

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Ястребов Олег Александрович
Должность: Ректор
Дата подписания: 01.06.2023 11:36:27
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:

27.04.04 УПРАВЛЕНИЕ В ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ

(код и наименование направления подготовки/специальности)

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

DATA SCIENCE И КОСМИЧЕСКАЯ ИНЖЕНЕРИЯ

(наименование (профиль/специализация) ОП ВО)

2023 г.

1. ЦЕЛЬ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина «Dynamics and Control of Space Systems» входит в программу магистратуры «Data Science и космическая инженерия» по направлению 27.04.04 «Управление в технических системах» 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) |
|-------|---|---|
| ОПК-2 | Способен формулировать задачи управления в технических системах и обосновывать методы их решения | ОПК-2.1 Знает основные методы решения задач управления в технических системах;; ОПК-2.2 Умеет обосновывать методы решения задач управления в технических системах;; ОПК-2.3 Владеет методами постановки задач управления в технических системах; |
| ОПК-3 | Способен самостоятельно решать задачи управления в технических системах на базе последних достижений науки и техники | ОПК-3.1 Знает основные подходы к решению задач управления в технических системах;; ОПК-3.2 Умеет применять основные подходы на базе последних достижений науки и техники к решению задач управления в технических системах;; ОПК-3.3 Владеет методами решения задач управления в технических системах, основанных на последних достижениях науки и техники; |
| ОПК-4 | Способен осуществлять оценку эффективности результатов разработки систем управления математическими методами | ОПК-4.1 Знает основные математические методы применяемые для оценки эффективности результатов систем управления;; ОПК-4.2 Умеет применять математические методы для оценки эффективности результатов систем управления;; ОПК-4.3 Владеет методами для проведения оценки эффективности результатов систем управления; |
| ОПК-5 | Способен проводить патентные исследования, определять формы и методы правовой охраны и защиты прав на результаты интеллектуальной деятельности, распоряжаться правами на них для решения задач в развитии науки, техники и технологии | ОПК-5.1 Знает методы и подходы к проведению патентных исследований, формы и методы правовой охраны и защиты прав на результаты интеллектуальной деятельности;; ОПК-5.2 Умеет распоряжаться правами на результаты интеллектуальной деятельности для решения задач в области развития науки, техники и технологии;; ОПК-5.3 Владеет методами и подходами к проведению патентных исследований, знает методы правовой охраны и защиты прав на результаты интеллектуальной деятельности; |
| ОПК-7 | Способен осуществлять обоснованный выбор, разрабатывать и реализовывать | ОПК-7.1 Умеет разрабатывать и реализовывать на практике схмотехнические и системотехнические решения для систем автоматизации и управления;; |

| Шифр | Компетенция | Индикаторы достижения компетенции (в рамках данной дисциплины) |
|-------|--|---|
| | на практике схемотехнические, системотехнические и аппаратно-программные решения для систем автоматизации и управления | ОПК-7.2 Умеет разрабатывать аппаратно-программные решения для систем автоматизации и управления;; ОПК-7.3 Владеет подходами для осуществления обоснованного выбора и реализации на практике схемотехнических, системотехнических и аппаратно-программных решений для систем автоматизации и управления; |
| ОПК-9 | Способен разрабатывать методики и выполнять эксперименты на действующих объектах с обработкой результатов на основе информационных технологий и технических средств | ОПК-9.1 Владеет современными информационными технологиями и техническими средствами для проведения экспериментов на действующих объектах;; ОПК-9.2 Имеет навыки разработки методик и волнения экспериментов на действующих объектах;; ОПК-9.3 Имеет навыки разработки методики и выполнения экспериментов на действующих объектах с обработкой результатов посредством информационных технологий; |
| ПК-2 | Способен применять современные теоретические и экспериментальные методы разработки математических моделей исследуемых объектов и процессов в области управления аэрокосмическими системами | ПК-2.1 Знает современные теоретические и экспериментальные методы, применяемые для разработки математических моделей исследуемых объектов и процессов профессиональной деятельности;; ПК-2.2 Умеет определять эффективность применяемых методов для разработки математических моделей исследуемых объектов и процессов;; ПК-2.3 Владеет современными теоретическими и экспериментальными методами для разработки математических моделей объектов и процессов профессиональной деятельности по направлению подготовки; |
| ПК-4 | Способен участвовать в проведении научных исследований и разработке проектных решений в области баллистики, динамики и управления полетами космических аппаратов | ПК-4.1 Знаком с основными методами и подходами, применяемыми для решения задач в области искусственного интеллекта и робототехнических систем;; ПК-4.2 Владеет методами решения профессиональных задач в области искусственного интеллекта и робототехнических систем;; ПК-4.3 Умеет применять математические методы и современные информационные технологии при проведении научных исследований; |

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* |
|-------|--|--|---|
| ОПК-2 | Способен формулировать задачи управления в технических системах и обосновывать методы их решения | Virtual Reality and Computer Vision; Numerical Methods for Solving Mathematical Modeling Problems; Information Technology in Mathematical Modelling; | Undergraduate practice / Преддипломная практика; |

| Шифр | Наименование компетенции | Предшествующие дисциплины/модули, практики* | Последующие дисциплины/модули, практики* |
|-------|---|--|---|
| | | Programming Technology; | |
| ОПК-3 | Способен самостоятельно решать задачи управления в технических системах на базе последних достижений науки и техники | Virtual Reality and Computer Vision; Advanced Methods of Space Flight Mechanics; Programming Technology; Research work / Научно-исследовательская работа; | Undergraduate practice / Преддипломная практика; |
| ОПК-4 | Способен осуществлять оценку эффективности результатов разработки систем управления математическими методами | History and Methodology of Science; Advanced Methods of Earth Remote Sensing; | Undergraduate practice / Преддипломная практика; |
| ОПК-5 | Способен проводить патентные исследования, определять формы и методы правовой охраны и защиты прав на результаты интеллектуальной деятельности, распоряжаться правами на них для решения задач в развитии науки, техники и технологии | Machine Learning and Big Data Mining; Research work / Научно-исследовательская работа; | Undergraduate practice / Преддипломная практика; |
| ОПК-7 | Способен осуществлять обоснованный выбор, разрабатывать и реализовывать на практике схемотехнические, системотехнические и аппаратно-программные решения для систем автоматизации и управления | Research work / Научно-исследовательская работа; Advanced Methods of Space Flight Mechanics; | Undergraduate practice / Преддипломная практика; |
| ОПК-9 | Способен разрабатывать методики и выполнять эксперименты на действующих объектах с обработкой результатов на основе информационных технологий и технических средств | Virtual Reality and Computer Vision; | Undergraduate practice / Преддипломная практика; |
| ПК-2 | Способен применять современные теоретические и экспериментальные методы разработки математических моделей исследуемых объектов и процессов в области управления аэрокосмическими системами | Research work / Научно-исследовательская работа; History and Methodology of Science; Virtual Reality and Computer Vision; <i>Artificial Neural Networks (Deep Learning)**;</i> <i>Искусственные нейронные сети (Глубокое обучение)**;</i> Information Technology in Mathematical Modelling; Advanced Methods of Space Flight | Undergraduate practice / Преддипломная практика; |

| Шифр | Наименование компетенции | Предшествующие дисциплины/модули, практики* | Последующие дисциплины/модули, практики* |
|-------------|--|--|---|
| | | Mechanics; | |
| ПК-4 | Способен участвовать в проведении научных исследований и разработке проектных решений в области баллистики, динамики и управления полетами космических аппаратов | Research work / Научно-исследовательская работа; History and Methodology of Science; Advanced Methods of Earth Remote Sensing; | Undergraduate practice / Преддипломная практика; |

* - 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 «8» 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 |
| <i>Контактная работа, ак.ч.</i> | 36 | | 36 |
| Лекции (ЛК) | 18 | | 18 |
| Лабораторные работы (ЛР) | 0 | | 0 |
| Практические/семинарские занятия (СЗ) | 18 | | 18 |
| <i>Самостоятельная работа обучающихся, ак.ч.</i> | 216 | | 216 |
| <i>Контроль (экзамен/зачет с оценкой), ак.ч.</i> | 36 | | 36 |
| Общая трудоемкость дисциплины | ак.ч. | 288 | 288 |
| | зач.ед. | 8 | 8 |

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

- 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/scopus/>

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.