

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Ястребов Олег Александрович
Должность: Ректор
Дата подписания: 25.05.2026 14:45:22
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

БОРТОВАЯ ЭНЕРГИЯ

(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)

2026 г.

1. ЦЕЛЬ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Дисциплина «Бортовая энергия» 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 Кафедра Вуза-Партнёра. Дисциплина состоит из 6 разделов и 20 тем и направлена на изучение фундаментальных основ of aerospace propulsive devices as systems, with functional requirements and engineering and environmental limitations along with requirements and limitations that constrain design choices. Both air-breathing and rocket engines are covered, at a level which enables rational integration of the propulsive system into an overall vehicle design.

Целью освоения дисциплины является формирование фундаментальных знаний и навыков применения методов решения задач, необходимых для профессиональной деятельности, повышение общего уровня грамотности студентов в дисциплине On-board Energy. Студенты научатся list and explain the characteristics and performance of aerospace propulsion systems, model newly-conceived rocket or air breathing propulsion systems and estimate their performance and behavior, carry out preliminary designs of rocket or air breathing propulsion systems to meet specified requirements.

2. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Освоение дисциплины «Бортовая энергия» 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 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.;
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-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.;
ПК-5	Способен анализировать, в том	ПК-5.1 Знает отработанные и применяющиеся методики, в том

Шифр	Компетенция	Индикаторы достижения компетенции (в рамках данной дисциплины)
	числе на английском языке, методики исследования баллистических и динамических характеристик при моделировании траекторий полетов космических аппаратов	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 «Бортовая энергия» 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 «Бортовая энергия».

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 совершенствовать и реализовывать новые математические методы решения прикладных задач	Aerospace Systems; Structures & Materials Modelling;	Pre-Graduation Internship in Industry; Technological Training; Dynamics and Control of Space Systems;
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";	Dynamics and Control of Space Systems; Pre-Graduation Internship in Industry; Technological Training;
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-Graduation Internship in Industry; Technological Training; Dynamics and Control of Space Systems;
ПК-5	Способен анализировать, в том числе на английском языке, методики исследования баллистических и динамических характеристик при	Practical Training in Receiving Remote Sensing Data from Satellites and its Interpretation (online from RUDN Mission Control Center) / НИР; English Language; Aerospace Systems;	Pre-Graduation Internship in Industry; Technological Training; Dynamics and Control of Space Systems;

Шифр	Наименование компетенции	Предшествующие дисциплины/модули, практики*	Последующие дисциплины/модули, практики*
	моделировании траекторий полетов космических аппаратов	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;	

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

** - элективные дисциплины /практики

4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Общая трудоемкость дисциплины «Бортовая энергия» составляет «5» 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>	72		72
Лекции (ЛК)	36		36
Лабораторные работы (ЛР)	0		0
Практические/семинарские занятия (СЗ)	36		36
<i>Самостоятельная работа обучающихся, ак.ч.</i>	72		72
<i>Контроль (экзамен/зачет с оценкой), ак.ч.</i>	36		36
Общая трудоемкость дисциплины	ак.ч.	180	180
	зач.ед.	5	5

5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

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

Номер раздела	Наименование раздела дисциплины	Наименование темы		Содержание темы	Вид учебной работы*
Раздел 1	Modeling of thermal rocket engines	1.1	Nozzle flow	Basic principles of gas flow through rocket nozzles. Expansion and acceleration of exhaust gases. Relationship between pressure, temperature, and velocity along the nozzle. Choked flow conditions at the nozzle throat.	ЛК, СЗ
		1.2	Control of mass flow	Factors affecting mass flow rate in rocket engines: throat area, chamber pressure, gas properties. Methods for regulating mass flow. Impact of mass flow variations on thrust and engine performance.	ЛК, СЗ
		1.3	Modeling of rocket nozzles	Mathematical and computational models for predicting nozzle performance. Key parameters: thrust coefficient, characteristic velocity, specific impulse. Simplifying assumptions in nozzle modeling: one-dimensional flow, steady-state conditions, ideal gas behavior.	ЛК, СЗ
		1.4	Effects of nozzle area ratio	Definition of nozzle area ratio as exit area divided by throat area. Influence of area ratio on exhaust velocity and thrust. Optimum expansion versus over-expansion and under-expansion. Consequences of flow separation in over-expanded nozzles.	ЛК, СЗ
Раздел 2	Types of nozzles	2.1	Connection of flow to nozzle shape	Convergent nozzles for subsonic flow conditions. Convergent-divergent nozzles for supersonic flow. Influence of nozzle contour on flow uniformity and losses. Bell-shaped nozzles versus conical nozzles. Aerospike nozzles and altitude-compensating designs. Trade-offs between efficiency, weight, and manufacturing complexity.	ЛК, СЗ
Раздел 3	Solid propellant gas generators	3.1	Stability	Combustion stability in solid propellant gas generators. Stable versus unstable burning. Causes of combustion instability: pressure oscillations, acoustic coupling, propellant composition variations. Methods for damping instabilities: baffles, inhibitors, resonant rod designs.	ЛК, СЗ
		3.2	Grain designs	Definition of grain as the solid propellant charge. Grain configurations: single perforation, multi-perforation, star-shaped, finocyl, wagon wheel. Influence of grain geometry on burning surface area and thrust profile. Neutral, progressive, and regressive burning characteristics. Grain structural integrity and stress analysis.	ЛК, СЗ
Раздел 4	Models for rocket engines	4.1	Flow of reacting gases	Thermodynamics of chemically reacting gas mixtures. Equilibrium	ЛК, СЗ

Номер раздела	Наименование раздела дисциплины	Наименование темы		Содержание темы	Вид учебной работы*
				and frozen flow assumptions. Influence of chemical reactions on gas properties: temperature, molecular weight, specific heat ratio. Combustion processes in rocket chambers: mixing, ignition, flame propagation.	
		4.2	Nozzle flow of reacting gases	Expansion of reacting gases through the nozzle. Effects of finite-rate chemical reactions during expansion. Shift from equilibrium to frozen composition at high expansion ratios. Impact of reacting flow on delivered specific impulse and exhaust plume characteristics.	ЛК, СЗ
Раздел 5	Aircraft propulsion	5.1	Configuration and components	Overall layout of aircraft gas turbine engines. Major components: inlet, compressor, combustor, turbine, exhaust nozzle. Engine types: turbojet, turbofan, turboprop, turboshaft. Functions and interactions of each component.	ЛК, СЗ
		5.2	Aircraft engine modeling	Thermodynamic cycle analysis of gas turbine engines. Steady-state performance modeling at different flight conditions: altitude, Mach number, throttle setting. Off-design performance prediction. Component maps and matching between compressor and turbine.	ЛК, СЗ
		5.3	Turbojet engine	Principles of turbofan operation with bypass flow. Bypass ratio definition and classification: low bypass, high bypass, ultra-high bypass. Advantages of turbofans over turbojets: lower fuel consumption, reduced noise, higher thrust at subsonic speeds. Separate flow and mixed flow exhaust configurations.	ЛК, СЗ
		5.4	Turbofan engines	Advanced turbofan concepts: geared turbofan, variable cycle engines. Fan and low-pressure compressor design. Thrust contribution from core and bypass streams. Trade-offs between specific thrust and propulsive efficiency.	ЛК, СЗ
		5.5	Inlets or diffusers	Function of inlets: capture and decelerate incoming air. Subsonic inlets: pitot type, external compression. Supersonic inlets: internal compression, mixed compression. Diffuser design for pressure recovery and flow uniformity. Boundary layer control and inlet distortion effects.	ЛК, СЗ
		5.6	Exhaust nozzles	Convergent nozzles for subsonic exhaust jets. Convergent-divergent nozzles for supersonic exhaust. Variable area nozzles for thrust vectoring and reverse thrust. Nozzle pressure ratio and its effect on thrust. Cooling methods for high-temperature nozzle components.	ЛК, СЗ
		5.7	Compressors and fans	Axial flow compressors: blade rows, stage pressure ratio, multi-stage compression. Centrifugal compressors: impeller, diffuser,	ЛК, СЗ

Номер раздела	Наименование раздела дисциплины	Наименование темы		Содержание темы	Вид учебной работы*
				volute. Compressor maps: speed lines, surge line, operating line. Stall and surge phenomena: causes, detection, avoidance methods.	
		5.8	Turbines, stage characteristics, degree of reaction	Axial flow turbine design: nozzle guide vanes, rotor blades, energy extraction. Turbine stage characteristics: velocity triangles, work output, efficiency. Degree of reaction definition: proportion of static pressure drop occurring in the rotor blade row. High-reaction versus low-reaction stages. Cooling technologies for turbine blades.	ЛК, СЗ
		5.9	Engine structures, centrifugal stresses, engine arrangements	Structural components: casings, shafts, bearing supports, mounting arrangements. Centrifugal stresses in rotating components: blades, discs, spacers. Stress analysis and material selection. Engine layouts: single spool, twin spool, triple spool arrangements. Advantages and disadvantages of each configuration.	ЛК, СЗ
Раздел 6	Aircraft engine noise: principles, regulations	6.1	Jet noise	Sources of jet noise: turbulent mixing of exhaust gases with ambient air. Dependence on exhaust velocity and temperature. Noise characteristics: broadband shock-associated noise, turbulent mixing noise. Jet noise reduction techniques: chevrons, lobed mixers, high bypass ratio.	ЛК, СЗ
		6.2	Turbomachinery noise	Fan noise: tone noise at blade passage frequency and harmonics, broadband noise. Compressor and turbine noise sources. Interaction noise between rotor-stator stages. Noise generation mechanisms: wake interaction, tip clearance vortices, boundary layer effects. Noise reduction methods: active noise control, acoustic liners, blade design optimization. International noise regulations. Measurement and certification procedures for aircraft noise.	ЛК, СЗ

* - заполняется только по **ОЧНОЙ** форме обучения: ЛК – лекции; ЛР – лабораторные работы; СЗ – практические/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.	
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. Kerrebrock, J. L. Aircraft Engines and Gas Turbines. 2nd ed. MIT Press, 1992. ISBN: 9780262111621.

2. Sutton, G. P., and O. Biblarz. Rocket Propulsion Elements. 7th ed. Wiley Interscience, 2000. ISBN: 9780471326427

Дополнительная литература:

1. Gas Turbine Theory : By Henry Cohen, G. F. C. Rogers, H. I. H. Saravanamuttoo, Publisher: Addison Wesley Longman

2. Spacecraft Systems Engineering, 3rd ed. : By Peter Fortescue, John Stark and Graham Swinerd, Publisher: John Wiley & Sons

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

<https://mega.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 «Знаниум» <https://znanium.ru/>
- 2. Базы данных и поисковые системы
 - Sage <https://journals.sagepub.com/>
 - Springer Nature Link <https://link.springer.com/>
 - Wiley Journal Database <https://onlinelibrary.wiley.com/>
 - Наукометрическая база данных Lens.org <https://www.lens.org>

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

1. Курс лекций по дисциплине «Бортовая энергия».

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

РАЗРАБОТЧИК:

Доцент

Должность, БУП

Подпись

Салтыкова Ольга
Александровна

Фамилия И.О.

РУКОВОДИТЕЛЬ БУП:

Должность БУП

Подпись

Фамилия И.О.

РУКОВОДИТЕЛЬ ОП ВО:

Профессор

Должность, БУП

Подпись

Разумный Юрий
Николаевич

Фамилия И.О.