

МИНОБРНАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Физико-технический факультет

УТВЕРЖДАЮ

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

" 1 " _____ 2016 г.



Рабочая программа дисциплины

Динамика ракет-носителей космических аппаратов

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.ДВ.2.2 – Динамика ракет-носителей космических аппаратов

2. Местодисциплины в структуре ООП магистратуры

Дисциплина относится к дисциплинам по выбору вариативной части ООП.

Целями освоения дисциплины «Динамика ракет-носителей космических аппаратов» являются: приобретение основ фундаментальных знаний и представлений теории полета современных ракет-носителей; умение ставить теоретическую задачу, анализировать и выявлять параметры, необходимые для ее решения; применение полученных знаний для решения практических задач, связанных с профилем будущей специальности.

-востребовать и реализовать полученные ранее знания на более высоком уровне их интеграции в рамках системного подхода, обусловленного сложностью больших технических комплексов;

3. Год/годы и семестр/семестры обучения.

Второй год и третий 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».

Курс, наряду с другими дисциплинами магистратуры, способствует приобретению навыков в проведении аэробаллистического расчета, осмыслению принципиальных основ научно-исследовательской работы.

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 3 зачетных единиц, 108 часов, из которых 24 часов составляет контактная работа обучающегося с преподавателем (8 часов – занятия лекционного типа, 16 часов – занятия семинарского типа, 48 часов составляет самостоятельная работа обучающегося, 36 часов – подготовка к экзамену

6. Формат обучения

Дисциплина реализуется в форме аудиторного обучения

1	Раздел 1. 1. Введение. Предмет и содержание курса 2. Необходимые предварительные сведения и определения, терминология	1	1-3	1	2		6
2	Раздел 2. 1. Динамика абсолютно жесткого объекта. 2. Методы анализа устойчивости невозмущенного движения	1	1-3	1	2		6
3	Раздел 3. Динамика объекта с отсеками, содержащими жидкость. 1. Краевые задачи гидродинамики для целиком и частично заполненной подвижной полости	1	4-6	1	2		6
4	2. Возмущенное движение объекта с отсеками, частично заполненными жидкостью. 3. Уравнения возмущенного движения. 4. Линеаризация уравнений возмущенного движения	1	4-6	1	2		6
5	5. Вариационные методы решения краевых задач теории потенциала. Пример для сферического бака.	1	7-9	1	2		6
6	6. Эквивалентность моделей "жесткой" и "плавающей крышки	1	7-9	1	2		6
7	7. Анализ динамических свойств системы	1	10-13	1	2		6
8	Раздел 4. Элементы нелинейной динамики объекта. 1. Асимптотические подходы к обоснованию динамической схемы 2. Динамические свойства нелинейных колебаний жидкости в подвижном отсеке	1	14-16	1	2		6
	Подготовка к экзамену					36	
	Всего часов			8	16	36	48

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. Круг задач и место динамики ракет-носителей и космических аппаратов в комплексе научно-технических проблем проектирования РН и КА. Основные вехи развития динамики РН и КА.
2. Системы координат; внешние и управляющие силы и моменты; динамическая схема; динамическая неустойчивость, управляемость, особенности рассматриваемой динамической схемы.
3. Уравнения движения абсолютно жесткого твердого тела переменной массы. (Принцип Гамильтона-Остроградского. Энергия системы, уравнения действительного и программного движения, линеаризация. Возмущающие факторы).
4. Методы анализа устойчивости невозмущенного движения. Примеры. Границы достоверности выводов в связи с исходными упрощениями.
5. Краевые задачи гидродинамики для целиком и частично заполненной подвижной полости (допущения, потенциалы Жуковского, давление в жидкости, модели "жесткой" и "плавающей крышки", краевые условия).
6. Возмущенное движение объекта с отсеками, частично заполненными жидкостью (постановка задачи, потенциал абсолютной скорости жидкости, энергия системы, коэффициенты квадратичной формы кинетического потенциала).
7. Уравнения возмущенного движения (вариационное соотношение для действия по Гамильтону-Остроградскому, учет эволюции области определения функции формы свободной поверхности, уравнения движения).
8. Линеаризация уравнений возмущенного движения. (Физические и математические предпосылки линеаризации, априорные оценки. Базовая задача на собственные значения, фундаментальные свойства ее решения. Решение базовой задачи для цилиндрического бака. Коэффициенты уравнений, расчетные формулы).
9. Вариационные методы решения краевых задач теории потенциала. Пример для сферического бака.
10. Эквивалентность моделей "жесткой" и "плавающей крышки". Асимптотики "медленных" и "быстрых" движений. Маятниковый аналог системы.
- 11 Анализ динамических свойств системы. Динамически эквивалентное твердое тело. Механические аналоги.
12. Асимптотические подходы к обоснованию динамической схемы. (Постановка задачи. Асимптотические разложения и приближение нелинейных уравнений возмущенного движения жидкости в подвижном отсеке).

13. Динамические свойства нелинейных колебаний жидкости в подвижном отсеке (устойчивость исходной формы вынужденных колебаний свободной поверхности, устойчивость периодических колебаний).

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-16 – обладать способностью применять перспективные методы исследования и решения профессиональных задач на основе знания мировых тенденций развития вычислительной техники и информационных технологий, а также современные информационные, компьютерные технологии

Тип КОМПЕТЕНЦИИ:
ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА КОМПЕТЕНЦИИ

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

ПОРОГОВЫЙ (ВХОДНОЙ) УРОВЕНЬ 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 сплошной среды

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

ВЛАДЕТЬ: методами и технологиями решения задач математической физики.

**ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ КОМПЕТЕНЦИИ ПК-16
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 основы механики движения абсолютно жесткого объекта на основе знания мировых тенденций развития вычислительной техники Шифр: 3 (ПК-16) –3</p>	Отсутствие знаний	Фрагментарные знания основы механики движения абсолютно жесткого объекта на основе знания мировых тенденций развития вычислительной техники	В целом успешное, но не систематическое знание основы механики движения абсолютно жесткого объекта на основе знания мировых тенденций развития вычислительной техники	В целом успешное, но сопровождающееся отдельными ошибками знание основы механики движения абсолютно жесткого объекта на основе знания мировых тенденций развития вычислительной техники	Сформированные системные знания основы механики движения абсолютно жесткого объекта на основе знания мировых тенденций развития вычислительной техники

Критерии оценивания результатов обучения					
<p>Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)</p> <p>Уметь применять знания на практике, в том числе составлять математические модели динамики ракет-носителей космических аппаратов на основе знания мировых тенденций развития вычислительной техники</p> <p>Шифр: У (ПК-16) –3</p>	1	2	3	4	5
	Отсутствие умений.	Фрагментарное умение применять знания на практике, в том числе составлять математические модели динамики ракет-носителей космических аппаратов на основе знания мировых тенденций вычислительной техники	В целом успешное, но не систематическое умение применять знания на практике, в том числе составлять математические модели динамики ракет-носителей космических аппаратов на основе знания мировых тенденций развития вычислительной техники	В целом успешное, но сопровождающееся отдельными ошибками умение применять знания на практике, в том числе составлять математические модели динамики ракет-носителей космических аппаратов на основе знания мировых тенденций развития вычислительной техники	Сформированное умение применять знания на практике, в том числе составлять математические модели динамики ракет-носителей космических аппаратов на основе знания мировых тенденций развития вычислительной техники

Критерии оценивания результатов обучения				
Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)				
	1	2	3	4
Владеть способами решения задач гидродинамики для целиком и частично заполненной подвижной полости на основе знания мировых тенденций развития вычислительной техники Шифр: В (ПК-16) –3	Отсутствие навыков.	Фрагментарное освоение способности находить способы решения задач гидродинамики для целиком и частично заполненной подвижной полости на основе знания мировых тенденций развития вычислительной техники	В целом успешное, но не систематическое владение способами решения задач гидродинамики для целиком и частично заполненной подвижной полости на основе знания мировых тенденций развития вычислительной техники	В целом успешно, но сопровождающееся незначительными ошибками владение способами решения задач гидродинамики для целиком и частично заполненной подвижной полости на основе знания мировых тенденций развития вычислительной техники
				5

КАРТА КОМПЕТЕНЦИИ

Шифр и название КОМПЕТЕНЦИИ

ПК-18 – обладать способностью к профессиональной эксплуатации современного оборудования и приборов, использованию современной измерительной и вычислительной техники

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА КОМПЕТЕНЦИИ

Тип КОМПЕТЕНЦИИ:

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

ПОРОГОВЫЙ (ВХОДНОЙ) УРОВЕНЬ 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 сплошной среды

УМЕТЬ: осуществлять отбор материала, характеризующегого достижения механике сплошной среды с учетом специфики направления подготовки.

ВЛАДЕТЬ: методами и технологиями решения задач математической физики.

**ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ КОМПЕТЕНЦИИ ПК-18
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, лежащие в основе постановки задач динамики объекта с отсеками, содержащими жидкость с использованием современного оборудования и прибор</p> <p>Шифр: 3 (ПК-18) –2</p>	<p>Отсутствие знаний</p> <p>Фрагментарное знание основных методов, лежащих в основе постановки задач динамики объекта с отсеками, содержащими жидкость с использованием современного оборудования и прибор</p>	<p>Общие, но не структурированные знания основных методов, лежащих в основе постановки задач динамики объекта с отсеками, содержащими жидкость с использованием современного оборудования и прибор</p>	<p>Сформированные, но содержащие отдельные пробелы знания основных методов, лежащих в основе постановки задач динамики объекта с отсеками, содержащими жидкость с использованием современного оборудования и прибор</p>	<p>Сформированные системные знания основных методов, лежащих в основе постановки задач динамики объекта с отсеками, содержащими жидкость с использованием современного оборудования и прибор</p>

Критерии оценивания результатов обучения					
1	2	3	4	5	
<p>Планируемые результаты обучения (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)</p> <p>Уметь решать задачи возмущенного движения объекта с отсечками, содержащими жидкость с использованием жидкостей современной и вычислительной техники. Шифр: У (ПК-18) –2</p>	<p>Фрагментарное умение решать задачи возмущенного движения объекта с отсечками, содержащими жидкость с использованием жидкостей современной и вычислительной техники</p>	<p>В целом успешное, но не систематическое умение решать задачи возмущенного движения объекта с отсечками, содержащими жидкость с использованием жидкостей современной и вычислительной техники</p>	<p>В целом успешное, но сопровождающееся ошибками умение решать задачи возмущенного движения объекта с отсечками, содержащими жидкость с использованием современной и вычислительной техники</p>	<p>Сформированное умение решать задачи возмущенного движения объекта с отсечками, содержащими жидкость с использованием жидкостей современной и вычислительной техники</p>	
<p>Владеть способностью ориентироваться в постановке задачи динамики ракет-носителей с использованием жидкостей современной и вычислительной техники Шифр: В (ПК-18) –2</p>	<p>Фрагментарное освоение способности ориентироваться в постановке задачи динамики ракет-носителей с использованием жидкостей современной и вычислительной техники</p>	<p>В целом успешное, но не систематическое владение способностью ориентироваться в постановке задачи динамики ракет-носителей с использованием жидкостей современной и вычислительной техники</p>	<p>В целом успешное, но сопровождающееся ошибками владение способностью ориентироваться в постановке задачи динамики ракет-носителей с использованием жидкостей современной и вычислительной техники</p>	<p>Успешное и систематическое владение способностью ориентироваться в постановке задачи динамики ракет-носителей с использованием жидкостей современной и вычислительной техники</p>	

- 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. Определение возмущенного движения; порядок приближения.
 2. Техника линеаризации уравнений возмущенного движения.
 3. Теоремы по Ляпунову об устойчивости и неустойчивости механической системы.
 4. Вариационный принцип Гамильтона-Остроградского для консервативной механической системы.
 5. Потенциал абсолютной скорости жидкости, полностью заполняющей подвижный сосуд.
 6. Давление в идеальной несжимаемой жидкости (интеграл Коши-Лагранжа)ю
 7. Оценка границ применимости концепции «замороженных» коэффициентов на примере уравнения движения твердого тела по каналу рыскания.
 8. Характер относительного движения идеальной жидкости, целиком заполняющей вращающийся сосуд и безвихревого в абсолютном движении.
 9. Потенциал абсолютных скоростей жидкости, Линеаризация. Физический смысл его составляющих.
 10. Кинематические краевые условия на свободной поверхности жидкости. Физический смысл, математическая формализация. Линеаризация.
 11. Динамическое краевое условие на свободной поверхности жидкости в подвижном сосуде. Физический смысл, математическая формализация. Линеаризация.
 12. Краевая задача для свободных малых колебаний жидкости, частично заполняющей сосуд. Вывод. Свойства решения (задача типа Штурма-Лиувилля).
 13. Решение краевой задачи для составляющей потенциала абсолютных скоростей, порождаемого «меленными» поступательными движениями сосуда.
 14. Решение краевой задачи для составляющей потенциала «медленных» вращений сосуда, если известно для этого сосуда решение базовой краевой задачи.
 15. Динамически эквивалентное твердое тело (допущения в постановке, вывод, анализ коэффициентов уравнений).
 16. Основные положения алгоритма решения базовой краевой задачи методом Ритца.
- 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 оцен-

ки 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. Богоряд И. Б. Введение в динамику ракет : учебное пособие / И. Б. Богоряд ; Томский гос. ун-т. – Изд. 2-е, перераб. и испр. – Томск : Издательство Том. ун-та, 2013. – 131 с.: ил. – URL: <http://vital.lib.tsu.ru/vital/access/manager/Repository/vtls:000467066>
2. 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.
3. 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.

б) дополнительная литература

1. Абгарян К. А. Динамика ракет : учебное пособие для вузов / К. А. Абгарян, И. М. Рапопорт ; науч. ред. Л. С. Чернобровкин. – М. : Машиностроение, 1969. - 377 с.
2. Колесников К. С. Динамика ракет : [учебник для вузов] / К. С. Колесников. – М.: Машиностроение, 1980. – 375 с.
3. Моисеев Н. Н. Динамика тела с полостями, содержащими жидкость / Н. Н. Моисеев, В. В. Румянцев. – М. : Наука. Главная редакция физико-математической литературы, 1965. – 439 с.
4. Рабинович Б. И. Вихревые процессы и динамика твердого тела: Задачи динамики космич. аппаратов и систем на магнит. подвеске / Б. И. Рабинович, В. Г. Лебедев, А. И. Мытарев. – М. : Наука, 1992. – 294 с.
5. Баллистические ракеты и ракеты-носители : [учебное пособие / О. М. Алифанов, А. Н. Андреев, В. Н. Гуцин и др.] ; под ред. О. М. Алифанова. – М. : Дрофа, 2004. – 511 с.
6. Калугин В. Т. Аэрогазодинамика органов управления полетом летательных аппаратов : [учебное пособие] / В. Т. Калугин. – М. : Изд-во МГТУ, 2004. – 686 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.

- 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)

Профессор
физико-технического ф-та ТГУ

 В.И. Биматов

Программа одобрена на заседании ученого совета физико-технического факультета ТГУ от 1.07.2016 года, протокол № 46