющийся при движении проводника в магнитном поле.
7. Законах Максвелла для рельсового ускорителя с металлическим якорем. Возможность увеличения электромагнитной силы, ускоряющую якорь в рельсовом ускорителе не увеличивая величину тока в якоре и направляющих рельсах.

8. Закон Максвелла, определяющий работу индукционного ускорителя твердых проводников. Обязательное условие для ускоряемого проводника.
9. Потенциалы для квазистационарных электрического и магнитного полей. Вывод с помощью уравнений Максвелла.
10. Уравнение магнитной индукции. Эффекты. Предельные случаи для электропроводной среды.
11. Основные безразмерные критерии подобия для электродинамических устройств.
12. Особенности проникновения магнитного поля в проводник. Понятие толщины магнитного скин - слоя.
13. Понятие магнитной цепи и законы Кирхгофа для нее. Основные электротехнические параметры магнитной цепи.
14. Принцип действия электромагнитной измерительной рамки в индукционном датчике скорости быстролетящих тел.
15. Принцип работы трансформатора. Повышающие и понижающие трансформаторы.
16. Основные средства измерения импульсных токов, магнитных полей и падений электрического напряжения.

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

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

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

ВЛАДЕТЬ: методами и технологиями решения задач математической физики.

**ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ КОМПЕТЕНЦИИ ПК-13
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 основные методы воздействия на движение электропроводных сред с помощью электромагнитных полей Шифр: 3 (ПК-13) –2</p>	<p>Фрагментарное знание основных методов воздействия на движение электропроводных сред с помощью электромагнитных полей</p>	<p>Общие, но не структурированные знания основных методов воздействия на движение электропроводных сред с помощью электромагнитных полей</p>	<p>Сформированные, но содержащие отдельные пробелы знания основных методов воздействия на движение электропроводных сред с помощью электромагнитных полей</p>	<p>5</p>	<p>Сформированные системные знания основных методов воздействия на движение электропроводных сред с помощью электромагнитных полей</p>
<p>Уметь корректно формулировать решаемую задачу с учетом генерации электромагнитного поля вне области течения Шифр: У (ПК-13) –2</p>	<p>Фрагментарное умение корректно формулировать решаемую задачу с учетом генерации электромагнитного поля вне области течения</p>	<p>В целом успешное, но не систематическое умение корректно формулировать решаемую задачу с учетом генерации электромагнитного поля вне области течения</p>	<p>В целом успешное, но сопровождающееся отдельными ошибками умение корректно формулировать решаемую задачу с учетом генерации электромагнитного поля вне области течения</p>	<p>Сформированное умение корректно формулировать решаемую задачу с учетом генерации электромагнитного поля вне области течения</p>	

Критерии оценивания результатов обучения					
Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций) Владеть навыками и методами математического моделирования МГД – процессов Шифр: В (ПК-13) –2	1	2	3	4	5
	Отсутствие навыков.	Фрагментарное владение навыками и методами математического моделирования МГД – процессов	В целом успешное, но не систематическое владение навыками и методами математического моделирования МГД – процессов	В целом успешное, но сопровождающееся незначительными ошибками владение навыками и методами математического моделирования МГД – процессов	Успешное и систематическое владение навыками и методами математического моделирования МГД – процессов

КАРТА КОМПЕТЕНЦИИ

Шифр и название КОМПЕТЕНЦИИ

ПК-14 – обладать владением методами анализа и синтеза изучаемых явлений и процессов и способностью критически резюмировать информацию

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

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

ВЛАДЕТЬ: методами и технологиями решения задач математической физики.

**ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ КОМПЕТЕНЦИИ ПК-14
И КРИТЕРИИ ИХ ОЦЕНИВАНИЯ**

Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Критерии оценивания результатов обучения				
	1	2	3	4	5
Знать условия и особенности применения магнитогидродинамического приближения к решаемым задачам Шифр: 3 (ПК-14) –2	Отсутствие знаний	Фрагментарное знание условий и особенностей приближения магнитогидродинамического приближения к решаемым задачам	Общие, но не структурированные знания условий и особенностей приближения магнитогидродинамического приближения к решаемым задачам	Сформированные, но содержащие отдельные пробелы знания условий и особенностей приближения магнитогидродинамического приближения к решаемым задачам	Сформированные системные знания условий и особенностей применения магнитогидродинамического приближения к решаемым задачам
Уметь на основе анализа параметров МГД – задачи упрощать модельную систему уравнений Шифр: У (ПК-14) –2	Отсутствие умений.	Фрагментарное умение на основе анализа параметров МГД – задачи упрощать модельную систему уравнений	В целом успешное, но не систематическое умение на основе анализа параметров МГД – задачи упрощать модельную систему уравнений	В целом успешное, но сопровождающееся отдельными ошибками умение на основе анализа параметров МГД – задачи упрощать модельную систему уравнений	Сформированное умение на основе анализа параметров МГД – задачи упрощать модельную систему уравнений

Критерии оценивания результатов обучения										
Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций) Владеть технологией тестирования МГД - модели на адекватность изучаемым процессам Шифр: В (ПК-14) -2	1	Отсутствие навыков.	2	Фрагментарное владение технологией тестирования МГД - модели на адекватность изучаемым процессам	3	В целом успешное, но не систематическое владение технологией тестирования МГД - модели на адекватность изучаемым процессам	4	В целом успешное, но сопровождающееся незначительными ошибками владение технологией тестирования МГД - модели на адекватность изучаемым процессам	5	Успешное и систематическое владение технологией тестирования МГД - модели на адекватность изучаемым процессам

КАРТА КОМПЕТЕНЦИИ

Шифр и название КОМПЕТЕНЦИИ

ПК-15 – Выпускник должен обладать способностью использовать углубленные теоретические и практические знания, часть которых находится на передовом рубеже данной науки

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

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

ВЛАДЕТЬ: методами и технологиями решения задач математической физики.

**ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ КОМПЕТЕНЦИИ ПК-15
И КРИТЕРИИ ИХ ОЦЕНИВАНИЯ**

		Критерии оценивания результатов обучения				
		1	2	3	4	5
Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)	Знать основные законы, лежащие в основе тепловых свойств проводных сред Шифр: 3 (ПК-15) –3	Отсутствие знаний	Фрагментарные знания основных законов, лежащих в основе тепловых свойств проводных сред	В целом успешное, но не систематическое знание основных законов, лежащих в основе тепловых свойств проводных сред	В целом успешное, но сопровождающееся отдельными ошибками знание основных законов, лежащих в основе тепловых свойств проводных сред	Сформированные системные знания основных законов, лежащих в основе тепловых свойств проводных сред
	Уметь применять знания на практике, в том числе определять целесообразность гидродинамического решения задачи Шифр: У (ПК-15) –3	Отсутствие умений.	Фрагментарное умение применять знания на практике, в том числе определять целесообразность гидродинамического решения задачи	В целом успешное, но не систематическое умение применять знания на практике, в том числе определять целесообразность гидродинамического решения задачи	В целом успешное, но сопровождающееся отдельными ошибками умение применять знания на практике, в том числе определять целесообразность гидродинамического решения задачи	Сформированное умение применять знания на практике, в том числе определять целесообразность гидродинамического решения задачи

Критерии оценивания результатов обучения		
Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций) Владеть методологией выбора источников внешних электромагнитных полей Шифр: В (ПК-15) –3	1	Отсутствие навыков.
	2	Фрагментарное освоение способности владения методологией выбора источников внешних электромагнитных полей
	3	В целом успешное, но не систематическое владение методологией выбора источников внешних электромагнитных полей
	4	В целом успешное, но сопровождающееся незначительными ошибками владение методологией выбора источников внешних электромагнитных полей
	5	Успешное и систематическое владение методологией выбора источников внешних электромагнитных полей

- 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.

17. Основные величины, описывающие электромагнитные поля и токи. Какие из них являются силовыми характеристиками, а какие – энергетическими?
18. Физический смысл (содержание) основных уравнений Максвелла?
19. Формулировка закона сохранения электромагнитной энергии в интегральном виде?
20. В какие виды преобразуется электромагнитного поля в электропроводной среде?
21. В чем суть квазистационарного приближения для электромагнитных полей? Какие возможности дает это приближение при описании электрических и магнитных полей?
22. Понятие электрической цепи и законы Кирхгофа для нее? Из каких уравнений Максвелла они определяются?
23. Основные электротехнические параметры электрической цепи?
24. Формула для электромагнитной силы, правило левой руки?
25. Выражение для омического тепловыделения в проводнике (при протекании по нему тока)?
26. Закон Ома для движущегося проводника? Какой физический эффект проявляется при движении проводника в магнитном поле?
27. На каких законах Максвелла работает рельсовый ускоритель с металлическим якорем?
28. За счет чего можно увеличить электромагнитную силу, ускоряющую якорь в рельсовом ускорителе не увеличивая величину тока в якоря и направляющих рельсах?
29. Какой закон Максвелла определяет работу индукционного ускорителя твердых проводников. Какому обязательному условию должен удовлетворять ускоряемый проводник?
30. Потенциалы для квазистационарных электрического и магнитного полей? С помощью каких выражений и каких уравнений Максвелла они вводятся?
31. Какие эффекты описывает уравнение магнитной индукции? Предельные случаи для электропроводной среды?
32. Основные безразмерные критерии подобия для электродинамических устройств?
33. Особенности проникновения магнитного поля в проводник? Понятие толщины магнитного скин-слоя?
34. Понятие магнитной цепи и законы Кирхгофа для нее?
35. Основные электротехнические параметры магнитной цепи?

36. Принцип действия электромагнитной измерительной рамки в индукционном датчике скорости быстролетящих тел?
37. Какими физическими свойствами должны обладать быстролетящие тела для определения момента пролета с помощью электромагнитной измерительной рамки?
38. Принцип работы трансформатора? Повышающие и понижающие трансформаторы?
39. Основные средства измерения импульсных токов, магнитных полей и падений электрического напряжения?

- 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. Старовиков М. И. Введение в экспериментальную физику : учебное пособие / М. И. Старовиков. – СПб. [и др.] : Лань, 2016. – 235 с. – Режим доступа ЭБС Лань: https://e.lanbook.com/book/379#book_name
2. Методология научных исследований в авиа- и ракетостроении: учебное пособие / В. И. Круглов, В. И. Ершов, А. С. Чумадин, В. В. Курицына. – М. : Логос, 2011. – 431 с.
3. Строгалев В. П. Имитационное моделирование: [учебное пособие для вузов по специальности 170400 "Стрелково-пушечное, артиллерийское и ракетное оружие"] / В. П. Строгалев, И. О. Толкачева. – М.: Издательство МГТУ им. НЭ. Баумана, 2015. – 295 с.
4. Рыжаков В. В. Стохастические методы идентификации и оценивания характеристик средств измерения / В. В. Рыжаков, М. В. Рыжаков ; под ред. В. В. Рыжакова. – М. : Физматлит, 2015. – 141 с.

б) дополнительная литература

1. Дж.Саттон, А. Шерман. Основы технической магнитной газодинамики. М.: Изд-во «Мир», 1968, 492 с.
2. Р. Роза. Магнитогидродинамическое преобразование энергии. М.: Изд-во «Мир», 1970, 288 с.
3. Брановер Г.Г. Магнитная гидродинамика несжимаемых сред / Г.Г. Брановер, А.Б. Цинобер. – М.: Изд-во «Наука», 1970. – 379 с.

4. 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.

5. Медведева Н.П. Экспериментальная баллистика. Ч.1 Учебное пособие. – Томск: Том. ун-т. 2006. – 172с.

- 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.

- 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

 С.В. Синяев

Программа одобрена на заседании Ученого совета физико-технического факультета ТГУ от 21 апреля 2016 года, протокол № 44.