

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Ястребов Олег Александрович  
Должность: Ректор  
Дата подписания: 02.06.2023 17:06:55  
Уникальный программный ключ:  
ca953a0120d891083f939673078ef1a989dae18a

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

**Инженерная академия**

(наименование основного учебного подразделения (ОУП)-разработчика ОП ВО)

## **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

### **DYNAMICS AND CONTROL OF SPACE SYSTEMS**

(наименование дисциплины/модуля)

**Рекомендована МССН для направления подготовки/специальности:**

### **01.04.02 ПРИКЛАДНАЯ МАТЕМАТИКА И ИНФОРМАТИКА**

(код и наименование направления подготовки/специальности)

**Освоение дисциплины ведется в рамках реализации основной профессиональной образовательной программы высшего образования (ОП ВО):**

### **БАЛЛИСТИЧЕСКОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ КОСМИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ И СИСТЕМ**

(наименование (профиль/специализация) ОП ВО)

**2023 г.**

## 1. ЦЕЛЬ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина «Dynamics and Control of Space Systems» входит в программу магистратуры «Баллистическое проектирование космических комплексов и систем» по направлению 01.04.02 «Прикладная математика и информатика» и изучается в 3 семестре 2 курса. Дисциплину реализует Департамент механики и процессов управления. Дисциплина состоит из 3 разделов и 12 тем и направлена на изучение фундаментальных основ of spacecraft orbital maneuvering, methods for calculating and optimizing it, which characterize the stages of the formation of competencies, and ensure achievement of the planned results of mastering the educational program.

Целью освоения дисциплины является practical skills acquisition in solving design problems of the motion of spacecraft and various orbital structures formation and calculation, solving specific engineering problems connected with orbital launching and maneuvering, applying mathematical modeling methods in solving the set tasks using modern software tools.

## 2. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Освоение дисциплины «Dynamics and Control of Space Systems» направлено на формирование у обучающихся следующих компетенций (части компетенций):

*Таблица 2.1. Перечень компетенций, формируемых у обучающихся при освоении дисциплины (результаты освоения дисциплины)*

Шифр	Компетенция	Индикаторы достижения компетенции (в рамках данной дисциплины)
УК-1	Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, выработать стратегию действий	УК-1.1 Анализирует задачу, выделяя ее базовые составляющие;; УК-1.2 Определяет и ранжирует информацию, требуемую для решения поставленной задачи;; УК-1.3 Осуществляет поиск информации для решения поставленной задачи по различным типам запросов;; УК-1.4 Предлагает варианты решения задачи, анализирует возможные последствия их использования;; УК-1.5 Анализирует пути решения проблем мировоззренческого, нравственного и личностного характер на основе использования основных философских идей и категорий в их историческом развитии и социально-культурном контексте.;
УК-2	Способен управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла	УК-2.1 Формулирует проблему, решение которой напрямую связано с достижением цели проекта;; УК-2.2 Определяет связи между поставленными задачами и ожидаемые результаты их решения;; УК-2.3 В рамках поставленных задач определяет имеющиеся ресурсы и ограничения, действующие правовые нормы;; УК-2.4 Анализирует план-график реализации проекта в целом и выбирает оптимальный способ решения поставленных задач, исходя из действующих правовых норм и имеющихся ресурсов и ограничений;; УК-2.5 Контролирует ход выполнения проекта, корректирует план-график в соответствии с результатами контроля.;
ОПК-2	Способен совершенствовать и реализовывать новые математические методы решения прикладных задач	ОПК-2.1 Использует результаты прикладной математики для освоения, адаптации новых методов решения задач в области профессиональных интересов; ОПК-2.2 Реализует и совершенствует новые методы решения прикладных задач в области профессиональной деятельности; ОПК-2.3 Проводит качественный и количественный анализ полученного решения с целью построения оптимального варианта;

Шифр	Компетенция	Индикаторы достижения компетенции (в рамках данной дисциплины)
ОПК-3	Способен разрабатывать математические модели и проводить их анализ при решении задач в области профессиональной деятельности	ОПК-3.1 Разрабатывает математические модели в области прикладной математики и информатики; ОПК-3.2 Анализирует математические модели для решения прикладных задач профессиональной деятельности; ОПК-3.3 Разрабатывает и анализирует новые математические модели для решения прикладных задач профессиональной деятельности в области прикладной математики и информатики;
ПК-1	Способен формулировать цели, задачи научных исследований в области прикладной математики и информатики, вычислительной техники и современных технологий программирования, выбирать методы и средства решения задач	ПК-1.1 Обладает фундаментальными знаниями, полученными в области математических и (или) естественных наук, программирования и информационных технологий; ПК-1.2 Умеет находить, формулировать и решать стандартные задачи в собственной научно-исследовательской деятельности в области прикладной математики и информатики, вычислительной техники и современных технологий программирования; ПК-1.3 Имеет практический опыт научно-исследовательской деятельности в области прикладной математики и информатики, вычислительной техники и современных технологий программирования;
ПК-3	Способен участвовать в проведении научных исследований и разработке проектных решений в области баллистики, динамики и управления полетами космических аппаратов	ПК-3.1 Знает основные математические методы и современные инструментальные средства в области баллистического проектирования космических комплексов и систем; ПК-3.2 Владеет базовыми знаниями по стандартам, нормам и правилам разработки проектных решений в области баллистики, динамики и управления полетами космических аппаратов; ПК-3.3 Умеет применять математические методы и современные информационные технологии при проведении научных исследований и разработке проектных решений в области баллистики, динамики и управления полетами космических аппаратов;
ПК-5	Способен анализировать, в том числе на английском языке, методики исследования баллистических и динамических характеристик при моделировании траекторий полетов космических аппаратов	ПК-5.1 Знает отработанные и применяющиеся методики, в том числе из англоязычных источников, для исследования баллистических и динамических характеристик при моделировании траекторий полетов космических аппаратов; ПК-5.2 Умеет разрабатывать и модернизировать методики исследования баллистических и динамических характеристик при моделировании траекторий полетов космических аппаратов; ПК-5.3 Владеет методами и подходами к исследованию баллистических и динамических характеристик при моделировании траекторий полетов космических аппаратов;

### 3. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОП ВО

Дисциплина «Dynamics and Control of Space Systems» относится к обязательной части блока 1 «Дисциплины (модули)» образовательной программы высшего образования.

В рамках образовательной программы высшего образования обучающиеся также осваивают другие дисциплины и/или практики, способствующие достижению запланированных результатов освоения дисциплины «Dynamics and Control of Space Systems».

*Таблица 3.1. Перечень компонентов ОП ВО, способствующих достижению запланированных результатов освоения дисциплины*

Шифр	Наименование компетенции	Предшествующие дисциплины/модули, практики*	Последующие дисциплины/модули, практики*
УК-2	Способен управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла	Practical Training in Receiving Remote Sensing Data from Satellites and its Interpretation (online from RUDN Mission Control Center) / НИР; Aerospace Systems; Project "Drone Systems Engineering. Part 1"; <i>Applied Mechanics and Engineering**</i> ; <i>Systems Engineering**</i> ;	Pre-Degree Internship;
УК-1	Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, выработать стратегию действий	Programming; Databases; Advanced Methods of Remote Sensing and Geoinformation Systems; Structures & Materials Modelling; Project "Drone Systems Engineering. Part 1"; <i>Machine Learning and Big Data Mining**</i> ; <i>From Data Acquisition to Data Treatment**</i> ; Practical Training in Receiving Remote Sensing Data from Satellites and its Interpretation (online from RUDN Mission Control Center) / НИР; Cross-Cultural Training;	Technological practice; Pre-Degree Internship;
ОПК-2	Способен совершенствовать и реализовывать новые математические методы решения прикладных задач	Programming; Aerospace Systems; Structures & Materials Modelling;	Pre-Degree Internship; Technological practice;
ОПК-3	Способен разрабатывать математические модели и проводить их анализ при решении задач в области профессиональной деятельности	Programming; Aerospace Systems; Structures & Materials Modelling; Project "Drone Systems Engineering. Part 1";	Pre-Degree Internship; Technological practice;
ПК-1	Способен формулировать цели, задачи научных исследований в области прикладной математики и информатики, вычислительной техники и современных технологий программирования, выбирать методы и средства решения задач	Practical Training in Receiving Remote Sensing Data from Satellites and its Interpretation (online from RUDN Mission Control Center) / НИР; Programming; Databases; Advanced Methods of Remote Sensing and Geoinformation Systems; <i>Machine Learning and Big Data Mining**</i> ; <i>From Data Acquisition to Data Treatment**</i> ; <i>Applied Mechanics and Engineering**</i> ; <i>Systems Engineering**</i> ;	Pre-Degree Internship; Technological practice;

Шифр	Наименование компетенции	Предшествующие дисциплины/модули, практики*	Последующие дисциплины/модули, практики*
		<i>Virtual Reality and Computer Vision**;</i> <i>Modelling and Validation**;</i>	
ПК-3	Способен участвовать в проведении научных исследований и разработке проектных решений в области баллистики, динамики и управления полетами космических аппаратов	Practical Training in Receiving Remote Sensing Data from Satellites and its Interpretation (online from RUDN Mission Control Center) / НИР; Aerospace Systems; Structures & Materials Modelling; Project "Drone Systems Engineering. Part 1"; <i>Applied Mechanics and Engineering**;</i> <i>Systems Engineering**;</i>	Pre-Degree Internship; Technological practice;
ПК-5	Способен анализировать, в том числе на английском языке, методики исследования баллистических и динамических характеристик при моделировании траекторий полетов космических аппаратов	Practical Training in Receiving Remote Sensing Data from Satellites and its Interpretation (online from RUDN Mission Control Center) / НИР; English Language; Aerospace Systems; Structures & Materials Modelling; <i>Applied Mechanics and Engineering**;</i> <i>Systems Engineering**;</i> Russian as a Foreign Language; Advanced Methods of Remote Sensing and Geoinformation Systems;	Pre-Degree Internship; Technological practice;

\* - заполняется в соответствии с матрицей компетенций и СУП ОП ВО

\*\* - элективные дисциплины /практики

#### 4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Общая трудоемкость дисциплины «Dynamics and Control of Space Systems» составляет «10» зачетных единиц.

Таблица 4.1. Виды учебной работы по периодам освоения образовательной программы высшего образования для очной формы обучения.

Вид учебной работы	ВСЕГО, ак.ч.		Семестр(-ы)
			3
Контактная работа, ак.ч.	180		180
Лекции (ЛК)	72		72
Лабораторные работы (ЛР)	36		36
Практические/семинарские занятия (СЗ)	72		72
Самостоятельная работа обучающихся, ак.ч.	144		144
Контроль (экзамен/зачет с оценкой), ак.ч.	36		36
<b>Общая трудоемкость дисциплины</b>	<b>ак.ч.</b>	<b>360</b>	360
	<b>зач.ед.</b>	<b>10</b>	10

Общая трудоемкость дисциплины «Dynamics and Control of Space Systems» составляет «10» зачетных единиц.

Таблица 4.2. Виды учебной работы по периодам освоения образовательной программы высшего образования для очной формы обучения.

Вид учебной работы	ВСЕГО, ак.ч.		Семестр(-ы)
			3
Контактная работа, ак.ч.	36		36
Лекции (ЛК)	18		18
Лабораторные работы (ЛР)	0		0
Практические/семинарские занятия (СЗ)	18		18
Самостоятельная работа обучающихся, ак.ч.	144		144
Контроль (экзамен/зачет с оценкой), ак.ч.	36		36
<b>Общая трудоемкость дисциплины</b>	<b>ак.ч.</b>	<b>216</b>	216
	<b>зач.ед.</b>	<b>6</b>	6

## 5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Таблица 5.1. Содержание дисциплины (модуля) по видам учебной работы

Номер раздела	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела (темы)		Вид учебной работы*
Раздел 1	Methods for optimizing the orbital structures of satellite systems	1.1	General principles for satellite systems design. Methods for constructing systems for global continuous observation of the Earth's regions. Ballistic design of systems for continuous zonal monitoring of the Earth's surface.	ЛК, ЛР, СЗ
		1.2	Determination of the time gap in the monitoring of one frontal group of the entire surface of the Earth. Methods for constructing satellite systems for periodical observation of the Earth's surface. Construction of ballistic structures for monitoring systems of the entire surface of the Earth with small gaps in observation. Construction of systems for periodical monitoring of an area on the Earth's surface. Ballistic design of spacecraft probabilistic systems.	ЛК, ЛР, СЗ
		1.3	Spacecraft communication systems. Satellite radio navigation systems. Features of the construction of meteorological satellite systems. Construction of outer space monitoring systems. Ballistic design of systems using ballistically coupled spacecraft groups.	ЛК, ЛР, СЗ
		1.4	Space tether systems. Orbital functioning of the connected space objects. Rapprochement in space using tether systems. The method of forming optimal modes of tether systems controlled movement in solving practical problems.	ЛК, ЛР, СЗ
Раздел 2	Numerical and analytical methods for optimizing orbital maneuvers	2.1	Equations of spacecraft motion in deviations from motion along the circular reference orbit. Single-impulse maneuvers. Changes in the shape of the orbit as a result of the application of velocity impulse. Estimation of the magnitude of the maneuvers, the choice of the initial deviation along the orbit at the spacecraft start. Necessary optimality conditions. The main types of tasks for spacecraft optimal maneuvering.	ЛК, ЛР, СЗ
		2.2	Optimal maneuvering in the space debris problem. Spacecraft avoidance maneuvers from collision with space debris. Assessment of maneuvers performed by an active space object.	ЛК, ЛР, СЗ
		2.3	Optimal maneuvering in the space service problem. Planning the optimal service for a constellation of spacecraft in non-coplanar orbits. Assessment of maneuvers performed by active spacecraft when transferring to the vicinity of serviced objects.	ЛК, ЛР, СЗ
Раздел 3	Methods for calculating the disturbed motion of spacecraft in the force field of several celestial bodies	3.1	The two-body problem. Kepler's empirical laws. First integrals for the Kepler problem. Phase portrait. Osculating elements. Equations of indignant motion in the occupying elements.	ЛК, ЛР, СЗ
		3.2	The three-body problem. The circular restricted three-body problem. Stability of libration points. The Hill's problem. The Sitnikov problem. The gravitational potential of the Earth. The Euler problem of two fixed attracting centers. Generalized problem of two fixed centers.	ЛК, ЛР, СЗ
		3.3	The N-body problem. The stability of the solar system. Laplace's theorem. KAM theory. Jacques	ЛК, ЛР, СЗ

Номер раздела	Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела (темы)		Вид учебной работы*
			Lascard's research.	
		3.4	The motion of a rigid body in a central gravitational field. Satellite approximation. Limited formulation for the satellite motion problem. Relative equilibria. The problem of Leonov and the stub.	ЛК, ЛР, СЗ
		3.5	Influence of light pressure on the motion of a spacecraft. Solar sail.	ЛК, ЛР, СЗ

\* - заполняется только по **ОЧНОЙ** форме обучения: ЛК – лекции; ЛР – лабораторные работы; СЗ – семинарские занятия.

## 6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Таблица 6.1. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Тип аудитории	Оснащение аудитории	Специализированное учебное/лабораторное оборудование, ПО и материалы для освоения дисциплины (при необходимости)
Лекционная	Аудитория для проведения занятий лекционного типа, оснащенная комплектом специализированной мебели; доской (экраном) и техническими средствами мультимедиа презентаций.	
Компьютерный класс	Компьютерный класс для проведения занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, оснащенная персональными компьютерами (в количестве 15 шт.), доской (экраном) и техническими средствами мультимедиа презентаций.	
Семинарская	Аудитория для проведения занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, оснащенная комплектом специализированной мебели и техническими средствами мультимедиа презентаций.	
Для самостоятельной работы	Аудитория для самостоятельной работы обучающихся (может использоваться для проведения семинарских занятий и консультаций), оснащенная комплектом специализированной мебели и компьютерами с доступом в ЭИОС.	

\* - аудитория для самостоятельной работы обучающихся указывается **ОБЯЗАТЕЛЬНО!**

## 7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Основная литература:



1. Averkiev N.F., Vlasov S.A., Bogachev S.A., Zhatkin A.T., Kulvits A.V. Fundamental principles of ballistic design of launch vehicles and satellite systems: textbook. -- SPb.: VKA named after A.F. Mozhaisky, 2017. -- 300 p.
2. Baranov A.A. Spacecraft manoeuvres in the vicinity of a circular orbit. -- M.: Publishing house «Sputnik +», 2016. -- 512 p.
3. Bordovitsyna T.V., Avdyushev V.A. The motion of artificial earth satellites theory. Analytical and numerical methods: a tutorial. -- Tomsk: Publishing house of Tomsk State University, 2007. -- 178 p.
4. Beletsky V.V. Essays on the motion of celestial bodies. Issue № 4. -- M.: Publishing group URSS, 2017. -- 432 p.

*Дополнительная литература:*

1. Vlasov S.A., Kulvits A.V., Skripnikov A.N. Spacecraft flight theory: textbook. -- SPb.: VKA named after A.F. Mozhaisky, 2018. -- 412 p.
2. Ivanov N.M., Lysenko L.N. Ballistics and navigation of spacecraft: textbook. 3rd Edition. -- M.: Drofa, 2016. -- 528 p.
3. Sazonov V.V., Barbashova T.F. Lectures on space flight mechanics. Special course. -- M.: Publishing house of Moscow State University, 2018. -- 152 p.
4. Mechanical engineering. Encyclopedia. Editorial council: K.V. Frolov and others. -- M.: Mechanical engineering. Rocket and space technology. Vol. IV-22 / A.P. Ajyan, E.L. Akim, O.M. Alifanov and others; executive editor: V.P. Legostaev, editors: E.A. Akim, O.M. Alifanov, V.V. Vakhnichenko, G.N. Zaslavsky, A.A. Dyadkin, V.V. Ivashkin, B.I. Katorgin, Yu.N. Razumny, Yu.P. Ulybyshev, Book 1. 2012. Section 2.5. Satellite systems. P. 180-224.
5. Razumny Yu.N., Shkolnikov D.O. Basic integrals of unperturbed motion and Kepler's equation: a tutorial. -- M.: Publishing house of MSTU im. N.E. Bauman, 2011. -- 38 p.

*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 «Троицкий мост»

2. 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.elsevier.com/locate/0022-3778>

*Учебно-методические материалы для самостоятельной работы обучающихся при освоении дисциплины/модуля\*:*

1. Курс лекций по дисциплине «Dynamics and Control of Space Systems».

\* - все учебно-методические материалы для самостоятельной работы обучающихся размещаются в соответствии с действующим порядком на странице дисциплины **в ТУИС!**

## **8. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СИСТЕМА ОЦЕНИВАНИЯ УРОВНЯ СФОРМИРОВАННОСТИ КОМПЕТЕНЦИЙ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

Оценочные материалы и балльно-рейтинговая система\* оценивания уровня сформированности компетенций (части компетенций) по итогам освоения дисциплины «Dynamics and Control of Space Systems» представлены в Приложении к настоящей Рабочей программе дисциплины.

\* - ОМ и БРС формируются на основании требований соответствующего локального нормативного акта РУДН.

**РАЗРАБОТЧИК:**

Доцент

*Должность, БУП*



*Подпись*

Салтыкова Ольга  
Александровна

*Фамилия И.О.*

**РУКОВОДИТЕЛЬ БУП:**

Директор ДМПУ

*Должность БУП*



*Подпись*

Разумный Юрий  
Николаевич

*Фамилия И.О.*

**РУКОВОДИТЕЛЬ ОП ВО:**

Профессор

*Должность, БУП*



*Подпись*

Разумный Юрий  
Николаевич

*Фамилия И.О.*