

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о подписавшем:
ФИО: Ястребов Олег Александрович
Должность: Ректор
Дата подписания: 29.06.2022 15:20:37
Уникальный программный ключ:
ca953a0120d891083f939673078ef1a989dae18a

**Федеральное государственное автономное образовательное учреждение
высшего образования**

«Российский университет дружбы народов»

Инженерная академия

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

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Проектирование орбитальных тросовых систем

(наименование дисциплины)

Рекомендовано МССН для направления подготовки

01.04.02 Прикладная математика и информатика

(код и наименование направления подготовки)

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

Баллистическое проектирование космических комплексов и систем

(наименование (направленность/профиль) ОП ВО)

2022 г.

1. ЦЕЛЬ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью освоения дисциплины «Проектирование орбитальных тросовых систем» является получение знаний, умений, навыков и опыта деятельности в области проектирования крупногабаритных космических конструкций с гибкими связями, изучение динамики орбитального полета тросовых систем, анализ автономных динамических систем второго порядка на основе математического аппарата качественной теории динамических систем и теории бифуркаций, решение практических задач с применением орбитальных тросовых систем, характеризующих этапы формирования компетенций и обеспечивающих достижение планируемых результатов освоения образовательной программы.

Основными задачами дисциплины являются:

- изучение математических моделей, описывающих движение крупногабаритных космических конструкций с гибкими связями;
- применение орбитальных тросовых систем для решения практических задач;
- обучение студентов корректной постановке и решению задач, связанных с проектированием орбитальных тросовых систем.

2. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Освоение дисциплины «Проектирование межпланетных траекторий космических аппаратов» направлено на формирование у обучающихся следующих компетенций (части компетенций):

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

| Код компетенции | Наименование компетенции | Индикаторы достижения компетенции (в рамках данной дисциплины) |
|-----------------|--|---|
| УК-1 | Способен осуществлять поиск, критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать 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; |
| ОПК-2 | Способен использовать и адаптировать существующие математические методы и системы программирования для разработки и реализации алгоритмов решения прикладных задач | ОПК-2.1 Владеет математическими методами, основами программирования и специализированными системами программирования для реализации алгоритмов решения прикладных задач; ОПК-2.2 Умеет осуществлять выбор и адаптацию математических методов и программного обеспечения к решению практических задач; ОПК-2.3 Владеет навыками разработки и реализации алгоритмов решения прикладных задач в области профессиональной деятельности; |
| ОПК-3 | Способен разрабатывать математические модели и проводить их | ОПК-3.1 Разрабатывает математические модели в области прикладной математики и |

| | | |
|------|---|---|
| | анализ при решении задач в области профессиональной деятельности | 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 собирать, обрабатывать и интерпретировать данные современных научных исследований, необходимые для формирования выводов по соответствующим научным исследованиям, в том числе данные дистанционного зондирования Земли | ПК-1.1 Знает современные методы того, как собирать, обрабатывать и интерпретировать данные современных научных исследований, необходимые для формирования выводов по соответствующим научным исследованиям; ПК-1.2 Умеет применять современные методы и средства для обработки и интерпретации данные научных исследований; ПК-1.3 Владеет основными навыками сбора, обработки и интерпретации данных современных научных исследований, необходимых для формирования выводов по соответствующим научным исследованиям; |
| 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 правилами 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; |

3. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОП ВО:

Дисциплина «Проектирование межпланетных траекторий космических аппаратов» относится к базовой части блока Б1.О.02.02

В рамках ОП ВО обучающиеся также осваивают другие дисциплины и/или практики,

способствующие достижению запланированных результатов освоения дисциплины «Технологии программирования»

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

| Код компетенции | Наименование компетенции | Предшествующие дисциплины/ модули, практики* | Последующие дисциплины/модули, практики* |
|-----------------|---|--|---|
| УК-1 | Способен осуществлять поиск, критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий | Проектирование орбитальных маневров космических аппаратов | - |
| ОПК-2 | Способен использовать и адаптировать существующие математические методы и системы программирования для разработки и реализации алгоритмов решения прикладных задач | Проектирование орбитальных маневров космических аппаратов Основы управления космическим движением | - |
| ОПК-3 | Способен разрабатывать математические модели и проводить их анализ при решении задач в области профессиональной деятельности | Прикладные задачи математического моделирования Численные методы решения задач математического моделирования | - |
| ПК-1 | Способен собирать, обрабатывать и интерпретировать данные современных научных исследований, необходимые для формирования выводов по соответствующим научным исследованиям, в том числе данные дистанционного зондирования Земли | Прикладные задачи математического моделирования Численные методы решения задач математического моделирования | - |
| ПК-3 | Способен участвовать в проведении научных исследований и разработке проектных решений в области баллистики, динамики и управления полетами космических аппаратов | Прикладные задачи математического моделирования Численные методы решения задач математического моделирования Проектирование орбитальных маневров космических аппаратов | Тематическая интерпретация данных дистанционного зондирования Земли |

4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 5 зачетных единиц.

Таблица 4.1. Виды учебной работы по периодам освоения ОП ВО

| Вид учебной работы | Всего часов | Семестр |
|--|-------------|---------|
| | | 1 |
| Лекции (ЛК) | 17 | 17 |
| Лабораторные работы (ЛР) | 17 | 17 |
| Практические/семинарские занятия (СЗ) | 17 | 17 |
| Курсовая работа (КР) | 0 | 0 |
| Самостоятельная работа обучающегося, ак.ч. | 66 | 66 |
| Контроль (экзамен), ак.ч. | 27 | 27 |
| Общая трудоемкость дисциплины | ак.ч. | 144 |
| | зач.ед. | 4 |

5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Таблица 5.1. Содержание дисциплины по видам учебной работы

| Наименование раздела дисциплины | Содержание раздела (темы) | Виды учебной работы |
|---|---|---------------------|
| Семестр 1 | | |
| Раздел 1 Введение. | Тема 1.1. Основные свойства космических тросовых систем и перспективы их применения для повышения эффективности ракетно-космической техники. Тема 1.2. Отличительные свойства космических тросовых систем и общая структура комплексного подхода решения задач динамики. Тема 1.3. Возможные направления повышения эффективности ракетно-космической техники за счет использования тросовых систем. | Л, ЛР, СЗ |
| Раздел 2 Математические модели управляемого движения связанных космических объектов | Тема 2.1. Движение твердой гантели в центральном поле силы тяготения. Тема 2.2. Уравнения движения тросовой системы. Тема 2.3. Математическая модель управляемого компланарного движения связанных объектов в безразмерных переменных. Тема 2.4. Модель некомпланарного движения связанных объектов при комбинированном управлении. Тема 2.5. Модель движения тросовой системы с учетом весомости соединительного троса | |
| Раздел 3 Определение режимов движения тросовых систем | Тема 3.1. Содержание качественного исследования динамической системы управляемого движения связанных объектов. Тема 3.2. Простые и сложные состояния равновесия. Предельные циклы динамической системы. Тема 3.3. Бифуркации и качественные структуры динамической системы. | Л, ЛР, СЗ |
| Раздел 4 Общий подход к решению задач | Тема 4.1. Перспективы применения связки для вывода КА на орбиту и спуска с орбиты на Землю. Тема 4.2. Возможные схемы вывода КА на орбиту. Тема 4.3. Спуск с орбиты и основные характеристики, | Л, ЛР, СЗ |

| | | |
|--|--|-----------------|
| | определяющие траекторию снижения спускаемого аппарата | |
| Раздел 5 Вывод КА на орбиту | <p>Тема 5.1. Характеристики абсолютного движения связанных объектов.</p> <p>Тема 5.2. Основные зависимости для определения параметров орбиты КА и характеристики эффективности применения тросовой системы.</p> <p>Тема 5.3. Вывод КА на орбиту с применением различных режимов движения тросовой системы</p> | Л, ЛР, СЗ |
| Раздел 6 Спуск КА с орбиты | <p>Тема 6.1. Спуск с использованием равновесного стационарного режима движения связки.</p> <p>Тема 6.2. Применение режима колебаний связки для спуска объектов с орбиты на Землю.</p> <p>Тема 6.3. Спуск из режима вращения связки вокруг центра масс.</p> <p>Тема 6.4. Спуск с орбиты с использованием режима прямолинейного развертывания связки.</p> | Л, ЛР, СЗ |
| Раздел 7 Выигрыш в энергетике за счет применения тросовых систем | <p>Тема 7.1. Характеристическая скорость и экономия топлива, определяющие выигрыш в энергетике при выведении КА на орбиту.</p> <p>Тема 7.2. Выигрыш в энергетике за счет применения тросовой системы для спуска объектов с орбиты на Землю.</p> | Л, ЛР, СЗ |
| Раздел 8 Транспортное обслуживание космических объектов | <p>Тема 8.1. Общая характеристика транспортных операций в космосе.</p> <p>Тема 8.2. Транспортное обслуживание КА без расцепления тросовой системы.</p> <p>Тема 8.3. Обслуживание КА, движущихся по круговой орбите. Облет системы КА на круговых орбитах.</p> <p>Тема 8.4. Обслуживание КА, движущихся по эллиптической орбите.</p> <p>Тема 8.5. Транспортное обслуживание с расцеплением тросовой системы. Вывод привязного объекта в расчетную точку встречи с КА.</p> | Л, ЛР, СЗ |

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 | |

| | | |
|--|--|-------------------|
| Семинарская | Аудитория для проведения занятий лекционного типа, оснащенная комплектом специализированной мебели; доской (экраном) и техническими средствами мультимедиа презентаций Аудитория для проведения занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, оснащенная комплектом специализированной мебели и техническими средствами мультимедиа презентаций | |
| Лаборатория | Аудитория для проведения лабораторных работ, индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, оснащенная комплектом специализированной мебели и оборудованием | Anaconda Python 3 |
| Для самостоятельной работы обучающихся | Аудитория для самостоятельной работы обучающихся (может использоваться для проведения семинарских занятий и консультаций), оснащенная комплектом специализированной мебели и компьютерами с доступом в ЭИОС | Anaconda Python 3 |

аудитория для самостоятельной работы обучающихся указывается обязательно

7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

а) основная литература

1. Полет космических аппаратов. Примеры и задачи /Ю.Ф. Авдеев [и др.]. М. : Машиностроение, 1990. 272 с.
2. Динамика космических систем с тросами и шарнирными соединениями / А.П. Алпатов [и др.]. М. : Ижевск : Институт компьютерных исследований, 2007. 560 с.
3. Качественная теория динамических систем второго порядка / А.А. Андронов [и др.]. М. : Наука, 1960. 568 с.
4. Теория бифуркаций динамических систем на плоскости / А.А. Андронов [и др.]. М. : Наука, 1967. 488 с.
5. Белецкий В.В. Очерки о движении космических тел. М. : Наука, 1997. 432 с.
6. Белецкий В.В., Левин Е.М. Динамика космических тросовых систем. М. : Наука, 1990. 336 с.
7. Белецкий В.В., Новикова Е.Т. Об относительном движении связки двух тел на орбите // Космические исследования. 1969. Т. VII, Вып. 3. С. 377–384.
8. Безопасность космических полетов / Г.Т. Береговой [и др.]. М. : Машиностроение, 1977. 264 с.
9. Иванов В.А., Купреев С.А., Либерзон М.Р. Космические тросовые системы. Некоторые аспекты практического использования: монография. М.: СИП РИА, 2005. 100 с.
10. Иванов В.А., Купреев С.А., Либерзон М.Р. Сближение в космосе с использованием тросовых систем: монография. М.: Хоружевский, 2010. 360 с.

11. Иванов В.А., Купреев С.А., Ручинский В.С. Космические тросовые системы: учебное пособие. М.: Альфа-М, 2014. 208 с.

12. Иванов В.А., Купреев С.А., Ручинский В.С. Орбитальное функционирование связанных космических объектов: учебное пособие. М.: ИНФРА-М, 2014. 320 с.

б) дополнительная литература

1. Динамика Солнечной системы. Мюррей К., Дермотт С., М.: Физматлит, 2010 - 588 с.;
2. Прогнозирование межпланетных полетов. Соловьев Ц.В., Тарасов Т.В., М.: Машиностроение, 1973 – 400 с.;
3. Механика космического полета. Часть 2. Межорбитальные перелеты. Учебно-методическое пособие. В.Г. Петухов, 2005 – 32 с.;
4. Расчет движения космического аппарата с малой тягой. Математические методы в динамике космических аппаратов № 5. Лебедев В.И., М.: ВЦ АН СССР, 1968 – 108 с.;
5. Lunar and Interplanetary Trajectories. Biesbroek R., Springer, 2016 – 228 p.;
6. Dynamical Systems, the Three-Body Problem and Space Mission Design. Koon W.S., Lo M.W., Marsden J. E., Ross S.D., Free online Copy: Marsden Books, 2006 – 331 p.

в) научные журналы

7. Космические исследования. М.: МАИК «Наука/Интерпериодика», 1967 - н.в. (<http://www.maik.ru/ru/journal/kosiss/>)
8. Acta Astronautica. London: Elsevier S&T, 1955 – till present. (<http://www.journals.elsevier.com/acta-astronautica/>)
9. Celestial Mechanics and Dynamical Astronomy. Springer, 1969 - till present. (<http://www.springer.com/astronomy/astrophysics+and+astroparticles/journal/10569>)
10. Journal of Guidance, Control, and Dynamics. American Institute of Aeronautics and Astronautics (AIAA), 1978 - till present. (<http://arc.aiaa.org/loi/jgcd>).

г) ресурсы информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»:

1) Электронно-библиотечная система (ЭБС) РУДН и сторонние ЭБС, к которым студенты университета имеют доступ на основании заключенных договоров:

- 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/>
- 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.elsevierscience.ru/products/scopus/>

Учебно-методические материалы для самостоятельной работы обучающихся при

освоении дисциплины/модуля*:

- 1) Курс лекций по дисциплине «Технологии программирования»

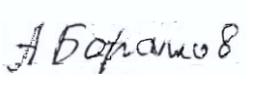
* все учебно-методические материалы для самостоятельной работы обучающихся размещаются в соответствии с действующим порядком на странице дисциплины в ТУИС

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 «Теория автоматического управления» представлены в Приложении к настоящей Рабочей программе дисциплины.

* ОМ и БРС формируются на основании требований соответствующего локального нормативного акта

РАЗРАБОТЧИКИ:

| | | |
|---------------------------------------|--|---------------|
| Профессор ДМПУ |  | Баранов А.А. |
| Должность, БУП | Подпись | Фамилия И.О. |
| РУКОВОДИТЕЛЬ БУП: ДМПУ |  | Разумный Ю.Н. |
| Наименование БУП | Подпись | Фамилия И.О. |
| РУКОВОДИТЕЛЬ ОП ВО: Профессор ДМПУ |  | Разумный Ю.Н. |
| Должность, БУП | Подпись | Фамилия И.О. |