

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

Физико-технический факультет



Ю.Н. РЫЖИХ

06 20 22 г.

Рабочая программа дисциплины

Динамика ракет-носителей космических аппаратов

по направлению подготовки

24.04.03 Баллистика и гидроаэродинамика

Направленность (профиль) подготовки :
Баллистика ракетно-ствольных систем

Форма обучения

Очная

Квалификация

Магистр

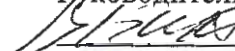
Год приема

2022


Код дисциплины в учебном плане: Б1.В.ДВ.06.01

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ОПОП

 В.И. Биматов

Председатель УМК

 В.А. Скрипняк

Томск – 2022

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

Физико-технический факультет

УТВЕРЖДАЮ:

Декан

_____ Ю.Н. Рыжих

« ____ » _____ 20____ г.

Рабочая программа дисциплины

Динамика ракет-носителей космических аппаратов

по направлению подготовки

24.04.03 Баллистика и гидроаэродинамика

Направленность (профиль) подготовки :
Баллистика ракетно-ствольных систем

Форма обучения

Очная

Квалификация

Магистр

Год приема

2022

Код дисциплины в учебном плане: Б1.В.ДВ.06.01

СОГЛАСОВАНО:

Руководитель ОПОП

_____ В.И. Биматов

Председатель УМК

_____ В.А. Скрипняк

Томск – 2023

1. Цель и планируемые результаты освоения дисциплины

Целью освоения дисциплины является формирование следующих компетенций:

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

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

ПК-1 Способен к проведению работ по обработке и анализу научно-технической информации и результатов исследований.

ПК-3 Способен разрабатывать методики исследования динамических характеристик при моделировании движения летательных аппаратов.

Результатами освоения дисциплины являются следующие индикаторы достижения компетенций:

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

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

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

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

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

ИОПК 7.3 Владеть навыками проведения и анализа результатов физического и численного моделирования

ИПК 1.1 Знает методы анализа научных данных

ИПК 1.2 Умеет применять актуальную нормативную документацию в соответствующей области знаний.

ИПК 1.3 Осуществляет организацию сбора и изучения научно-технической информации по теме исследований и разработок

ИПК 3.1 Знает основы теории движения летательных аппаратов

ИПК 3.2 Умеет формулировать аспекты задач исследования, выбирать методы их решения и представлять результаты исследований

ИПК 3.3 Осуществляет моделирование процессов динамики движения, аэродинамики, баллистики и управления полетом летательных аппаратов с учетом сложности систем и на основе современных научных знаний

2. Задачи освоения дисциплины

– Владение студентами основами фундаментальных знаний и представлений теории полета современных ракет-носителей;

– Владение студентами методами постановки теоретических задач, анализа и выявления параметров, необходимых для ее решения; применения полученных знаний для решения практических задач, связанных с профилем будущей специальности.

– Подготовка их к реализации полученных ранее знаний на более высоком уровне их интеграции в рамках системного подхода, обусловленного сложностью больших технических комплексов.

3. Место дисциплины в структуре образовательной программы

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

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

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

Третий семестр, экзамен

5. Входные требования для освоения дисциплины

Для успешного освоения дисциплины требуются результаты обучения по следующим дисциплинам: Динамика полета тел, стабилизируемых вращением; Астродинамика.

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

6. Язык реализации

Русский

7. Объем дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 з.е., 180 часов, из которых:

-лекции: 12 ч.

-практические занятия: 14 ч.

Объем самостоятельной работы студента определен учебным планом.

8. Содержание дисциплины, структурированное по темам

Тема 1. Динамика абсолютно жесткого объекта. Методы анализа устойчивости невозмущенного движения.

Тема 2. Динамика объекта с отсеками, содержащими жидкость. Краевые задачи гидродинамики для целиком и частично заполненной подвижной полости.

Тема 3. Возмущенное движение объекта с отсеками, частично заполненными жидкостью. Вариационные методы решения краевых задач теории потенциала. Пример для сферического бака. Эквивалентность моделей "жесткой" и "плавающей" крышки. Анализ динамических свойств системы.

Тема 4. Элементы нелинейной динамики объекта. Асимптотические подходы к обоснованию динамической схемы. Динамические свойства нелинейных колебаний жидкости в подвижном отсеке.

9. Текущий контроль по дисциплине

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

10. Порядок проведения и критерии оценивания промежуточной аттестации

Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения, характеризующих этапы формирования компетенций:

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).

Экзамен в третьем семестре проводится в письменной форме по билетам. Экзаменационный билет состоит из двух частей. Образцы контрольных билетов.

Билет №1.

1. Определение возмущенного движения; порядок приближения
2. Потенциал абсолютных скоростей жидкости, Линеаризация. Физический смысл его составляющих

Билет №2.

1. Техника линеаризации уравнений возмущенного движения
2. Кинематические краевые условия на свободной поверхности жидкости. Физический смысл, математическая формализация. Линеаризация

Билет №3.

1. Теоремы по Ляпунову об устойчивости и неустойчивости механической системы
2. Динамическое краевое условие на свободной поверхности жидкости в подвижном сосуде. Физический смысл, математическая формализация.

Билет №4.

1. Вариационный принцип Гамильтона-Остроградского для консервативной механической системы
2. Постановка краевой задачи для свободных малых колебаний жидкости, частично заполняющей сосуд.

Билет №5.

1. Потенциал абсолютной скорости жидкости, полностью заполняющей подвижный сосуд
2. Линеаризация динамического краевого условия на свободной поверхности жидкости в подвижном сосуде

Билет №6.

1. Давление в идеальной несжимаемой жидкости (интеграл Коши-Лагранжа)
2. Решение краевой задачи для составляющей потенциала абсолютных скоростей, порождаемого «меленными» поступательными движениями сосуда

Билет №7.

1. Оценка границ применимости концепции «замороженных» коэффициентов (на примере уравнения движения твердого тела по каналу рыскания)
2. Решение краевой задачи для составляющей потенциала «медленных» вращений сосуда, если известно для этого сосуда решение базовой краевой задачи

Билет №8.

1. Характер относительного движения идеальной жидкости, целиком заполняющей вращающийся сосуд и безвихревого в абсолютном движении
2. Динамически эквивалентное твердое тело (допущения в постановке, вывод, анализ коэффициентов уравнений).

Билет №9.

1. Системы координат; внешние и управляющие силы и моменты; динамическая схема
2. Уравнения движения абсолютно жесткого твердого тела переменной массы. (Принцип Гамильтона-Остроградского).

Билет №10.

1. Методы анализа устойчивости невозмущенного движения.
2. Вариационные методы решения краевых задач теории потенциала. Пример для сферического бака.

На основе содержания курса, по каждому из разделов сформулированы вопросы, обсуждаемые в ходе работы с преподавателем. Уровень подготовки обучающегося и его оценка выявляются в результате собеседований. 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.

Результаты экзамена определяются оценками «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

Уровень	Качество ответов при собеседовании	Оценка
1	Не ответил на вопросы	неудовлетворительно
2	Фрагментарные ответы на основные и дополнительные вопросы.	неудовлетворительно

	Оценка выставляется студенту, который не знает большей части основного содержания дисциплины, допускает грубые ошибки в формулировках основных понятий дисциплины.	
3	Формальные ответы на основные вопросы, слабое понимание физической сути при ответах на дополнительные вопросы. Оценка выставляется студенту, показавшему фрагментарный, разрозненный характер знаний, недостаточно точно формулирующему базовые понятия, допустившему неточности в построении физической модели или ее программной реализации	удовлетворительно
4	Ответы на основные вопросы с замечаниями. Имеются разного уровня замечания по дополнительным вопросам. Оценка выставляется студенту, твердо знающему материал, грамотно и по существу излагающему его, умеющему применять полученные знания на практике, но допускающему не критичные неточности в построении модели.	хорошо
5	Ответы на основные и дополнительные вопросы без существенных замечаний. Оценка выставляется студенту, способному самостоятельно принимать решения, оценивать их эффективность, обосновывать принятые решения и реализовывать их с помощью информационных технологий	отлично

11. Учебно-методическое обеспечение

а) Электронный учебный курс по дисциплине в электронном университете «Moodle» - <https://moodle.tsu.ru/course/view.php?id=22480>

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

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 «мелкими» 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.

12. Перечень учебной литературы и ресурсов сети Интернет

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 исправ. – 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 космических 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. Гущин 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.

в) ресурсы сети Интернет:

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

– Общероссийская Сеть Консультант Плюс Справочная правовая система.

<http://www.consultant.ru>

13. Перечень информационных технологий

- а) лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:
- Microsoft Office Standart 2013 Russian: пакет программ. Включает приложения: MS Office Word, MS Office Excel, MS Office PowerPoint, MS Office OneNote, MS Office Publisher, MS Outlook, MS Office Web Apps (Word Excel MS PowerPoint Outlook);
 - публично доступные облачные технологии (Google Docs, Яндекс диск и т.п.).
- б) информационные справочные системы:
- Электронный каталог Научной библиотеки ТГУ – <http://chamo.lib.tsu.ru/search/query?locale=ru&theme=system>
 - Электронная библиотека (репозитории) ТГУ – <http://vital.lib.tsu.ru/vital/access/manager/Index>
 - ЭБС Лань – <http://e.lanbook.com/>
 - ЭБС Консультант студента – <http://www.studentlibrary.ru/>
 - Образовательная платформа Юрайт – <https://urait.ru/>
 - ЭБС ZNANIUM.com – <https://znanium.com/>
 - ЭБС IPRbooks – <http://www.iprbookshop.ru/>

14. Материально-техническое обеспечение

Аудитории для проведения занятий лекционного типа.

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

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

15. Информация о разработчиках

Усанина Анна Сергеевна, канд. физ.-мат. наук, доцент каф. Динамики полета.