

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

МОДЕЛИРОВАНИЕ КОНСТРУКЦИЙ И МАТЕРИАЛОВ

(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 «Моделирование конструкций и материалов» входит в программу магистратуры «Баллистическое проектирование космических комплексов и систем» по направлению 01.04.02 «Прикладная математика и информатика» и изучается во 2 семестре 1 курса. Дисциплину реализует Кафедра Вуза-Партнёра. Дисциплина состоит из 7 разделов и 18 тем и направлена на изучение mathematical foundations of material models, approximation to real behavior, elastic models, elasto-plastic models, modeling of kinetics and microstructure, analysis of material failure, and models of elastic damage.

Целью освоения дисциплины является the formation of fundamental knowledge and skills in applying problem-solving methods necessary for professional activities, and increasing the overall level of students' literacy in Structures & Materials Modelling. After completing the course, students will be able to discuss the terms elastic-perfectly plastic, kinematic hardening, isotropic hardening, Bauschinger effect, and hysteresis loop; identify appropriate failure criteria relevant to simulation for structural materials; specify appropriate material properties and constitutive laws for models that are consistent with the materials and environments being analysed; assess the significance of simplifying material behaviour on the objectives of analyses; and assess the need for verification of material models.

2. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Освоение дисциплины «Моделирование конструкций и материалов» 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, вырабатывать стратегию действий	УК-1.1 Анализирует задачу, выделяя ее базовые составляющие;; УК-1.2 Осуществляет поиск информации для решения поставленной задачи по различным типам запросов, предлагает варианты решения задачи, анализирует возможные последствия их использования;; УК-1.3 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.;
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	ПК-3.1 Знает основные математические методы и современные

Шифр	Компетенция	Индикаторы достижения компетенции (в рамках данной дисциплины)
	проведении научных исследований и разработке проектных решений в области баллистики, динамики и управления полетами космических аппаратов	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 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 «Моделирование конструкций и материалов» 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 «Моделирование конструкций и материалов».

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-1	Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, выработать стратегию действий	Databases; <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; Practical Training and Research in Dynamics and Control of Space Systems (online from RUDN Mission Control Center) / Научно-исследовательская работа; Technological Training; Pre-Graduation Internship in Industry; System Design; Dynamics and Control of Space Systems;

Шифр	Наименование компетенции	Предшествующие дисциплины/модули, практики*	Последующие дисциплины/модули, практики*
ОПК-2	Способен совершенствовать и реализовывать новые математические методы решения прикладных задач		Pre-Graduation Internship in Industry; Technological Training; System Design; On-board Energy; Dynamics and Control of Space Systems;
ОПК-3	Способен разрабатывать математические модели и проводить их анализ при решении задач в области профессиональной деятельности	Programming;	System Design; On-board Energy; Dynamics and Control of Space Systems; Project "Drone Systems Engineering, Part 2"; 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	<i>Applied Mechanics and Engineering**;</i> <i>Systems Engineering**;</i>	Pre-Graduation Internship in Industry; Practical Training in Receiving Remote Sensing Data from Satellites and its Interpretation (online from RUDN Mission Control Center) / НИР; Practical Training and Research in Dynamics and Control of Space Systems (online from RUDN Mission Control Center) / Научно-исследовательская работа; Technological Training; System Design; On-board Energy; Dynamics and Control of Space Systems; Project "Drone Systems Engineering, Part 2";
ПК-5	Способен анализировать, в том числе на английском языке, методики исследования баллистических и динамических характеристик при моделировании траекторий полетов космических аппаратов	<i>English Language;</i> <i>Applied Mechanics and Engineering**;</i> <i>Systems Engineering**;</i> <i>Russian as a Foreign Language;</i>	Pre-Graduation Internship in Industry; Practical Training in Receiving Remote Sensing Data from Satellites and its Interpretation (online from RUDN Mission Control Center) / НИР; Practical Training and Research in Dynamics and Control of Space Systems (online from RUDN Mission Control Center) / Научно-исследовательская работа; Technological Training; System Design; On-board Energy; Dynamics and Control of Space Systems;

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

** - элективные дисциплины /практики

4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Общая трудоемкость дисциплины «Моделирование конструкций и материалов» 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)
			2
<i>Контактная работа, ак.ч.</i>	90		90
Лекции (ЛК)	36		36
Лабораторные работы (ЛР)	18		18
Практические/семинарские занятия (СЗ)	36		36
<i>Самостоятельная работа обучающихся, ак.ч.</i>	54		54
<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	Introduction	1.1	Need for and requirements of material models	Purpose of material models in structural analysis. Requirements: physical basis, mathematical consistency, predictive capability, computational efficiency. Role of material models in design, safety assessment, and life prediction. Calibration and validation against experimental data.	ЛК, ЛР, СЗ
		1.2	Approximation of real behaviour	Idealizations and simplifications in material modelling. Assumptions: homogeneity, isotropy, continuity, small deformations. Limitations of idealized models. Trade-offs between model accuracy and computational complexity. Treatment of heterogeneity and imperfections.	ЛК, ЛР, СЗ
Раздел 2	Elastic models	2.1	Linear and non-linear elasticity	Linear elasticity: Hooke's law, proportionality between stress and strain. Range of applicability and limitations. Non-linear elasticity: hyperelasticity and hypoelasticity. Strain energy functions for hyperelastic materials: Neo-Hookean, Mooney-Rivlin, Ogden models. Applications to rubbers, biological tissues, and large-deformation materials.	ЛК, ЛР, СЗ
		2.2	Anisotropy	Definition of anisotropy: direction-dependent material properties. Types of anisotropy: orthotropy, transversely isotropy, full anisotropy. Representation of anisotropic elastic constants using compliance and stiffness matrices. Material symmetry planes. Examples: composites, wood, crystalline materials, biological tissues. Transformation of properties with coordinate rotation.	ЛК, ЛР, СЗ
Раздел 3	Elastoplastic models	3.1	Yield criteria	Definition of yield as onset of permanent plastic deformation. Isotropic yield criteria for metals: Tresca criterion, von Mises criterion. Pressure-dependent yield criteria for soils and polymers: Drucker-Prager criterion, Mohr-Coulomb criterion. Yield surface representation in principal stress space. Experimental determination of yield parameters.	ЛК, ЛР, СЗ
		3.2	Plastic flow models	Flow rule relating plastic strain increments to stress state. Associated flow rule: plastic flow direction normal to yield surface. Non-associated flow rule for pressure-sensitive materials. Dilatancy and compaction during plastic deformation. Hardening rules: isotropic hardening, kinematic hardening, mixed hardening.	ЛК, ЛР, СЗ

Номер раздела	Наименование раздела дисциплины	Наименование темы		Содержание темы	Вид учебной работы*
				Hardening functions and evolution equations.	
		3.3	Associated plasticity	Definition and mathematical formulation of associated plasticity. Normality condition. Advantages: uniqueness, stability, existence theorems. Energy dissipation in associated plasticity. Limitations: overestimation of dilatancy for frictional materials. Examples of materials following associated flow: metals under certain conditions.	ЛК, ЛР, СЗ
		3.4	Rheology	Definition of rheology as study of flow and deformation of materials. Viscosity and viscoelasticity. Mechanical analog models: Maxwell model for stress relaxation, Kelvin-Voigt model for creep, Standard Linear Solid model. Creep compliance and relaxation modulus. Time-dependent material behaviour. Application to polymers, asphalt, biological tissues.	ЛК, ЛР, СЗ
		3.5	Concrete plasticity model	Specific features of concrete behaviour: pressure sensitivity, brittle-ductile transition, post-peak softening. Concrete yield surfaces: Drucker-Prager cap model, Willam-Warnke model. Compression and tension asymmetry. Modelling of strain softening and localization. Implicit and explicit integration schemes for concrete plasticity.	ЛК, ЛР, СЗ
Раздел 4	Kinetics and microstructure modelling	4.1	Simulation of hydration kinetics	Process of cement hydration and its influence on material properties. Kinetic models for hydration reactions. Degree of hydration and its evolution over time. Heat release during hydration: adiabatic temperature rise. Coupling between hydration kinetics and mechanical property development. Numerical methods for solving kinetic equations.	ЛК, ЛР, СЗ
		4.2	Thermodynamic stability in the pore structure	Pore structure development during material formation. Thermodynamic equilibrium conditions in porous media. Capillary pressure and surface energy. Phase transitions within pores: freezing, evaporation, condensation. Influence of pore size distribution on material behaviour. Hygrothermal coupling effects.	ЛК, ЛР, СЗ
		4.3	Modelling the hardened properties of the microstructure	Relationship between microstructure and macroscopic properties. Homogenization methods: direct homogenization, mean-field methods, full-field methods. Representative volume element concept. Prediction of stiffness, strength, permeability, thermal conductivity from microstructure. Image-based modelling using micro-CT data. Multiscale modelling approaches.	ЛК, ЛР, СЗ

Номер раздела	Наименование раздела дисциплины	Наименование темы		Содержание темы	Вид учебной работы*
Раздел 5	Analysis of material failure	5.1	Loss of stability	Material instability as precursor to failure. Loss of ellipticity and localization of deformation. Bifurcation theory applied to constitutive models. Neutral loading and material softening criteria. Methods for detecting onset of instability in numerical simulations: eigenvalue analysis, acoustic tensor determinant.	ЛК, ЛР, СЗ
		5.2	Diffuse and local failure	Diffuse failure: distributed damage without formation of a single dominant crack. Local failure: strain localization into narrow bands. Factors promoting shear bands versus compaction bands. Regularization techniques for mesh dependency in strain-softening materials. Non-local models, gradient-enhanced models, and viscous regularization.	ЛК, ЛР, СЗ
Раздел 6	Elastic damage models	6.1	Degradation of stiffness due to progressive damage	Mechanisms of stiffness degradation: microcracking, void coalescence, fibre breakage. Relationship between damage variable and elastic modulus. Coupled damage-plasticity models. Evolution of Poisson's ratio during damage. Experimental measurement of stiffness degradation.	ЛК, ЛР, СЗ
		6.2	Scalar damage factor	Definition of scalar damage factor ranging from zero for intact material to one for fully damaged material. Phenomenological versus physically-based damage laws. Effects of loading history on damage accumulation. Comparison of Mazars damage model, Lemaitre damage model, and other formulations. Calibration of damage parameters from experiments.	ЛК, ЛР, СЗ
Раздел 7	Incorporation into analysis	7.1	Incorporation into general stress space	Extension of material models from uniaxial to multiaxial stress states. Three-dimensional formulation of yield criteria, flow rules, and damage laws. Mapping of stress invariants to model behaviour under combined loading. Treatment of complex loading paths and load reversals.	ЛК, ЛР, СЗ
		7.2	Approximations on implementation into analysis software	Numerical implementation of material models in finite element analysis. Stress update algorithms: elastic predictor, plastic corrector. Return mapping algorithms for plasticity. Consistent tangent operator for quadratic convergence. Implementation considerations for implicit and explicit solvers. Material subroutines in commercial software. Verification and validation of implementation.	ЛК, ЛР, 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.	
Компьютерный класс	Компьютерный класс для проведения занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, оснащенная персональными компьютерами (в количестве ____ 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. “An Introduction to the Use of Material Models in FE”, Nawal K Prinja and Anup K Puri, NAFEMS
2. “Materials Science and Engineering An Introduction”, William D. Callister, Jr.
3. “Modelling of Concrete Performance – Hydration and Microstructure”, K. Maekawa
4. “Numerical Modelling of Concrete Cracking”, G. Hofstetter and G. Meschke

Дополнительная литература:

1. “Nonlinear Finite Element Analysis of Solids and Structures”, Crisfield MA, John Wiley & Sons.
2. “Constitutive Modelling of High Performance Concrete”, Fédération Internationale du

Béton (fib) – State of the art report.

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.elsevierscience.ru/products/scopus/>

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

1. Курс лекций по дисциплине «Моделирование конструкций и материалов».

* - 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.