

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

*Инженерная академия*

Рекомендовано МССН

## **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**Наименование дисциплины:** Дополнительные разделы теоретической механики и механики космического полета

**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 «Дополнительные разделы теоретической механики и механики космического полета» 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 методик анализа, синтеза, оптимизации и прогнозирования качества процессов функционирования авиационной и ракетно-космической техники
- 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 «Дополнительные разделы теоретической механики и механики космического полета» относится к 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 _____ )			

	<p>Готовность применять перспективные методы исследования и решения профессиональных задач с учетом мировых тенденций развития авиационной и ракетно-космической техники (ПК-1);</p>	<p>Методология научных 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</p>	<p>Основы преподавания методов разработки инженерных</p>	

	модели, методы, компьютерные технологии и системы поддержки принятия решений в научных исследованиях, проектной и конструкторской деятельности (ПК-5);	приложений на основе 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	
<b>Профессионально-специализированные компетенции специализации</b>			

### 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
		4
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. Классификация задач и методов управления движением ЛА	1.1. Классификация задач и методов управления движением ЛА
2	2. Техническая задача ввода ЛА в орбитальную группировку и ее математическая формализация	2.1. Постановка технической задачи ввода ЛА в орбитальную группировку и ее математическая формализация
3	3. Математические модели управляемого движения ЛА	3.1. Системы координат для расчета движения ЛА Уравнения Ньютона. Уравнения в оскулирующих элементах 3.2. Уравнения в равноденственных элементах. Уравнения в сферической системе 3.3. Линеаризация уравнений движения в различных системах координат. Дискретная модель движения
4	4. Оптимальное управление движением ЛА при довыведении на геостационарную орбиту	4.1. Постановка задачи выведения ЛА на ГСО с использованием разгонного блока. Сведение к задаче нелинейного программирования 4.2. Выведение ЛА на ГСО двигателем малой тяги 4.3. Выведение ЛА ГСО при помощи ЭРДУ с учетом теневых участков

5	5. Оптимальное управление движением ЛА на при вводе в орбитальную позицию и удержании в ней	<p>5.1. Математическая модель движения при вводе ЛА в орбитальную позицию на ГСО.</p> <p>5.2. Комбинированный метод оптимизации. Программная и синтезируемая составляющие управления</p> <p>5.3. Алгоритм поиска синтезируемой составляющей. Понятие о субоптимальном управлении. Алгоритм поиска программной составляющей</p> <p>5.4. Программная реализация алгоритмов управления ЛА</p>
---	---	--

## 5.2. Разделы дисциплин и виды занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины/темы занятия	Практ. / семинар.	СРС	Всего час.
1.	<b>Раздел №1. Классификация задач и методов управления движением ЛА</b>	2	10	12
	Тема 1.1. Классификация задач и методов управления движением ЛА	2	10	12
2.	<b>Раздел №2. Техническая задача ввода ЛА в орбитальную группировку и ее математическая формализация</b>	2	16	18
	Тема 2.1. Постановка технической задачи ввода ЛА в орбитальную группировку и ее математическая формализация	2	16	18
3.	<b>Раздел №3. Математические модели управляемого движения ЛА</b>	4	18	22
	Тема 3.1. Системы координат для расчета движения ЛА Уравнения Ньютона. Уравнения в оскулирующих элементах	1	6	7
	Тема 3.2. Уравнения в равноденственных элементах. Уравнения в сферической системе	1	6	7
	Тема 3.3. Линеаризация уравнений движения в различных системах координат. Дискретная модель движения	2	6	8
4.	<b>Раздел №4. Оптимальное управление движением ЛА при доведении на геостационарную орбиту</b>	6	20	26
	Тема 4.1. Постановка задачи выведения ЛА на ГСО с использованием разгонного блока. Сведение к задаче нелинейного программирования	2	6	8
	Тема 4.2. Выведение ЛА на ГСО двигателем малой тяги	2	6	8
	Тема 4.3. Выведение ЛА ГСО при помощи ЭРДУ с учетом теневых участков	2	8	10
5.	<b>Раздел №5. Оптимальное управление движением ЛА на при вводе в орбитальную позицию и удержании в ней</b>	6	20	26
	Тема 5.1. Математическая модель движения при вводе ЛА в орбитальную позицию на ГСО	1	5	6
	Тема 5.2. Комбинированный метод	1	5	6

№ п/п	Наименование раздела дисциплины/темы занятия	Практ. / семинар.	СРС	Всего час.
	оптимизации. Программная и синтезируемая составляющие управления			
	Тема 5.3. Алгоритм поиска синтезируемой составляющей. Понятие о субоптимальном управлении. Алгоритм поиска программной составляющей	2	5	7
	Тема 5.4. Программная реализация алгоритмов управления ЛА	2	5	7
	<b>Экзамен</b>	<b>20</b>	<b>88</b>	<b>108</b>

#### 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. Классификация задач и методов управления движением ЛА	2
2	2	Тема 2.1. Постановка технической задачи ввода ЛА в орбитальную группировку и ее математическая формализация	2
3	3	Тема 3.1. Системы координат для расчета движения ЛА. Уравнения Ньютона. Уравнения в оскулирующих элементах	1
4	3	Тема 3.2. Уравнения в равноденственных элементах. Уравнения в сферической системе	1
5	3	Тема 3.3. Линеаризация уравнений движения в различных системах координат. Дискретная модель движения	2
6	4	Тема 4.1. Постановка задачи выведения ЛА на ГСО с использованием разгонного блока. Сведение к задаче нелинейного программирования	2
7	4	Тема 4.2. Выведение ЛА на ГСО двигателем малой тяги	2
8	4	Тема 4.3. Выведение ЛА ГСО при помощи ЭРДУ с учетом теневых участков	2
9	5	Тема 5.1. Математическая модель движения при вводе ЛА в орбитальную позицию на ГСО	1
10	5	Тема 5.2. Комбинированный метод оптимизации. Программная и синтезируемая составляющие управления	1
11	5	Тема 5.3. Алгоритм поиска синтезируемой составляющей. Понятие о субоптимальном управлении. Алгоритм поиска программной составляющей	2
12	5	Тема 5.4. Программная реализация алгоритмов управления ЛА	2

#### 8. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Аудитория с перечнем материально-технического обеспечения	Местонахождение
Учебная лаборатория «Лаборатория вычислительных систем и методов обработки больших данных»: № 409 Оборудование и мебель: - Персональные рабочие графические станции на базе системного блока AVK-1 + монитор (13 шт.);	г. Москва, ул. Орджоникидзе, д. 3



<ul style="list-style-type: none"> <li>– Интерактивная доска Polyvision TSL 610;</li> <li>– Проектор Epson EB-X02;</li> <li>– Коммутатор Cisco Catalyst 2960 24;</li> <li>– Сетевой фильтр. Имеется выход в Интернет.</li> <li>– Перечень лицензионного программного обеспечения. Реквизиты подтверждающего документа:             <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Windows 7 (Microsoft Subscription) Enrollment for Education Solutions № 86626883 от 01.04.2018 г.);</li> <li>2. Microsoft Office 2007 (Microsoft Subscription) Enrollment for Education Solutions № 86626883 от 01.04.2018 г.);</li> <li>3. Borland Developer Studio 2006 (License Certificate Number: 33080, 33081, 33082);</li> <li>4. MATLAB R2008b (361405 2008 г.);</li> <li>5. Notepad++ (свободное применение).</li> <li>6. Acrobat Reader DC (свободное применение)</li> </ol> </li> </ul>	
---	--

## 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](http://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 «Дополнительные разделы теоретической механики и механики космического полета» (приложение 2).

2. Методические указания для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине «Дополнительные разделы теоретической механики и механики космического полета» (приложение 3).

## 10. Учебно-методическое обеспечение дисциплины

*Основная литература:*

1. Под ред. Бюшгенса Г.С. Динамика полета. М.: Машиностроение, 2011. – 776 с.
2. Статистическая динамика и оптимизация управления летательных аппаратов

Учеб.пособие для ВУЗов / Под общей редакцией М.Н.Красильщикова, В.В. Малышева/ 2-е изд. перераб. и доп. – М.: Альянс, 2013. – 468 с., ил.

3. Федоров А.В. Сборник заданий на курсовую работу по дисциплине «Оптимальное управление ЛА», МАИ, каф. 604, 2012

4. Малышев В.В. Методы оптимизации в задачах системного анализа и управления учеб. пособие для вузов РФ по спец. 160703 "Динамика полета и управление движением ЛА" направл. 160700 "Гидроаэродинамика и динамика полета" и спец.23031 "Моделирование и исследование операций в организационно-технических системах" направл. 230300 "Организационно-технические системы". МАИ-ПРИНТ, 2010. - 440 с.

*Дополнительная литература:*

1. Алексеев К.Б., Бебенин Г.Г., Ярошевский В.А. Маневрирование космических аппаратов. – Москва: Машиностроение, 1970. – 232 с.
2. Федоров А.В. Решение задач математического программирования в среде Delphi. Задачи безусловной минимизации функций. МАИ каф.606, 2014
3. Федоров А.В. Программирование задач моделирования сложных систем в среде Delphi. Библиотека классов Simulate+. МАИ, каф. 604, 2012.
4. Федоров А.В. Библиотека классов Simulate+/Space. Моделирование движения космических аппаратов. МАИ каф.606, 2014.
5. Малышев В.В. Методы оптимизации в задачах системного анализа и управления: Учебное пособие.—М.: Изд-во МАИ-ПРИНТ, 2010. – 440с.:ил.

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

Организация занятий по дисциплине «Дополнительные разделы теоретической механики и механики космического полета» 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 «Дополнительные разделы теоретической механики и механики космического полета» 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

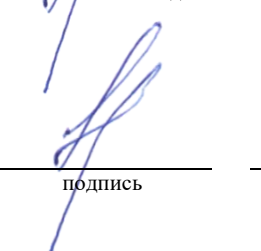
### **Руководитель программы**

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