

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»
Обнинский институт атомной энергетики –
филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»
(ИАТЭ НИЯУ МИФИ)

ОТДЕЛЕНИЕ ЯДЕРНОЙ ФИЗИКИ И ТЕХНОЛОГИЙ

Одобрено
Ученым советом ИАТЭ НИЯУ МИФИ
Протокол от 25.08.2025 № 25.8

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

ЯДЕРНАЯ ИНФРАСТРУКТУРА / NUCLEAR INFRASTRUCTURE

название дисциплины

для студентов направления подготовки

14.04.02 Ядерные физика и технологии

профиль

Radioecology and Radiation Protection

Форма обучения: очная

г. Обнинск 2025 г.

1. ЦЕЛЬ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

- to acquire knowledge, skills, and competencies in assessing the development potential and competitiveness of nuclear energy, as well as understanding the role of nuclear infrastructure (hereinafter – NI) in the safe and efficient implementation of a national nuclear power programme.

2. ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

- Trends in global electricity development and criteria for assessing the competitiveness of different energy sources, including the positioning of nuclear energy;
- The UN Sustainable Development Goals (SDGs);
- The EU Taxonomy approach for promoting sustainable investment and the role of nuclear energy within it;
- Requirements of key nuclear conventions and IAEA safety standards;
- The IAEA INPRO methodology for assessing nuclear energy sustainability;
- The methodology for comparative analysis of energy sources, including Levelized Cost of Electricity (LCOE);
- IAEA approaches and recommendations for establishing and developing elements of nuclear infrastructure at different phases of a national nuclear power programme.

3. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ (далее – ОП) МАГИСТРАТУРЫ

Дисциплина реализуется в рамках факультатива.

Для освоения дисциплины необходимы компетенции, сформированные в рамках изучения следующих дисциплин: «Теория переноса нейтронов / Neutron transport theory», «Физика ядерных реакторов / Physics of nuclear reactors».

Дисциплины и/или практики, для которых освоение данной дисциплины необходимо как предшествующее: «Избранные главы научно-исследовательской деятельности / Selected chapters of research work», «Транспортировка ядерных материалов / Transportation of nuclear materials», «Безопасность ядерной энергетики / Safety of nuclear power engineering», выполнение научно-исследовательской работы, преддипломной практики и выпускной квалификационной работы

Дисциплина изучается на 1 курсе во 2 семестре.

4. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫХ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

В результате освоения ООП магистратуры обучающийся должен овладеть следующими результатами обучения по дисциплине:

Коды компетенций	Наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
ОПК-2	Способен применять современные методы исследования, оценивать и представлять результаты выполненной работы	З-ОПК-2 Знать современные методы исследования, оценивать и представлять результаты выполненной работы; У-ОПК-2 Уметь применять современные методы исследования, оценивать и представлять результаты выполненной работы; В-ОПК-2 Владеть навыками применения

		современных методов исследования, оценивать и представлять результаты выполненной работы;
ПК-3	Способен оценивать перспективы развития атомной отрасли, использовать ее современные достижения и передовые технологии в научно-исследовательской деятельности	З-ПК-3 Знать достижения научно-технического прогресса; У-ПК-3 Уметь применять полученные знания к решению практических задач; В-ПК-3 Владеть методами моделирования физических процессов;
ПК-11	Способен к анализу технических и расчетно-теоретических разработок, к учету их соответствия требованиям законов в области промышленности, экологии, технической, радиационной и ядерной безопасности и другим нормативным актам	З-ПК-11 Знать законодательные и нормативные акты, регулирующие деятельность в области промышленности, экологии, технической, радиационной и ядерной безопасности; У-ПК-11 Уметь проводить анализ технических и расчетно-теоретических разработок с учетом их соответствия требованиям законов в области промышленности, экологии, технической, радиационной и ядерной безопасности и другим нормативным актам; В-ПК-11 Владеть методами анализа технических и расчетно-теоретических разработок, и учета их соответствия требованиям законов в области промышленности, экологии, технической, радиационной и ядерной безопасности и другим нормативным актам.

5. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ В ЗАЧЕТНЫХ ЕДИНИЦАХ С УКАЗАНИЕМ КОЛИЧЕСТВА АКАДЕМИЧЕСКИХ ЧАСОВ, ВЫДЕЛЕННЫХ НА КОНТАКТНУЮ РАБОТУ ОБУЧАЮЩИХСЯ С ПРЕПОДАВАТЕЛЕМ (ПО ВИДАМ ЗАНЯТИЙ) И НА САМОСТОЯТЕЛЬНУЮ РАБОТУ ОБУЧАЮЩИХСЯ

Вид работы	Количество часов на вид работы:
Контактная работа обучающихся с преподавателем	
Аудиторные занятия (всего)	
В том числе:	16
лекции	-
практические занятия (из них в форме практической подготовки)	16 (0)
лабораторные занятия (из них в форме практической подготовки)	- (0)
Промежуточная аттестация	
В том числе:	
зачет с оценкой	-
Самостоятельная работа обучающихся	4
Всего (часы):	36

Всего (зачетные единицы):	1
---------------------------	---

6. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ, СТРУКТУРИРОВАННОЕ ПО ТЕМАМ (РАЗДЕЛАМ) С УКАЗАНИЕМ ОТВЕДЕННОГО НА НИХ КОЛИЧЕСТВА АКАДЕМИЧЕСКИХ ЧАСОВ И ВИДОВ УЧЕБНЫХ ЗАНЯТИЙ

6.1. Разделы дисциплины и трудоемкость по видам учебных занятий (в академических часах)

Неделя	№ п/п	Наименование раздела /темы дисциплины	Виды учебной работы				
			Лек	Пр	Лаб	Внеауд	СРО
1-2	1	Energy transition and the role of nuclear energy in the context of sustainable development goals	2	2	-	-	-
1	1.1	Global Trends in Electricity, Climate Change and Sustainable Development Goals (SDGs)	1	-	-	-	-
1	1.2	Nuclear power trends and its potential in achieving SDGs	1	-	-	-	-
2	1.3	Workshop on a Country profile elaboration (group activity and presentation)	-	2	-	-	-
3	2	Economics of Nuclear Energy	2	-	-	-	-
3	2.1	Cost Structure	1	-	-	-	-
3	2.2	Economic competitiveness of nuclear energy	1	-	-	-	-
4-6	3	Introduction to Nuclear Infrastructure	2	4	-	-	1
4	3.1	IAEA's milestone approach to nuclear infrastructure development. HR development	1	-	-	-	-
4	3.2	IAEA's Services and Support to assist embarking countries in nuclear infrastructure enhancement	1	-	-	-	-
5-6	3.3	Workshop on the Milestone approach and IAEA services. Convention on nuclear safety: students debate	-	4	-	-	1
7-10	4	National nuclear energy programme	4	4	-	-	1
7	4.1	National position, electrical grid, site and supporting facilities, environmental protection (part 1)	1	-	-	-	-
7	4.2	Nuclear safety, radiation protection	1	-	-	-	-
8	4.3	Integrated Management System. Safety culture. Knowledge management.	1	-	-	-	-
8	4.4	Funding and financing. Industrial involvement. Procurement	1	-	-	-	-
9-10	4.5	Workshop. Nuclear infrastructure during NPP life cycle and economic considerations	-	4	-	-	1
11	5	Legal and regulatory framework	2	-	-	-	-
11	5.1	Legal framework, safeguards, nuclear liability, environmental protection (part 2)	1	-	-	-	-
11	5.2	Regulatory framework. International cooperation and harmonization	1	-	-	-	-
12-16	6	On-site and off-site infrastructural arrangements	4	6	-	-	2
12	6.1	Nuclear fuel cycle, radioactive waste management	1	-	-	-	-
12	6.2	Nuclear security	1	-	-	-	-
13	6.3	Emergency preparedness and response	1	-	-	-	-

13	6.4	Stakeholders engagement	1	-	-	-	-
14-16	6.5	Workshop on country profiles on nuclear infrastructure and in-depth analysis of the balance of interests	-	6	-	-	2
		Итого за 2 семестр:	16	16	-	-	28
		Всего:	16	16	-	-	28

Прим.: Лек – лекции, Пр – практические занятия / семинары, Лаб – лабораторные занятия, Внеауд – внеаудиторная контактная работа, СРО – самостоятельная работа обучающихся.

6.2. Содержание дисциплины, структурированное по разделам (темам)

Лекционный курс

Неделя	№	Наименование раздела / темы дисциплины	Содержание
1-2	1	Energy transition and the role of nuclear energy in the context of sustainable development goals	
1	1.1	Global Trends in Electricity, Climate Change and Sustainable Development Goals (SDGs)	The lecture explores the intersection of energy transition, climate change, and SDG 7 (Affordable and Clean Energy). It examines the feasibility of achieving net-zero emissions by 2050, the role of nuclear energy, and the economic and technological challenges of the energy transition. The lecture also highlights the impact of carbon emissions, the need for diversified energy sources, and the importance of sustainable energy policies. Lecture Structure: 1. Energy Transition is a Global Necessity 2. Nuclear Energy as a Key Player 3. Energy Consumption Trends Vary by Region 4. Economic Constraints and Investments are Key 5. The Marginal Abatement Cost Curve (MACC) 6. Case Study - Turkey (Akkuyu NPP)
1	1.2	Nuclear power trends and its potential in achieving SDGs	This lecture explores the evolving role of nuclear energy within the global energy transition, focusing on its competitiveness, infrastructure development, and contributions to sustainability. It provides a comprehensive analysis of nuclear power's potential in mitigating climate change, its historical and future trends, as well as policy and economic considerations that influence its development. Lecture Structure: 1. Introduction to Nuclear Energy & Sustainability 2. Global Trends in Nuclear Energy 3. Technological Advancements in Nuclear Power 4. Challenges & Opportunities 5. Nuclear Energy in Climate Strategies
2	1.3	Workshop on a Country profile elaboration (group activity and presentation)	-
3	2	Economics of Nuclear Energy	
3	2.1	Cost Structure	This lecture explores the economic aspects of nuclear power, focusing on the cost structure and competitiveness of nuclear power plants (NPPs). Key topics include the components of

			nuclear electricity costs, methods to estimate future plant costs, and the formula for assessing project competitiveness. The lecture covers critical financial metrics such as LCOE (Levelized Cost of Electricity). It highlights the impact of CAPEX, OPEX, and financing costs on NPP projects and discusses how macroeconomic, financial, and technological factors influence nuclear power's viability. Additionally, the session emphasizes the importance of risk management, requirement control, and stakeholder coordination in ensuring the success and sustainability of nuclear power investments. Lecture Structure: 1. Components of Nuclear Power Plant (NPP) Costs 2. Estimating the Cost of a Future Nuclear Power Plant 3. Competitiveness of Nuclear Power Projects 4. Risk Management and Budget Control in NPP Projects 5. Long-term Economic Impact of Nuclear Power
3	2.2	Economic competitiveness of nuclear energy	The lecture explores the economic competitiveness of nuclear energy compared to other electricity generation technologies such as coal, gas, hydro, and renewables. It focuses on key criteria for assessing competitiveness, including costs, supply stability, environmental impact, and integration into the energy system. A central theme is the use of multi-criteria analysis to evaluate nuclear energy, emphasizing the importance of considering the full lifecycle costs, environmental factors, and the challenges of integrating different energy sources into the grid. It concludes that there is no one-size-fits-all solution in energy generation. Strategic energy planning should balance economic, environmental, and technical factors to meet a country's energy needs sustainably. Lecture Structure: 1. Competitiveness of Nuclear Energy: 2. Key Assessment Criteria: 3. Importance of Multi-Criteria Analysis: 4. Nuclear's Long-Term Advantage: 5. No Universal Solution
4-6	3	Introduction to Nuclear Infrastructure	
4	3.1	IAEA's milestone approach to nuclear infrastructure development. HR development	The lecture introduces the IAEA's Milestone Approach as a structured framework to guide countries through the process of developing a safe, secure, and sustainable nuclear power program. Lecture Structure: 1. Purpose of Nuclear Infrastructure 2. IAEA's Milestone Approach 3. Key Components of Nuclear Infrastructure 4. Roles and Responsibilities 5. Safety and International Cooperation 6. Competency Development and Training 7. Practical Tools and Resources
4	3.2	IAEA's Services and Support to assist	This lecture focuses on the IAEA's services and support mechanisms that assist countries in developing and enhancing

		embarking countries in nuclear infrastructure enhancement	their nuclear infrastructure. Lecture Structure: 1. Purpose and Scope of IAEA Services 2. IAEA Services for Member States 3. Analytical Tools and Knowledge Resources 4. IAEA Peer Review Missions 5. International Legal Framework and Cooperation 6. Capacity Building and Human Resource Development 7. Career Opportunities at IAEA
5-6	3.3	Workshop on the Milestone approach and IAEA services. Convention on nuclear safety: students debate	-
7-10	4	National nuclear energy programme	
7	4.1	National position, electrical grid, site and supporting facilities, environmental protection (part 1)	This lecture explores the role of national policies and strategies in the development of nuclear energy programs. It focuses on the National Position, which defines a country's commitment to nuclear power, aligning it with economic, political, and social goals. A key part of the discussion is the role of NEPIO (Nuclear Energy Programme Implementing Organization) in coordinating stakeholders, ensuring compliance with IAEA standards, and overseeing nuclear project execution. The Integrated Nuclear Infrastructure Review (INIR) is also introduced as an essential assessment tool that evaluates a country's nuclear readiness and provides expert recommendations. Lecture Structure: 1) National position goals and objectives (while recognizing the commitments and obligations associated with the introduction of nuclear power) 2) Nuclear Energy Programme Implementing Organization – NEPIO (functions and resources requirements by Milestone Phases) 3) Comprehensive report and national strategies Integrated Nuclear Infrastructure Review methodology and recommendation on National position enhancement
7	4.2	Nuclear safety, radiation protection	This lecture introduces the principles of nuclear safety and radiation protection as core elements of national nuclear infrastructure. It explores the Fundamental Safety Objective and the Ten Safety Principles established by the IAEA, emphasizing a graded approach to safety across all phases of a nuclear power programme. It also covers the development of national safety policy and regulatory frameworks, participation in the Global Nuclear Safety Regime (GNSR), and integration of radiation protection systems. Real-world examples and INIR insights demonstrate how safety infrastructure evolves before and after decisions to launch nuclear programs. Lecture Structure: 1) Fundamental Safety Principles and Objective 2) National policy, regulatory roles, and safety

			responsibilities 3) Radiation protection goals, limits, and monitoring systems 4) Global Nuclear Safety Regime: conventions, reviews, cooperation INIR methodology: assessment of safety readiness across Milestones 1–3
8	4.3	Integrated Management System. Safety culture. Knowledge management.	This lecture focuses on the role of Integrated Management Systems (IMS) in ensuring nuclear safety, project efficiency, and organizational accountability across all phases of a nuclear power programme. It introduces the principles of safety culture, leadership for safety, and the integration of safety, environmental, security, and quality elements into a unified management approach. Students explore how NEPIO, regulators, and operators should structure their organizations and workflows, and how knowledge management systems help retain institutional expertise. A real-world case study—the Paks I NPP incident—illustrates the risks of poor management and the importance of continuous improvement. The lecture also links the IMS development process to INIR recommendations and milestone assessments. Lecture Structure: 1) IMS purpose and phases of development (Milestones 1–3) 2) Safety culture: definition, attributes, and assessment tools 3) Organizational structures of NEPIO, operators, and regulators 4) Project, contract, configuration, and requirements management 5) Knowledge management systems and international standards INIR findings and good practices related to IMS readiness
8	4.4	Funding and financing. Industrial involvement. Procurement	This lecture examines the financial, industrial, and procurement foundations required to support a national nuclear power programme. It explores the distinction between funding (for safety, infrastructure, regulatory functions, RW/SNF treatment as well as decommissioning and nuclear liability) and financing (capital for NPP construction), with a focus on international models like Mankala, Exeltium, and Contract-for-Difference (CfD). It also outlines national strategies for industrial involvement, including localization and technology transfer, and explains how effective procurement systems ensure safety, quality, and transparency. Practical tools for risk mitigation, supply chain control, and counterfeit prevention are reviewed, along with IAEA guidance and INIR recommendations for each milestone phase. Lecture Structure: 1) Funding vs financing: goals, sources, and interrelation 2) International financing models and risk-sharing

			approaches 3) Radioactive waste, SNF, decommissioning, and liability funding 4) Industrial involvement: localization, technology transfer, capacity building 5) Procurement systems: planning, quality assurance, counterfeit management INIR guidance for FF, industry involvement, and procurement across Milestones 1–3
9-10	4.5	Workshop. Nuclear infrastructure during NPP life cycle and economic considerations	-
11	5	Legal and regulatory framework	
11	5.1	Legal framework, safeguards, nuclear liability, environmental protection (part 2)	This lecture provides an overview of the legal foundations of nuclear law at the national, regional, and international levels. It focuses on the institutions, treaties, and conventions that form the backbone of the international nuclear legal framework, such as IAEA instruments and non-proliferation regime. This lecture examines the foundations and evolution of the nuclear non-proliferation regime, focusing on the Treaty on the Non-Proliferation of Nuclear Weapons (NPT), the IAEA safeguards system, and the State System of Accounting and Control of Nuclear Materials (SSAC). This lecture explores the legal frameworks for nuclear liability and compensation, focusing on how national and international regimes ensure protection for the public and legal certainty for operators and suppliers in case of a nuclear incident. This lecture explores the intersection of environmental law and nuclear energy, focusing on the international legal frameworks that govern environmental protection in the context of nuclear activities. Key topics include the roles and responsibilities of national regulators, international organizations (e.g., IAEA, OECD NEA), and the evolution of hard law and soft law in the nuclear sector. The lecture also explores the development of nuclear law in response to global events, including non-proliferation, liability, radiological protection, and nuclear terrorism.
11	5.2	Regulatory framework. International cooperation and harmonization	This lecture provides a comprehensive overview of the regulatory framework and licensing processes essential to the safe development and operation of nuclear installations. It explores the principles, powers, and responsibilities of nuclear regulatory bodies, with emphasis on independence, transparency, and technical competence. Students will also learn about the structure and phases of nuclear licensing, covering site approval, construction, operation, and lifetime extension. International perspectives, including IAEA standards, Convention on Nuclear Safety, and lessons from historical nuclear events, highlight the importance of an efficient, legally sound regulatory and licensing system.

			Lecture Structure: 1) Characteristics and principles of effective nuclear regulators 2) Regulatory functions: regulation setting, oversight, enforcement 3) National vs. international aspects of nuclear licensing 4) Licensing phases: siting, design, construction, operation, decommissioning 5) Public participation and legal frameworks for transparency Risk mitigation, regulatory reform, and small modular reactor (SMR) licensing
12-16	6	On-site and off-site infrastructural arrangements	
12	6.1	Nuclear fuel cycle, radioactive waste management	This lecture explores the development of national nuclear infrastructure for the safe, secure, and sustainable management of spent nuclear fuel (SNF) and radioactive waste (RWM). It presents international standards, safety principles, and strategic planning practices needed to ensure compliance with the Joint Convention, IAEA requirements, and national responsibilities. Key topics include policy and strategy formulation, institutional and regulatory frameworks, funding mechanisms, and technical solutions such as waste classification, treatment, conditioning, and final disposal. The lecture also introduces options for closed and open nuclear fuel cycles, multinational cooperation models, and sustainability criteria for modern SNF management systems. Lecture Structure: 1) National policies, strategies, and plans for SNF and RWM 2) Legal, institutional, and safety infrastructure 3) IAEA safety standards, safeguards, and conventions (e.g., Joint Convention) 4) Waste classification, treatment, and disposal approaches 5) Open vs. closed fuel cycle strategies 6) Funding and financing models, including international best practices Case studies and IAEA services (e.g., ARTEMIS, SRIS, INPRO tools)
12	6.2	Nuclear security	This lecture introduces the core principles of nuclear security and the legal frameworks supporting the physical protection of nuclear material and facilities. It explains the essential components of a State's nuclear security regime, including prevention, detection, and response to malicious acts, and the roles of international instruments, such as the CPPNM and its 2005 Amendment. Students gain insight into the Fundamental Principles of nuclear security, the concept of graded and defense-in-depth approaches, and the lifecycle of physical protection systems (PPS). The lecture also highlights international cooperation mechanisms, the role of the IAEA, and the evolution of global legal standards addressing nuclear terrorism and

			facility sabotage. Lecture Structure: 1) Definition and components of a national nuclear security regime 2) International legal framework: CPPNM, Amendment 2005 3) Fundamental Principles of nuclear security (IAEA NSS No. 20) 4) Design and evaluation of physical protection systems (PPS) 5) Roles of IPPAS, and NUSEC portal State responsibilities, legal obligations, and case studies on implementation
13	6.3	Emergency preparedness and response	This integrated lecture provides a comprehensive overview of Emergency Preparedness and Response (EPR) systems in nuclear energy, aligned with IAEA safety standards. It covers the development of EPR infrastructure, emergency classification, dose assessment methods, public communication strategies, and fire protection systems in NPPs. Students will examine the organizational and technical components of EPR, including stakeholder coordination, training, drills, and quality management. Emphasis is placed on radiological dose assessment models, use of operational triggers (OILs, EALs), and protective action criteria. The lecture also explores the psychological and social dimensions of emergencies, such as public trust, risk communication, and mitigation of misinformation. Finally, the session addresses fire protection principles in nuclear facilities, including defense-in-depth strategies, fire hazard analysis, and emergency response capabilities. Lecture Structure: 1) IAEA safety standards for EPR (GSR Part 7, GSG-11, GSG-2, GSG-14) 2) National infrastructure for EPR: roles, planning, and coordination 3) Emergency classification, planning zones, and protection strategy 4) Dose assessment models and protective criteria 5) Public communication: messaging, risk perception, and rumor control 6) Fire protection in NPPs: strategy, systems, and defense-in-depth Case studies and tools: EPREV, OSART, WANO, communication cycles
13	6.4	Stakeholders engagement	This lecture explores the strategic importance of Stakeholder Engagement (SE) in the development of nuclear power programmes. It highlights the need to go beyond gaining public acceptance to fostering public demand, trust, and long-term confidence through inclusive, transparent, and accountable communication practices. Key themes include IAEA's SE principles, stakeholder mapping, myth-busting communication strategies, and the

			role of media, educational projects, and local initiatives in shaping public perception. The session also introduces SE as a cross-cutting infrastructure issue, vital across all three Milestone phases of nuclear programme development. Lecture Structure: 1) IAEA SE fundamentals: trust, transparency, early and frequent consultation 2) Stakeholder mapping and evolving roles (media, NGOs, communities, decision-makers) 3) From public acceptance to demand: building narratives that respond to local concerns 4) Myth-busting and perception management: tools, messages, and influencers SE infrastructure: communication plans, info centres, surveys, SE schools and advisory support
14-16	6.5	Workshop on country profiles on nuclear infrastructure and in-depth analysis of the balance of interests	-

Практические/семинарские занятия

Неделя	№	Наименование раздела / темы дисциплины	Содержание
1-2	1	Energy transition and the role of nuclear energy in the context of sustainable development goals	
1	1.1	Global Trends in Electricity, Climate Change and Sustainable Development Goals (SDGs)	-
1	1.2	Nuclear power trends and its potential in achieving SDGs	-
2	1.3	Workshop on a Country profile elaboration (group activity and presentation)	Student presentations – country profiles: energy-mix and energy policy based on IEA and IAEA databases
3	2	Economics of Nuclear Energy	
3	2.1	Cost Structure	-
3	2.2	Economic competitiveness of nuclear energy	-
4-6	3	Introduction to Nuclear Infrastructure	
4	3.1	IAEA's milestone approach to nuclear infrastructure development. HR development	-
4	3.2	IAEA's Services and Support to assist embarking countries in nuclear infrastructure enhancement	-
5-6	3.3	Workshop on the Milestone approach and IAEA services.	Students' reports on Convention on nuclear safety, moderated debate on its pros and cons.

		Convention on nuclear safety: students debate	
7-10	4	National nuclear energy programme	
7	4.1	National position, electrical grid, site and supporting facilities, environmental protection (part 1)	-
7	4.2	Nuclear safety, radiation protection	-
8	4.3	Integrated Management System. Safety culture. Knowledge management.	-
8	4.4	Funding and financing. Industrial involvement. Procurement	-
9-10	4.5	Workshop. Nuclear infrastructure during NPP life cycle and economic considerations	Students' reports on INIR missions' findings, moderated discussions on the IAEA recommendations, revealed best practices and lessons learnt.
11	5	Legal and regulatory framework	
11	5.1	Legal framework, safeguards, nuclear liability, environmental protection (part 2)	-
11	5.2	Regulatory framework. International cooperation and harmonization	-
12-16	6	On-site and off-site infrastructural arrangements	
12	6.1	Nuclear fuel cycle, radioactive waste management	-
12	6.2	Nuclear security	-
13	6.3	Emergency preparedness and response	-
13	6.4	Stakeholders engagement	-
14-16	6.5	Workshop on country profiles on nuclear infrastructure and in-depth analysis of the balance of interests	Students' reports on INIR missions' findings, moderated discussions on the IAEA recommendations, revealed best practices and lessons learnt as well as impact on resources requirements for nuclear infrastructure and competitiveness of the nuclear energy.

Лабораторные занятия
Не предусмотрены.

7. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Для всех видов самостоятельной работы (проработки теоретического материала, подготовки к практическим занятиям и лабораторным работам, выполнения курсовой работы, подготовки к контрольным испытаниям текущего контроля успеваемости, подготовки к экзамену)

обучающимся рекомендуется использовать:

- конспекты лекций;
- основную и дополнительную учебную литературу (см. раздел 9);
- ресурсы информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», в том числе периодические издания Научной электронной библиотеки e-LIBRARY.ru (<http://elibrary.ru>.)
- Методические рекомендации по написанию рефератов, утвержденные кафедрой расчета и конструирования реакторов, протокол № 2 от 06.09.2013 г.

8. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

8.1. Связь между формируемыми компетенциями и формами контроля их освоения

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Индикатор достижения компетенции	Наименование оценочного средства текущей и промежуточной аттестации
Текущая аттестация, 2 семестр			
1.	Разделы 1-3	3-ОПК-2, У-ОПК-2, В-ОПК-2, 3-ПК-3, У-ПК-3, В-ПК-3, 3-ПК-11, У-ПК-11, В-ПК-11	Реферат
2.	Разделы 4-6	3-ОПК-2, У-ОПК-2, В-ОПК-2, 3-ПК-3, У-ПК-3, В-ПК-3, 3-ПК-11, У-ПК-11, В-ПК-11	Реферат
Промежуточная аттестация, 2 семестр			
	Зачет с оценкой	3-ОПК-2, У-ОПК-2, В-ОПК-2, 3-ПК-3, У-ПК-3, В-ПК-3, 3-ПК-11, У-ПК-11, В-ПК-11	Зачетный билет

8.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков, характеризующих этапы формирования компетенций

Фонд оценочных средств по дисциплине обеспечивает проверку освоения планируемых результатов обучения (компетенций и их индикаторов) посредством мероприятий текущей и промежуточной аттестации по дисциплине.

Оценочные средства приведены в Приложении «Фонд оценочных средств».

8.3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций

Итоговая аттестация по дисциплине является интегральным показателем качества теоретических и практических знаний и навыков обучающихся по дисциплине и складывается из оценок, полученных в ходе текущей и промежуточной аттестации.

Текущая аттестация в семестре проводится с целью обеспечения своевременной обратной связи, для коррекции обучения, активизации самостоятельной работы обучающихся.

Промежуточная аттестация предназначена для объективного подтверждения и оценивания

достигнутых результатов обучения после завершения изучения дисциплины.

Текущая аттестация осуществляется два раза в семестр:

- контрольная точка № 1 (КТ № 1) – выставляется в электронную ведомость не позднее 8 недели учебного семестра. Включает в себя оценку мероприятий текущего контроля аудиторной и самостоятельной работы обучающегося по разделам/темам учебной дисциплины с 1 по 8 неделю учебного семестра.
- контрольная точка № 2 (КТ № 2) – выставляется в электронную ведомость не позднее 16 недели учебного семестра. Включает в себя оценку мероприятий текущего контроля аудиторной и самостоятельной работы обучающегося по разделам/темам учебной дисциплины с 9 по 16 неделю учебного семестра.

Результаты текущей и промежуточной аттестации подводятся по шкале балльно-рейтинговой системы.

Этап рейтинговой системы / Оценочное средство	Неделя	Балл	
		Минимум*	Максимум
Текущая аттестация		36	60
Контрольная работа №1		18	30
<i>Реферат</i>		18	30
Контрольная работа №2		18	30
<i>Реферат</i>		18	30
Промежуточная аттестация		24	40
Зачет с оценкой			
<i>Зачетный билет</i>		24	40
ИТОГО по дисциплине		60	100

* Минимальное количество баллов за оценочное средство – это количество баллов, набранное обучающимся, при котором оценочное средство засчитывается, в противном случае обучающийся должен ликвидировать появившуюся академическую задолженность по текущей или промежуточной аттестации. Минимальное количество баллов за текущую аттестацию, в т.ч. отдельное оценочное средство в ее составе, и промежуточную аттестацию составляет 60% от соответствующих максимальных баллов.

Студент считается аттестованным по разделу, зачету или экзамену, если он набрал не менее 60% от максимального балла, предусмотренного рабочей программой.

Студент может быть аттестован по дисциплине, если он аттестован по каждому разделу, зачету/экзамену и его суммарный балл составляет не менее 60.

8.4. Шкала оценки образовательных достижений

Итоговая аттестация по дисциплине оценивается по 100-балльной шкале и представляет сумму баллов, заработанных студентом при выполнении заданий в рамках текущей и промежуточной аттестации

Сумма баллов	Оценка по 4-х балльной шкале	Оценка ECTS	Требования к уровню освоения учебной дисциплины
90-100	5- «отлично»/ «зачтено»	A	Оценка «отлично» выставляется студенту, если он глубоко и прочно усвоил программный материал, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагает, умеет тесно увязывать теорию с практикой, использует в ответе материал монографической литературы

85-89	4 - «хорошо»/ «зачтено»	B	Оценка «хорошо» выставляется студенту, если он твёрдо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос
75-84		C	
70-74		D	
65-69	3 - «удовлетворительно»/ «зачтено»	D	Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если он имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении программного материала
60-64		E	
0-59	2 - «неудовлетворительно»/ «не зачтено»	F	Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, который не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки. Как правило, оценка «неудовлетворительно» ставится студентам, которые не могут продолжить обучение без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине

9. ПЕРЕЧЕНЬ ОСНОВНОЙ И ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

а) основная учебная литература:

1. Convention on nuclear safety, 1994
2. Joint Convention on the Safety of Spent Fuel Management and on the Safety of Radioactive Waste Management, 2001
3. Milestones in the Development of a National Infrastructure for Nuclear Power (IAEA Nuclear Energy (NE) Series No. NG-G-3.1 (Rev.2), 2024);
4. Evaluation of the Status of National Nuclear Infrastructure Development (IAEA NE Series No. NG-T-3.2 (Rev.2), 2022);
5. Establishing the Safety Infrastructure for a Nuclear Power Programme, IAEA Safety Standards Series No. SSG-16 (Rev. 1), IAEA, Vienna (2020);
6. Governmental, Legal and Regulatory Framework for Safety, IAEA Safety Standards Series No. GSR Part 1 (Rev.1), IAEA, Vienna (2016);
7. Leadership and Management for Safety, IAEA Safety Standards Series No. GSR Part 2, IAEA, Vienna (2016);
8. Radiation Protection and Safety of Radiation Sources: International Basic Safety Standards, IAEA Safety Standards Series No. GSR Part 3, IAEA, Vienna (2014);
9. Safety Assessment for Facilities and Activities, IAEA Safety Standards Series No. GSR Part 4 (Rev.1), IAEA, Vienna (2016);
10. Predisposal Management of Radioactive Waste, IAEA Safety Standards Series No. GSR Part 5, IAEA, Vienna (2009);
11. Decommissioning of Facilities, IAEA Safety Standards Series No. GSR Part 6, IAEA, Vienna (2014);
12. Preparedness and Response for a Nuclear or Radiological Emergency, IAEA Safety Standards Series No. GSR Part 7, IAEA, Vienna (2015).

б) дополнительная учебная литература:

1. Integrated Nuclear Infrastructure Review (INIR): Ten Years of Lessons Learned (IAEA - TECDOC Series No. 1947, 2021);
2. Roadmap to Operational Readiness (WANO New Unit Assistance Working Group, 2020);
3. Defense in depth in nuclear safety. A report by the International Nuclear Safety Advisory Group, IAEA, INSAG-10, 1996.
4. Basic Safety Principles for Nuclear Power Plants, A report by the International Nuclear Safety Advisory Group, IAEA, 75-INSAG-3 Rev. 1, INSAG-12, 1999
5. Nuclear Safety Infrastructure for a National Nuclear Power Programme Supported by the IAEA Fundamental Safety Principles, A Report by the International Nuclear Safety Group, IAEA, INSAG-22, 2008

10. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО-ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ» (ДАЛЕЕ - СЕТЬ «ИНТЕРНЕТ»), НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

1. IAEA Nuclear Safety and Security Glossary, 2022 Edition
2. IAEA Nuclear Infrastructure Competency Framework: <https://www.iaea.org/resources/brochure/iaea-nuclear-infrastructure-competency-framework>
3. IAEA Country Nuclear Power Profiles, URL: <https://cnpp.iaea.org/public/>
4. Peer Review and Advisory Services Calendar: <https://www.iaea.org/ru/services/review-missions/calendar?type=All&year%5Bvalue%5D%5Byear%5D=&location=3500&status=4275>
5. The Database on Nuclear Power Reactors: <https://pris.iaea.org/pris/home.aspx>
6. Nuclear Infrastructure Bibliography <https://www.iaea.org/topics/infrastructure-development/bibliography>

Additional references for nuclear competitiveness and economics:

7. Our World in Data – CO₂ Consumption-based Emissions, URL: <https://ourworldindata.org/consumption-based-co2>
8. World Electricity Generation – World Energy Data, URL: <https://www.worldenergydata.org/world-electricity-generation/>
9. Marginal Abatement Cost of Carbon (MACC Curve), URL: <https://www.homaio.com/post/what-is-the-marginal-abatement-cost-of-carbon-macc-curve>
10. IEA Statistics & Data Portal, URL: <https://www.iea.org/>
11. World Bank Open Data, URL: <https://data.worldbank.org/>

11. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

Вид учебных занятий	Организация деятельности студента
Лекция	Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; помечать важные мысли, выделять ключевые слова, термины. Проверка терминов, понятий с помощью энциклопедий, словарей, справочников с выписыванием толкований в тетрадь. Обозначить вопросы, термины, материал, который вызывает трудности, пометить и попытаться найти ответ в рекомендуемой литературе. Если самостоятельно не удастся разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на консультации, на практическом занятии.
Практические занятия	При подготовке к практическим занятиям повторить основные понятия по темам лекционных занятий задания. Решая поставленные задания, предварительно понять, какой теоретический материал нужно изучить. При возникновении трудностей с решением или пониманием

	сформулировать и задать вопросы преподавателю
Доклад	Поиск литературы и составление библиографии, использование от 3 до 5 научных работ, изложение мнения авторов и своего суждения по выбранному вопросу; изложение основных аспектов проблемы. Ознакомиться со структурой и оформлением доклада.
Реферат	Поиск литературы и составление библиографии, использование от 3 до 5 научных работ, изложение мнения авторов и своего суждения по выбранному вопросу; изложение основных аспектов проблемы. Ознакомиться со структурой и оформлением реферата.
Подготовка к зачету с оценкой	При подготовке к зачету необходимо ориентироваться на конспекты лекций, задачи практических занятий, рекомендуемую литературу и интернет-источники. Вместо «заучивания» материала важно добиться понимания изучаемой дисциплины.

12. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ, ВКЛЮЧАЯ ПЕРЕЧЕНЬ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ И ИНФОРМАЦИОННЫХ СПРАВОЧНЫХ СИСТЕМ (ПРИ НЕОБХОДИМОСТИ)

Использование информационных технологий при осуществлении образовательного процесса по дисциплине осуществляется в соответствии с утвержденным Положением об Электронной информационно-образовательной среде ИАТЭ НИЯУ МИФИ.

Электронная система управления обучением (LMS) используется для реализации образовательных программ при очном, дистанционном и смешенном режиме обучения. Система реализует следующие основные функции:

- 1) Создание и управление классами,
- 2) Создание курсов,
- 3) Организация записи учащихся на курс,
- 4) Предоставление доступа к учебным материалам для учащихся,
- 5) Публикация заданий для учеников,
- 6) Оценка заданий учащихся, проведение тестов и отслеживание прогресса обучения,
- 7) Организация взаимодействия участников образовательного процесса.

Система интегрируется с дополнительными сервисами, обеспечивающими возможность использования таких функций как рабочий календарь, видео связь, многопользовательское редактирование документов, создание форм опросников, интерактивная доска для рисования. Авторизация пользователей в системе осуществляется посредством корпоративных аккаунтов, привязанных к домену oiate.ru.

12.1. Перечень информационных технологий

- Проверка домашних заданий и консультирование посредством электронной почты.
- Интерактивное общение с помощью программы skype
- Использование электронных презентаций при проведении практических занятий.

12.2. Перечень программного обеспечения

- Редактор презентаций Microsoft PowerPoint;
- Браузеры: Google Chrome, Internet Explorer, Yandex, Mozilla Firefox, Opera.
- Локальная компьютерная сеть и глобальная сеть Интернет.

12.3. Перечень информационных справочных систем

Доступ к электронным библиотечным ресурсам и электронной библиотечной системе (ЭБС) осуществляется посредством специальных разделов на официальном сайте ИАТЭ НИЯУ

МИФИ. Обеспечен доступ к электронным каталогам библиотеки ИАТЭ НИЯУ МИФИ, а также электронным образовательным ресурсам (ЭИОС), сформированным на основании прямых договоров с правообладателями учебной и учебно-методической литературы, методических пособий:

- 1) Информационные ресурсы Сети Консультант Плюс, www.consultant.ru (информация нормативно-правового характера на основе современных компьютерных и телекоммуникационных технологий);
- 2) Электронно-библиотечная система НИЯУ МИФИ, http://libcatalog.mephi.ru/cgi/irbis64r/cgiirbis_64.exe?C21COM=F&I21DBN=BOOK&Z21ID=&P21DBN=BOOK;
- 3) ЭБС «Издательства Лань», <https://e.lanbook.com/>;
- 4) Электронно-библиотечная система BOOK.ru, www.book.ru;
- 5) Базы данных «Электронно-библиотечная система elibrary» (ЭБС elibrary);
- 6) Базовая версия ЭБС IPRbooks, www.iprbooks.ru;
- 7) Базы данных «Электронная библиотека технического ВУЗа» www.studentlibrary.ru;
- 8) Электронно-библиотечная система «Айбукс.py/ibooks.ru»,
- 9) <http://ibooks.ru/home.php?routine=bookshelf>
- 10) Электронно-библиотечная система «ЭБС ЮРАЙТ», <http://urait.ru/>.

13. ОПИСАНИЕ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ БАЗЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ

1. Библиотечный фонд института
2. Аудиторный фонд института.

14. ИНЫЕ СВЕДЕНИЯ И (ИЛИ) МАТЕРИАЛЫ

14.1. Перечень образовательных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

14.2. Формы организации самостоятельной работы обучающихся (темы, выносимые для самостоятельного изучения; вопросы для самоконтроля; типовые задания для самопроверки)

Темы, выносимые для самостоятельного изучения:

1. Nuclear Safety Infrastructure (based on IAEA publication SSG-16 (Rev. 1))
2. IAEA Nuclear Contracting Toolkit
3. IAEA Nuclear Competency Database
4. Convention on Nuclear Safety and National Reporting
5. IAEA Nuclear Safety Glossaries
6. INIR missions reports

15. ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИНЫ ДЛЯ ИНВАЛИДОВ И ЛИЦ С ОГРАНИЧЕННЫМИ ВОЗМОЖНОСТЯМИ ЗДОРОВЬЯ

В соответствии с методическими рекомендациями Минобрнауки РФ (утв. 8 апреля 2014 г. № АК-44/05вн) в курсе предполагается использовать социально-активные и рефлексивные методы обучения, технологии социокультурной реабилитации обучающихся с ОВЗ с целью оказания помощи в установлении полноценных межличностных отношений.

Обучение лиц с ограниченными возможностями здоровья осуществляется с учетом индивидуальных психофизических особенностей, а для инвалидов также в соответствии с

индивидуальной программой реабилитации инвалида.

Для лиц с нарушением слуха возможно предоставление информации визуально (краткий конспект лекций, основная и дополнительная литература), на лекционных и практических занятиях допускается присутствие ассистента, а также, сурдопереводчиков и тифлосурдопереводчиков.

Оценка знаний студентов на практических занятиях осуществляется на основе письменных конспектов ответов на вопросы, письменно выполненных практических заданий.

Доклад так же может быть предоставлен в письменной форме (в виде реферата), при этом требования к содержанию остаются теми же, а требования к качеству изложения материала (понятность, качество речи, взаимодействие с аудиторией и т. д) заменяются на соответствующие требования, предъявляемые к письменным работам (качество оформления текста и списка литературы, грамотность, наличие иллюстрационных материалов и т.д.)

С учетом состояния здоровья просмотр кинофильма с последующим анализом может быть проведен дома (например, при необходимости дополнительной звукоусиливающей аппаратуры (наушники)). В таком случае студент предоставляет письменный анализ, соответствующий предъявляемым требованиям.

Промежуточная аттестация для лиц с нарушениями слуха проводится в письменной форме, при этом используются общие критерии оценивания. При необходимости, время подготовки на зачете может быть увеличено.

Для лиц с нарушением зрения допускается аудиальное предоставление информации (например, с использованием программ-синтезаторов речи), а так же использование на лекциях звукозаписывающих устройств (диктофонов и т.д.). Допускается присутствие на занятиях ассистента (помощника), оказывающего обучающимся необходимую техническую помощь.

Оценка знаний студентов на семинарских занятиях осуществляется в устной форме (как ответы на вопросы, так и практические задания). При необходимости анализа фильма может быть заменен описанием ситуации межэтнического взаимодействия (на основе опыта респондента, художественной литературы и т.д.), позволяющим оценить степень сформированности навыков владения методами анализа и выявления специфики функционирования и развития психики, позволяющими учитывать влияние этнических факторов. При проведении промежуточной аттестации для лиц с нарушением зрения тестирование может быть заменено на устное собеседование по вопросам.

Лица с нарушениями опорно-двигательного аппарата не нуждаются в особых формах предоставления учебных материалов. Однако, с учетом состояния здоровья часть занятий может быть реализована дистанционно (при помощи сети «Интернет»). Так, при невозможности посещения лекционного занятия студент может воспользоваться кратким конспектом лекции.

При невозможности посещения практического занятия студент должен предоставить письменный конспект ответов на вопросы, письменно выполненное практическое задание.

Доклад так же может быть предоставлен в письменной форме (в виде реферата), при этом требования к содержанию остаются теми же, а требования к качеству изложения материала (понятность, качество речи, взаимодействие с аудиторией и т. д) заменяются на соответствующие требования, предъявляемые к письменным работам (качество оформления текста и списка литературы, грамотность, наличие иллюстрационных материалов и т.д.).

Промежуточная аттестация для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата проводится на общих основаниях, при необходимости процедура зачета может быть реализована дистанционно (например, при помощи программы Skype).

Для этого по договоренности с преподавателем студент в определенное время выходит на связь для проведения процедуры зачета. В таком случае зачет сдается в виде собеседования по вопросам (см. формы проведения промежуточной аттестации для лиц с нарушениями зрения).

Вопрос и практическое задание выбираются самим преподавателем.

Примечание: Фонды оценочных средств, включающие типовые задания и методы оценки, критерии оценивания, позволяющие оценить результаты освоения данной дисциплины обучающимися с ОВЗ могут входить в состав РПД на правах отдельного документа.

Программу составили:

_____ **Ю.В. Черняховская**

Associate Professor, Department of Economics and Management in Industry (No. 71), Faculty of Business Informatics and Complex Systems Management, National Research Nuclear University MEPhI, PhD in Economics

_____ **А.А. Удалова**

профессор отделения ядерной физики и технологий (О),
доктор биологических наук

Рецензент:

_____ **Д.С. Самохин**

доцент отделения ЯФиТ (О) НИЯУ МИФИ,
кандидат технических наук