

*Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования
«Российский университет дружбы народов»*

Инженерная академия

Рекомендовано МССН

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Наименование дисциплины: Математические основы баллистического обеспечения полета космических аппаратов

Рекомендуется для направления подготовки/специальности

01.06.01 «Математика и механика»
(указываются код и наименование направления подготовки/специальности)

Направленность программы (профиль)

«Динамика, баллистика, управление движением летательных аппаратов»
(наименование образовательной программы в соответствии с направленностью (профилем))

Москва,
2021

1. Цель и задачи дисциплины

Целью освоения дисциплины «Математические основы баллистического обеспечения полета космических аппаратов» является формирование у аспирантов системы научных знаний о перспективных методах исследования и решения профессиональных задач с учетом мировых тенденций развития авиационной и ракетно-космической техники.

Основными **задачами** дисциплины являются:

- Знать новые методы разработки и исследования математических моделей для баллистического обеспечения полета космических аппаратов
- Владеть новыми методами выбора и преобразования математических моделей явлений, процессов и систем в области ракетно-космической техники с целью их исследования и реализации средствами вычислительной техники
- Уметь использовать новые методы разработки математических моделей, методов, компьютерных технологий и систем поддержки принятия решений в научных исследованиях, проектно-конструкторской деятельности, управлении технологическими, экономическими, социальными системами и в гуманитарных областях деятельности человека

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Математические основы баллистического обеспечения полета космических аппаратов» относится к дисциплинам по выбору вариативной части Блока 1 учебного плана. В таблице № 1 приведены предшествующие и последующие дисциплины, направленные на формирование компетенций дисциплины в соответствии с матрицей компетенций ОП ВО.

Таблица № 1

Предшествующие и последующие дисциплины, направленные на формирование компетенций

№ п/п	Шифр и наименование компетенции	Предшествующие дисциплины	Последующие дисциплины (группы дисциплин)
Универсальные компетенции			
	Способность к критическому анализу и оценке современных научных достижений, генерированию новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях (УК-1)	История и философия науки Методология научных исследований	
Общепрофессиональные компетенции			
Профессиональные компетенции (вид профессиональной деятельности)			
	Готовность	Методология научных	

	<p>применять перспективные методы исследования и решения профессиональных задач с учетом мировых тенденций развития авиационной и ракетно-космической техники (ПК-1);</p>	<p>исследований</p>	
	<p>Способность создавать и исследовать математические и программные модели изделий и процессов, связанных с функционированием объектов авиационной и ракетной техники (ПК-2);</p>	<p>Методология научных исследований</p>	
	<p>Готовность проводить разработку и исследование методик анализа, синтеза, оптимизации и прогнозирования качества процессов функционирования авиационной и ракетной техники (ПК-3);</p>	<p>Методология научных исследований Приоритетные направления развития математики и механики</p>	
	<p>Способность выбирать и преобразовывать математические модели явлений, процессов и систем в области ракетно-космической техники с целью их исследования (ПК-4);</p>	<p>Основы преподавания методов разработки инженерных приложений на основе математического моделирования с использованием информатики и вычислительной техники в высшей школе</p>	
	<p>Способность разрабатывать математические модели, методы,</p>	<p>Основы преподавания методов разработки инженерных приложений на основе</p>	

	компьютерные технологии и системы поддержки принятия решений в научных исследованиях, проектной и конструкторской деятельности (ПК-5);	математического моделирования с использованием информатики и вычислительной техники в высшей школе	
	Способность разрабатывать новые математические модели объектов авиационной и ракетно-космической техники, развивать аналитические и приближенные методы исследования (ПК-6).	Приоритетные направления развития математики и механики Основы преподавания методов разработки инженерных приложений на основе математического моделирования с использованием информатики и вычислительной техники в высшей школе	
Профессионально-специализированные компетенции специализации			

3. Требования к результатам освоения дисциплины:

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

УК-1, ПК-1, ПК-2, ПК-3, ПК-4, ПК-5, ПК-6

(указываются в соответствии с ОС ВО РУДН)

В результате изучения дисциплины студент должен:

Знать:

- Знать методы критического анализа и оценки современных научных достижений, а также методы генерирования новых идей при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарных областях
- Знать план развития научной организации, план деятельности подразделения, данные о конкурсах по финансированию научной деятельности
- Знать методы исследования и решения профессиональных задач с учетом мировых тенденций развития авиационной и ракетно-космической техники.
- Знать новые методы создания и исследования математических и программных моделей изделий и процессов, связанных с функционированием объектов авиационно-ракетной техники
- Знать новые методы разработки и исследования методик анализа, синтеза, оптимизации и прогнозирования качества процессов функционирования авиационной и ракетной техники
- Знать новые методы выбора и преобразования математических моделей явлений, процессов и систем в области ракетно-космической техники с целью их исследования

- Знать новые методы разработки математических моделей, методов, компьютерных технологий и систем поддержки принятия решений в научных исследованиях
- Знать новые методы разработки математических моделей объектов авиационной и ракетно-космической техники

Уметь:

- Уметь при решении исследовательских и практических задач генерировать новые идеи, поддающиеся операционализации исходя из наличных ресурсов и ограничений
- Уметь осуществлять отбор конкурсов на финансирование научной деятельности
- Уметь применять методы исследования и решения профессиональных задач с учетом мировых тенденций развития авиационной и ракетно-космической техники.
- Уметь использовать новые методы создания и исследования математических и программных моделей изделий и процессов, связанных с функционированием объектов авиационно-ракетной техники
- Уметь использовать новые методы разработки и исследования методик анализа, синтеза, оптимизации и прогнозирования качества процессов функционирования авиационной и ракетной техники
- Уметь использовать новые методы выбора и преобразования математических моделей явлений, процессов и систем в области ракетно-космической техники с целью их исследования
- Уметь использовать новые методы разработки математических моделей, методов, компьютерных технологий и систем поддержки принятия решений в научных исследованиях
- Уметь использовать новые методы разработки математических моделей объектов авиационной и ракетно-космической техники

Владеть:

- Владеть навыками анализа методологических проблем, возникающих при решении исследовательских и практических задач, в том числе в междисциплинарной области
- Владеть направлениями и задачами подразделения по реализации плана стратегического развития организации, формированием предложений по тематике исследований
- Владеть перспективными методами исследования и решения профессиональных задач с учетом мировых тенденций развития авиационной и ракетно-космической техники.
- Владеть новыми методами создания и исследования математических и программных моделей изделий и процессов, связанных с функционированием объектов авиационно-ракетной техники
- Владеть новыми методами разработки и исследования методик анализа, синтеза, оптимизации и прогнозирования качества процессов функционирования авиационной и ракетной техники
- Владеть новыми методами выбора и преобразования математических моделей явлений, процессов и систем в области ракетно-космической техники с целью их исследования

- Владеть новыми методами разработки математических моделей, методов, компьютерных технологий и систем поддержки принятия решений в научных исследованиях
- Владеть новыми методами разработки математических моделей объектов авиационной и ракетно-космической техники

4. Объем дисциплины и виды учебной работы

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единицы.

Вид учебной работы	Всего, ак. часов	Семестр
		3
Аудиторные занятия	20	20
в том числе:	-	-
Лекции (Л)	-	-
Практические/семинарские занятия (ПЗ)	20	20
Лабораторные работы (ЛР)	-	-
Курсовой проект/курсовая работа	-	-
Самостоятельная работа (СРС), включая контроль	88	88
Вид аттестационного испытания		Экзамен
Общая трудоемкость	академических часов	108
	зачетных единиц	3

5. Содержание дисциплины

5.1. Содержание разделов дисциплины

№ п/п	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела (темы)
1.	1. Системы координат и методы их преобразований	1.1. Цели и задачи динамического и баллистического обеспечения полета. Математические основы. Системы координат, их классификация
2	2. Силы и моменты, действующие на ЛА в полете	2.1. Классификация сил, действующих на ЛА. Сила тяжести и ее потенциал. Тяга двигателя. Аэродинамические силы и моменты. Аэродинамические коэффициенты 2.2. Типы моделей движения ЛА. Принцип затвердевания. Переносные и кориолисовы силы. Тензор инерции 2.3. Характеристика различных участков траекторий ЛА. Понятие о различных типах движений ЛА. Методы упрощения моделей движения ЛА и их соответствие участку
3	3. Векторно-матричные представления уравнений движения ЛА	3.1. Модель движения ЛА с учетом упругих колебаний его корпуса и других элементов конструкции 3.2. Особенности упрощения моделей движения ЛА на различных участках движения. Связь метода упрощения с характером участка
4	4. Системы скалярных дифференциальных уравнений пространственного движения ЛА	4.1. Характеристика пространственных движений ЛА. Методы и особенности моделирования движения. Характер изменения переменных для различных типов ЛА 4.2. Подразделение уравнений движения ЛА на динамические и кинематические. Особенности каждой группы и их упрощения 4.3. Задачи и методы исследования математических моделей движения ЛА. Различные модели и их особенности. Связь

		<p>модели движения с постановкой задачи</p> <p>4.4. Атмосфера Земли. Состав и свойства. Стандартная атмосфера. Учет характеристик реальной атмосферы. Магнитное поле Земли и его математическое описание</p>
5	5. Возмущенное движение ЛА и общая характеристика методов его исследования	<p>5.1. Возмущенное движение ЛА. Общая характеристика задач и методов их решения.</p> <p>5.2. Линеаризация как метод получения модели возмущенного движения. Различные виды линеаризации. Оценка применимости метода</p> <p>5.3. Применение частотных методов для анализа динамических свойств ЛА. Передаточные функции и частотные характеристики ЛА. Показатели динамических свойств ЛА</p>

5.2. Разделы дисциплин и виды занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины/темы занятия	Практ. / семинар.	СРС	Всего час.
1.	Раздел №1. Системы координат и методы их преобразований	2	8	10
	Тема 1.1. Цели и задачи динамического и баллистического обеспечения полета. Математические основы. Системы координат, их классификация	2	8	10
2.	Раздел №2. Силы и моменты, действующие на ЛА в полете	2	20	22
	Тема 2.1. Классификация сил, действующих на ЛА. Сила тяжести и ее потенциал. Тяга двигателя. Аэродинамические силы и моменты. Аэродинамические коэффициенты.	0,5	4	4,5
	Тема 2.2. Типы моделей движения ЛА. Принцип затвердевания. Переносные и кориолисовы силы. Тензор инерции.	0,5	8	8,5
	Тема 2.3. Характеристика различных участков траекторий ЛА. Понятие о различных типах движений ЛА. Методы упрощения моделей движения ЛА и их соответствие участку	1	8	9
3.	Раздел №3. Векторно-матричные представления уравнений движения ЛА	4	20	24
	Тема 3.1. Модель движения ЛА с учетом упругих колебаний его корпуса и других элементов конструкции	2	10	12
	Тема 3.2. Особенности упрощения моделей движения ЛА на различных участках движения. Связь метода упрощения с характером участка	2	10	12
4	Раздел №4. Системы скалярных дифференциальных уравнений пространственного движения ЛА	6	20	26
	Тема 4.1. Характеристика пространственных движений ЛА. Методы и особенности моделирования движения. Характер изменения переменных для различных типов ЛА	1	4	5
	Тема 4.2. Подразделение уравнений движения ЛА на динамические и кинематические. Особенности каждой группы и их упрощения	1	4	5
	Тема 4.3. Задачи и методы исследования	2	6	8

№ п/п	Наименование раздела дисциплины/темы занятия	Практ. / семинар.	СРС	Всего час.
	математических моделей движения ЛА. Различные модели и их особенности. Связь модели движения с постановкой задачи			
	Тема 4.4. Атмосфера Земли. Состав и свойства. Стандартная атмосфера. Учет характеристик реальной атмосферы. Магнитное поле Земли и его математическое описание	2	6	8
5	Раздел №5. Возмущенное движение ЛА и общая характеристика методов его исследования	6	20	26
	Тема 5.1. Возмущенное движение ЛА. Общая характеристика задач и методов их решения	2	6	8
	Тема 5.2. Линеаризация как метод получения модели возмущенного движения. Различные виды линеаризации. Оценка применимости метода	2	6	8
	Тема 5.3. Применение частотных методов для анализа динамических свойств ЛА. Передаточные функции и частотные характеристики ЛА. Показатели динамических свойств ЛА	2	8	10
	Экзамен	20	88	108

6. Лабораторный практикум (при наличии) – не предусмотрен

7. Практические занятия (семинары) (при наличии)

№ п/п	№ раздела дисциплины	Тематика практических занятий (семинаров)	Трудоемкость (час.)
1.	1	Тема 1.1. Цели и задачи динамического и баллистического обеспечения полета. Математические основы. Системы координат, их классификация	2
2	2	Тема 2.1. Классификация сил, действующих на ЛА. Сила тяжести и ее потенциал. Тяга двигателя. Аэродинамические силы и моменты. Аэродинамические коэффициенты.	0,5
3	2	Тема 2.2. Типы моделей движения ЛА. Принцип затвердевания. Переносные и кориолисовы силы. Тензор инерции.	0,5
4	2	Тема 2.3. Характеристика различных участков траекторий ЛА. Понятие о различных типах движений ЛА. Методы упрощения моделей движения ЛА и их соответствие участку	1
5	3	Тема 3.1. Модель движения ЛА с учетом упругих колебаний его корпуса и других элементов конструкции	2
6	3	Тема 3.2. Особенности упрощения моделей движения ЛА на различных участках движения. Связь метода упрощения с характером участка	2
7	4	Тема 4.1. Характеристика пространственных движений ЛА. Методы и особенности моделирования движения. Характер изменения переменных для различных типов ЛА	1
8	4	Тема 4.2. Подразделение уравнений движения ЛА на динамические и кинематические. Особенности каждой группы и их упрощения	1
9	4	Тема 4.3. Задачи и методы исследования математических моделей движения ЛА. Различные модели и их особенности. Связь модели движения с постановкой задачи	2
10	4	Тема 4.4. Атмосфера Земли. Состав и свойства. Стандартная	2

		атмосфера. Учет характеристик реальной атмосферы. Магнитное поле Земли и его математическое описание	
11	5	Тема 5.1. Возмущенное движение ЛА. Общая характеристика задач и методов их решения	2
12	5	Тема 5.2. Линеаризация как метод получения модели возмущенного движения. Различные виды линеаризации. Оценка применимости метода	2
13	5	Тема 5.3. Применение частотных методов для анализа динамических свойств ЛА. Передаточные функции и частотные характеристики ЛА. Показатели динамических свойств ЛА	2

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Таблица 5 – Материально-техническое обеспечение дисциплины

Аудитория с перечнем материально-технического обеспечения	Местонахождение
<p>Учебная лаборатория «Лаборатория вычислительных систем и методов обработки больших данных»: № 409</p> <p>Оборудование и мебель:</p> <p>- Персональные рабочие графические станции на базе системного блока AVK-1 + монитор (13 шт.);</p> <ul style="list-style-type: none"> - Интерактивная доска Polyvision TSL 610; - Проектор Epson EB-X02; - Коммутатор Cisco Catalyst 2960 24; - Сетевой фильтр. Имеется выход в Интернет. - Перечень лицензионного программного обеспечения. Реквизиты подтверждающего документа: <ol style="list-style-type: none"> 1. Windows 7 (Microsoft Subscription) Enrollment for Education Solutions № 86626883 от 01.04.2018 г.); 2. Microsoft Office 2007 (Microsoft Subscription) Enrollment for Education Solutions № 86626883 от 01.04.2018 г.); 3. Borland Developer Studio 2006 (License Certificate Number: 33080, 33081, 33082); 4. MATLAB R2008b (361405 2008 г.); 5. Notepad++ (свободное применение). 6. Acrobat Reader DC (свободное применение) 	г. Москва, ул. Орджоникидзе, д. 3

9. Информационное обеспечение дисциплины

Ресурсы информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»:

1. ЭБС РУДН и сторонние ЭБС, к которым студенты университета имеют доступ на основании заключенных договоров:

- Электронно-библиотечная система РУДН – ЭБС РУДН <http://lib.rudn.ru/MegaPro/Web>

- ЭБС «Университетская библиотека онлайн» <http://www.biblioclub.ru>

- ЭБС Юрайт <http://www.biblio-online.ru>

- ЭБС «Консультант студента» www.studentlibrary.ru

- ЭБС «Лань» <http://e.lanbook.com/>

2. Сайты министерств, ведомств, служб, производственных предприятий и компаний, деятельность которых является профильной для данной дисциплины:

3. Базы данных и поисковые системы:

- электронный фонд правовой и нормативно-технической документации

<http://docs.cntd.ru/>

- поисковая система Яндекс <https://www.yandex.ru/>

- поисковая система Google <https://www.google.ru/>
- реферативная база данных SCOPUS
<http://www.elsevierscience.ru/products/scopus/>

Методические материалы для самостоятельной работы обучающихся и изучения дисциплины (также размещены в ТУИС РУДН в соответствующем разделе дисциплины):

1. Курс лекций по дисциплине «Математические основы баллистического обеспечения полета космических аппаратов» (приложение 2).
2. Методические указания для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине «Математические основы баллистического обеспечения полета космических аппаратов» (приложение 3).

10. Учебно-методическое обеспечение дисциплины

Основная литература:

1. Под ред. Бюшгенса Г.С. Динамика полета. М.: Машиностроение, 2011. – 776 с.
2. Механика космического полета. Под ред. акад. Мишина В.П. – М.:Машиностроение, 1989.
3. Лысенко Л.Н. Наведение и навигация баллистических ракет. - М: Издательство МГТУ им. Н.Э Баумана, 2007г., 670с.
4. Дмитриевский А.А., Лысенко Л.Н. Внешняя баллистика. 4-е издание. - М: Машиностроение, 2005.
5. Иванов Н.М., Лысенко Л.Н. Баллистика и навигация космических аппаратов. 2-е издание. - М: Дрофа, 2004.

Дополнительная литература:

1. Алексеев К.Б., Бебенин Г.Г., Ярошевский В.А. Маневрирование космических аппаратов. – Москва: Машиностроение, 1970. – 232 с.
2. Эльясберг П. Е. Введение в теорию полета искусственных спутников Земли. – Москва: Наука, 1965. – 540 с.
3. Химмельблау Д. Прикладное нелинейное программирование. – Москва: Мир, 1975. – 534 с.
4. Херрик С. Астродинамика. – Москва: Мир, 1978. – 359с.
5. Сихарулидзе Ю.Г. Баллистика летательных аппаратов. – Москва: Наука, Главная редакция физико-математической литературы, 1982. – 352 с.
6. Решетнев М.Ф., Лебедев А.А., Бартенев В.А., Красильщиков М.Н., Мальшев В.А., Мальшев В.А., Управление и навигация искусственных спутников Земли на околокруговых орбитах. – Москва: Машиностроение, 1988. 336с.
7. Соловьёв Ц.В., Тарасов Е.В. Прогнозирование межпланетных полетов. – Москва: Машиностроение, 1973. – 400 с.

11. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)

Организация занятий по дисциплине «Математические основы баллистического обеспечения полета космических аппаратов» проводится по следующим видам учебной работы: интерактивные практические занятия (семинары), подготовку самостоятельных работ и их последующую защиту.

Реализация компетентного подхода в рамках направления подготовки 01.06.01 «Математика и механика» предусматривает сочетание в учебном процессе контактной работы с преподавателем и внеаудиторной самостоятельной работы обучающихся для более полного формирования и развития его профессиональных навыков, самостоятельное изучение некоторых тем курса и подтверждение своих знаний в ходе контрольных мероприятий.

Аспирант обязан освоить все темы, предусмотренные учебно-тематическим планом дисциплины. Отдельные темы и вопросы обучения выносятся на самостоятельное изучение. Аспирант изучает рекомендованную литературу и кратко конспектирует материал, а наиболее сложные вопросы, требующие разъяснения, уточняет во время консультаций. Аналогично следует поступать с разделами курса, которые были пропущены в силу различных обстоятельств.

Целью практических занятий и семинаров является получение аспирантами знаний и выработка практических навыков работы в области баллистики и навигации ракет-носителей. Для достижения этих целей используются как традиционные формы работы – решение задач, работа с технологическим оборудованием/специализированным программным обеспечением при выполнении лабораторных работ и т.п., так и интерактивные методы – групповая работа, анализ конкретных ситуаций, и т.п.

С помощью метода анализа конкретной ситуации у обучающихся развиваются такие квалификационные качества, как умение четко формулировать и высказывать свою позицию, умение коммуницировать, дискутировать, воспринимать и оценивать информацию, поступающую в вербальной форме. Практические занятия и семинары проводятся в специальных аудиториях, оборудованных необходимыми наглядными материалами.

Самостоятельная работа охватывает проработку обучающимися отдельных вопросов теоретического курса.

Самостоятельная работа осуществляется в индивидуальном формате на основе учебно-методических материалов дисциплины (*приложения 2-4*). Уровень освоения материала по самостоятельно изучаемым вопросам курса проверяется при проведении текущего контроля и аттестационных испытаний (экзамен и/или зачет) по дисциплине.

12. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю)

Фонд оценочных средств, сформированный для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине «Математические основы баллистического обеспечения полета космических аппаратов» представлен в *приложении 1* к рабочей программе дисциплины и включает в себя:

- перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы;
- описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания;

- типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующие этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы;

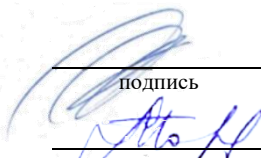
- методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций.

Программа составлена в соответствии с требованиями ОС ВО РУДН.

Разработчики:

доцент департамента механики и мехатроники

должность



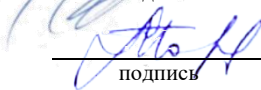
подпись

О.Е. Самусенко

инициалы, фамилия

ст.преп. департамента механики и мехатроники

должность



подпись

Т.А. Морозова

инициалы, фамилия

Руководитель программы

профессор департамента механики и мехатроники

должность, название кафедры

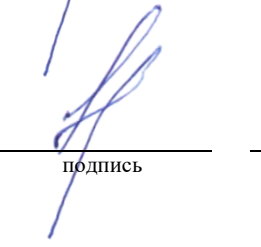


подпись

Ю.Н. Разумный

инициалы, фамилия

**Директор департамента
механики и мехатроники**



подпись

Ю.Н. Разумный

инициалы, фамилия