

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

Озерский технологический институт -

филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

ОТИ НИЯУ МИФИ)

«УТВЕРЖДАЮ»

Зам. директора по УР

_____ О.В. Федорова

«__» _____ 2026 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Оптимизация конструктивных решений

Направление подготовки (специальность) 08.03.01 Строительство

Профиль подготовки (при его наличии) -

Наименование образовательной программы (специализация) Промышленное, гражданское и энергетическое строительство

Квалификация (степень) выпускника Бакалавр

Форма обучения очная

г Озерск, 2026 г.

Семестр	Интерактив	Трудоемкость, кред.	Общий объем курса, час.	Лекции, час.	Практич. занятия, час.	Лаборат. работы, час.	СРС, час.	КСР, час.	Форма(ы) контроля, экз./зач./КР/КП
8		2	72	16	24		32		зачет
ИТОГО		2	72	9	24		32		зачет

Аннотация

Дисциплина «Оптимизация конструктивных решений» предназначена для студентов направления подготовки 08.03.01 «Строительство» и направлена на изучение методов и приёмов оптимизации конструктивных решений при проектировании и строительстве зданий и сооружений. Основной целью дисциплины является формирование у студентов навыков и знаний, необходимых для выбора экономически целесообразных и надежных конструктивных решений с учетом действующих норм, и правил.

Программа дисциплины предусматривает изучение основных методов анализа и синтеза конструкций, критериев и процедур принятия решений, оценки альтернативных вариантов, а также путей снижения материалоемкости и трудоемкости строительства. Большое внимание уделяется освоению современных технологий проектирования и эффективных методов расчётов, таких как численное моделирование и использование специализированных программных продуктов.

В ходе освоения дисциплины студенты приобретают навыки оптимального проектирования несущих конструкций зданий и сооружений, оценки надёжности и долговечности конструкций, а также учатся минимизировать затраты и повышать конкурентоспособность возводимых объектов.

1. ЦЕЛИ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Целью освоения дисциплины «Оптимизация конструктивных решений» является: формирование у студентов профессиональных компетенций в области проектирования и выбора оптимальных конструктивных решений при строительстве зданий и сооружений, основываясь на критериях надёжности, экономичности, долговечности и соответствия требованиям нормативных документов.

Задачи освоения дисциплины

1. Изучить основные методы оптимизации строительных конструкций, включая линейные и нелинейные подходы.
2. Научиться формулировать и решать оптимизационные задачи на этапе проектирования зданий и сооружений.
3. Освоить методики расчёта и анализа напряжённо-деформированного состояния конструкций с учётом изменения их конструкционных и топологических параметров.
4. Развить навыки применения современных программных комплексов (таких как SCAD, LIRA, Tekla Structures) для моделирования и оптимизации конструктивных решений.
5. Освоить принципы многокритериальной оптимизации, позволяющие находить баланс между прочностью, стоимостью, материалоемкостью и технологичностью.
6. Понимать этапы процесса оптимизации: от анализа исходных данных до принятия окончательного инженерного решения.
7. Изучить современные подходы, такие как топологическая оптимизация и использование цифровых двойников, для повышения эффективности проектирования.

2. МЕСТО УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОП ВО

Учебная дисциплина «Оптимизация конструктивных решений» входит в профессиональный модуль профильной части ОП ВО по подготовке выпускников по направлению «Строительство».

Изучение дисциплины формирует у обучающихся необходимые профессиональные компетенции для освоения других дисциплин ОП при подготовке бакалавров по направлению «Строительство».

3. КОМПЕТЕНЦИИ СТУДЕНТА, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ) / ОЖИДАЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБРАЗОВАНИЯ И КОМПЕТЕНЦИИ СТУДЕНТА ПО ЗАВЕРШЕНИИ ОСВОЕНИЯ ПРОГРАММЫ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Данная дисциплина участвует в формировании следующих общепрофессиональных и профессиональных компетенций: ПК-2, ПК-3, ПК-7, ПК-8

ПК-2	Способен участвовать в проектировании зданий, сооружений, инженерных систем, планировке и застройке населенных мест в соответствии с техническим заданием с использованием универсальных и специализированных программно-вычислительных комплексов и систем автоматизированного проектирования.	<p>З-ПК-23 знать: нормативно-техническую и методическую документацию, устанавливающую требования к зданиям и сооружениям промышленного и гражданского строительства</p> <p>У-ПК-2 Уметь: выбирать и систематизировать информацию об основных параметрах технических и технологических решений в сфере промышленного и гражданского строительства для проектирования; оформлять текстовую и графическую части проекта здания или сооружения; представлять и защищать результаты работ по проектированию, расчетному обоснованию и конструированию строительных конструкций зданий и сооружений промышленного и гражданского строительства</p> <p>В-ПК-2 Владеть: навыками проектирования конструкций зданий и сооружений на основе вариантного проектирования с использованием универсальных и специализированных программно-вычислительных комплексов и систем автоматизированного проектирования; методикой оценки технических и технологических решений в сфере промышленного и гражданского строительства</p>
------	---	--

ПК-3	Способен проводить предварительное технико-экономическое обоснование проектных решений, разрабатывать проектную и рабочую техническую документацию, оформлять законченные проектно-конструкторские работы, контролировать соответствие разрабатываемых проектов и технической документации заданию, стандартам, техническим условиям и другим нормативным документам	<p>З-ПК-3 Знать: нормативно-техническую документацию, устанавливающую требования к зданиям и сооружениям промышленного и гражданского строительства и к расчетным обоснованиям их проектных решений; методы проектирования объектов промышленного и гражданского строительства</p> <p>У-ПК-3 Уметь: выбирать и систематизировать информацию об основных параметрах технических и технологических решений в сфере промышленного и гражданского строительства для проектирования и выполнения расчетных обоснований проектных решений; оформлять текстовую и графическую части проекта здания или сооружения; представлять и защищать результаты работ по проектированию, расчетному обоснованию и конструированию строительных конструкций зданий и сооружений промышленного и гражданского строительства</p> <p>В-ПК-3 Владеть: навыками расчета и проектирования, а также методиками расчета и конструирования элементов здания или сооружения промышленного и гражданского строительства</p>
ПК-7	Способен использовать знания требований охраны труда, безопасности жизнедеятельности и защиты окружающей среды при выполнении строительно-монтажных, ремонтных работ и работ по реконструкции строительных объектов	<p>З-ПК-7 Знать: методику расчета и конструирования железобетонные и каменные конструкции и их конструктивных элементов с учетом прочности, жесткости, устойчивости под воздействием постоянных и временных нагрузок; состав работ, порядок проведения статических и динамических испытаний железобетонных конструкций и моделей, способы обработки результатов статических и динамических испытаний конструкций и моделей</p> <p>У-ПК-7 Уметь: выполнять расчеты и проектирование железобетонные и каменные конструкции и их конструктивных элементов с учетом прочности, жесткости, устойчивости под воздействием постоянных и времен-</p>

		<p>ных нагрузок; проводить статические и динамические испытания (натурные и моделированные)</p> <p>В-ПК-7 Владеть: использовать математические модели, элементы прикладного математического обеспечения САПР в решении проектно-конструкторских и технологических задач для железобетонных и каменных конструкции; выполнением анализа результатов испытаний</p>
ПК-8	<p>Способен вести подготовку документации по менеджменту качества и типовым методам контроля качества технологических процессов на производственных участках, организацию рабочих мест, способен осуществлять техническое оснащение, размещение технологического оборудования, осуществлять контроль соблюдения технологической дисциплины, требований охраны труда и экологической безопасности</p>	<p>З-ПК-8 Знать: международные и российские стандарты менеджмента качества (ISO 9001, ГОСТ Р ИСО 9001 и др.) и требования к ведению документации; стандартные методы контроля качества технологических процессов (выборочные испытания, контрольные карты, проверка сырья и готовой продукции); критерии оценки и классификации рабочих мест, нормы и правила организации рабочего пространства; основные требования охраны труда, промышленной безопасности и экологической безопасности при размещении оборудования и организации производства; нормативно-техническую документацию по размещению и монтажу технологического оборудования, правилам эксплуатации и обслуживанию техники.</p> <p>У-ПК-8 Уметь: готовить необходимую техническую и производственную документацию по качеству продукции и технологическим процессам; разрабатывать и организовывать рабочие места в соответствии с установленными гигиеническими и эргономическими нормами; осуществлять планировку производственных участков, размещать оборудование с учетом обеспечения технологической цепочки, пропускной способности, минимизации травматизма и воздействия вредных факторов; применять стандартные методы контроля качества, проверять соответствие технологических процессов установленным нормам и стандартам; своевременно выявлять нарушения технологической</p>

		<p>дисциплины, давать рекомендации по устранению выявленных несоответствий и предупреждению нарушений</p> <p>В-ПК-8 Владеть: навыками анализа и аудита качества технологических процессов и готовой продукции; способностью управлять рабочим местом, обеспечивая оптимальный режим работы сотрудников и поддержание надлежащего порядка; методами мониторинга соблюдения установленных норм и правил охраны труда, пожарной безопасности и экологической безопасности; навыками использования программных продуктов для автоматизации контроля качества и планирования загрузки оборудования; умением инициировать мероприятия по совершенствованию технологических процессов, снижению потерь, предотвращению брака и повышению культуры производства.</p>
--	--	--

В результате освоения дисциплины студент должен:

Знать:

1. основные принципы и подходы к оптимизации конструктивных решений в строительстве;
2. временные методы расчета и анализа конструкций, включая численные методы и специализированные программные продукты;
3. критерии выбора оптимальных конструкций с учетом прочности, долговечности, экономичности и соответствия нормативным документам;
4. последствия неправильных конструктивных решений и возможные риски, возникающие при несоблюдении норм и правил проектирования;
5. методы снижения материалоемкости и трудоёмкости строительства, оптимизации расходов на строительство и эксплуатацию зданий и сооружений.

Уметь:

1. выполнять оптимизацию конструктивных решений с учетом нормативных требований и особенностей местных условий строительства;
2. применять современные программные средства для численного моделирования и анализа напряженно-деформированного состояния конструкций;
3. давать обоснованную оценку преимуществ и недостатков различных конструктивных решений;
4. предлагать пути улучшения и оптимизации конструкций; работать с нормативной и правовой документацией;
5. соблюдать требования нормативных документов и стандартов при проектировании и расчете конструкций;

6. грамотно оформить и защитить технический отчёт по итогам выполнения проекта по оптимизации конструктивных решений.

Иметь практический опыт работы

1. с программой автоматизированного проектирования (например, SCAD Office, Robot Structural Analysis, Tekla Structures);
2. выполнения расчетов и анализа структурных схем зданий и сооружений, выбора оптимальных решений;
3. оформления технической документации, связанной с проектированием и выбором конструктивных решений;
4. анализа реальных проектов, поиска ошибок и неоптимальных решений, их устранения;

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины составляет **2** зачетные единицы, **36** часов.

Таблица

№ п/п	Раздел учебной дисциплины	Недели	Виды учебной деятельности, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)			Текущий контроль успеваемости (неделя, форма)	Аттестация раздела (неделя, форма)	Максимальный балл за раздел*
			Лекции	Практ. занятия / семинары	Лаб. работы			
2 семестр								
1	Раздел № 1 Основы оптимизации в строительстве	1-2	2	8		1 ДЗ	1 КР	26
2	Раздел № 2 Методы и алгоритмы оптимизации конструкций	3-4	2	8		2 ДЗ	2 КР	26
3	Раздел № 3. Специализированные инструменты и технологии оптимизации	5-7	2	10		2 ДЗ	2 КР 1Т	24
4	Раздел №4. Экономические и технические аспекты оптимизации	8-9	3	10		2 ДЗ	2 КР 1Т 1 КИ	24
5	Зачет							0 – 100
	Итого за 1 семестр:							100

* 100 баллов за семестр, включая зачет или экзамен.

Т – тест;

ДЗ – домашнее задание;

КР – контрольная работа;

КИ – итоговая контрольная работа.

Наименование тем и содержание лекционных занятий:

Раздел № 1 Основы оптимизации в строительстве

Понятие и цели оптимизации. Определение оптимизации как процесса поиска наилучшего решения (минимума затрат или максимума эффекта) при заданных ограничениях. Ключевые критерии: стоимость (LCC — стоимость жизненного цикла), сроки, качество и экологическая безопасность. Системный подход в строительстве. Рассмотрение строительного объекта как сложной системы, состоящей из взаимосвязанных элементов (проектирование, снабжение, производство). Учет влияния внешних и внутренних факторов на показатели проекта. Классификация методов оптимизации. Математические методы: линейное и динамическое программирование (например, для задач логистики или распределения ресурсов). Технологическая оптимизация: выбор наиболее эффективных методов производства работ и строительных машин. Организационно-управленческая оптимизация: сокращение простоев, сетевое планирование и календарное моделирование. Ресурсные ограничения и компромиссы. Баланс между «железным треугольником» управления проектами: Время — Стоимость — Качество. Оптимизация использования трудовых ресурсов, материалов и парка машин. Современные

концепции оптимизации. Бережливое строительство (Lean Construction): минимизация потерь на всех этапах. BIM-технологии (Building Information Modeling): использование цифровых моделей для предотвращения коллизий и точного расчета объемов работ. Value Engineering (Стоимостной инжиниринг): анализ функций проекта для снижения стоимости без потери качества.

Раздел № 2 Методы и алгоритмы оптимизации конструкций

Понятие оптимальной конструкции: критерии оптимальности (масса, жёсткость, прочность, стоимость). Постановка оптимизационной задачи: целевая функция, ограничения, управляемые параметры. Классификация задач оптимизации (параметрическая, структурная, топологическая). Этапы процесса оптимизации: моделирование, выбор метода, расчёт, анализ результатов. Методы структурной оптимизации. Топологическая оптимизация: принципы удаления «лишнего» материала; алгоритмы на основе метода конечных элементов (МКЭ); примеры применения (кронштейны, узлы конструкций). Оптимизация формы: снижение концентраций напряжений; варьирование геометрии поверхности. Топографическая оптимизация: управление жёсткостью оболочечных структур; оптимизация «рельефа» поверхности. Оптимизация пластин переменной толщины: распределение толщины для максимальной жёсткости. Оптимизация стержневых структур: поиск оптимальной конфигурации стержней; учёт кинематических и статических ограничений. Методы параметрической оптимизации. Аналитические методы: метод множителей Лагранжа; вариационные принципы. Численные методы: случайные алгоритмы (метод Монте-Карло); детерминированные алгоритмы (метод Ньютона, градиентные методы); смешанные подходы (Response Surface Methods). Однокритериальная и многокритериальная оптимизация: скаляризация векторных критериев; методы Парето-оптимальности. Методы, требующие вычисления производных: градиентный спуск; методы второго порядка. Методы без вычисления производных: генетические алгоритмы; метод роя частиц; симплекс-метод. Вычислительные методы и инструменты. Алгоритмы многодисциплинарной оптимизации. Практические аспекты реализации. Современные тенденции и перспективы

Раздел № 3. Специализированные инструменты и технологии оптимизации

Цифровое моделирование и проектирование. BIM-технологии: Создание единой информационной среды для совместной работы. Искусственный интеллект и предиктивная аналитика. Автоматизация на строительной площадке. Программное обеспечение. Управление проектами и документацией. Технологии индустриального строительства. Модульное и префаб-строительство.

Раздел №4. Экономические и технические аспекты оптимизации

Оптимизация стоимости жизненного цикла (Life Cycle Costing — LCC). Расчет затрат на энергопотребление, техническое обслуживание, капитальные ремонты и будущую утилизацию. Технико-экономическое обоснование (ТЭО) инноваций. Методология сравнения вариантов. Анализ сроков окупаемости (ROI) при внедрении автоматизации и программного обеспечения (BIM/ИИ). Оценка влияния скорости строительства на финансовые потоки (снижение стоимости обслуживания кредитов при досрочной сдаче). Управление материалоемкостью и логистикой. Технический аспект: использование высокопрочных бетонов и сталей для уменьшения сечений конструкций и общего веса здания. Экономический аспект: оптимизация цепочек поставок (Just-in-Time), минимизация складских остатков и логистических издержек с использованием цифровых платформ. Экологические аспекты и «зеленая» экономика. Внедрение принципов циркулярной экономики: использование переработанных материалов и конструкций, пригодных для повторного использования. Оптимизация инженерных систем для достижения стандартов «нулевого энергопотребления». Управление рисками и неопределенностью. Техническое резервирование против экономической гибкости.

5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

При реализации программы дисциплины «Оптимизация конструктивных решений» используются различные образовательные технологии – во время аудиторных занятий (36 часов) занятия проводятся в форме лекций (широко применяется компьютерная презентация), практических (семинарских) занятий. Для контроля усвоения студентом разделов данного курса и приема домашнего задания широко используются тестовые технологии, как с выборочным вариантом ответов, так и так и безальтернативные варианты, ответы на которые позволяют судить об усвоении студентом данного курса, при защите практических работ проводится собеседование и опрос в устной или тестовой форме. Самостоятельная работа студентов (36 часов) подразумевает под собой проработку лекционного материала с использованием ИКТ, а так же выполнение домашнего задания с использованием рекомендуемой литературы

Темы практических (семинарских) занятий:

1. Постановка оптимизационной задачи для строительной конструкции: выбор целевой функции и ограничений.
2. Параметрическая оптимизация балки: варьирование сечения при ограничениях по прочности и жёсткости.
3. Топологическая оптимизация плоской пластины методом конечных элементов.
4. Оптимизация фермы: поиск рациональной конфигурации стержней и узлов.
5. Многокритериальная оптимизация: компромисс между массой и жёсткостью конструкции.
6. Применение метода Лагранжа для оптимизации параметров стержневой системы.
7. Градиентные методы в оптимизации: расчёт оптимального профиля балки.
8. Генетический алгоритм для подбора параметров железобетонной плиты.
9. Оптимизация конструкции с учётом технологических ограничений (стандартизация сечений, свариваемость).
10. Использование BIM-модели для оптимизации раскладки строительных элементов.
11. Оптимизация графика строительно-монтажных работ методом критического пути.
12. Численная оптимизация оболочки вращения: минимизация массы при заданной несущей способности.
13. Анализ чувствительности конструкции к изменению проектных параметров.
14. Валидация результатов оптимизации: сравнение расчётных и экспериментальных данных.

6. ОЦЕНОЧНЫЕ СРЕДСТВА ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ И УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ СТУДЕНТОВ

В качестве промежуточной оценки успеваемости студентов используются контрольные задания, а так же домашние задания по темам.

Темы контрольных заданий:

1. Формулировка целевой функции и системы ограничений для оптимизации стальной балки.
2. Расчёт оптимального сечения железобетонной колонны с учётом нормативных требований.

3. Топологическая оптимизация консольной пластины методом конечных элементов.
4. Подбор рациональной геометрии треугольной фермы при заданной нагрузке.
5. Многокритериальная оптимизация: поиск компромиссного решения между стоимостью и прочностью конструкции.
6. Применение метода множителей Лагранжа для оптимизации параметров ферменной конструкции.
7. Градиентный метод в оптимизации: расчёт оптимального профиля двутавровой балки.
8. Реализация генетического алгоритма для подбора параметров армирования плиты.
9. Оптимизация конструкции с учётом технологических ограничений производства.
10. Использование BIM-модели для оптимизации раскладки стеновых панелей.
11. Построение сетевого графика и определение критического пути для типового строительного объекта.
12. Численная оптимизация цилиндрической оболочки: минимизация массы при заданной жёсткости.
13. Анализ чувствительности конструкции к изменению модуля упругости материала.
14. Валидация результатов оптимизации: сравнение расчётных и экспериментальных данных для балки.
15. Оптимизация теплозащитных характеристик наружной стены с учётом климатических условий региона.
16. Расчёт оптимального расположения опор для монолитного перекрытия.
17. Применение метода Монте-Карло для оценки устойчивости оптимизированного решения к вариациям нагрузки.
18. Оптимизация железобетонной балки с преднапряжением: сравнение с ненапряжённым вариантом.
19. Построение множества Парето для задачи оптимизации фермы по критериям массы и стоимости.
20. Комплексная оптимизация здания: согласование архитектурных, конструктивных и инженерных решений для снижения эксплуатационных затрат.

7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

7.1. Основная литература

1. Прохорский Г.В. Информационные технологии в архитектуре и строительстве.: Учебное пособие / Г.В. Прохорский — Москва : Изд-во: КноРус, 2012. — 206 с. — ISBN 978-5-7264-1563-5. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS
2. Булгаков, А. И. Информационные системы в строительстве. Курс лекций / А. И. Булгаков. — Махачкала : ИПЦ ДГТУ, 2014. — 18 с
3. Булгаков А.И. Основы САПР в строительстве/ Учебное пособие для строительных специальностей.// Гриф Минобразования России/ А.И. Булгаков, О.М. Устарханов, М.М. Батдалов – Махачкала: ДагЦНТИ, 2002, 256с
4. Ванжа, В. В. Эксплуатация и мониторинг систем и сооружений : учебное пособие / В. В. Ванжа. — Краснодар : КубГАУ, 2018. — 167 с. — ISBN 978-5-00097-769-9. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/196465>
5. Гальдикас, В. А. Организация и планирование производства (в таблицах и схемах) : учебное пособие / В. А. Гальдикас, Л. Н. Гальдикас. — Псков : ПсковГУ, 2022. — 156 с. — ISBN 978-5-00200-094-4. — Текст : электронный // Лань : электронно-биб-

лиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/324572> (дата обращения: 22.12.2025). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

7.2. Дополнительная литература

1) Ванжа, В. В. Эксплуатация и мониторинг систем и сооружений : учебное пособие / В. В. Ванжа. — Краснодар : КубГАУ, 2018. — 167 с. — ISBN 978-5-00097-769-9. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/196465>

2) Гиясов, Б. И. Архитектурно-строительное проектирование зданий и сооружений : учебно-методическое пособие / Б. И. Гиясов, Д. А. Ким. — Москва: МИСИ-МГСУ, ЭБС АСВ, 2022. — 58 с. — ISBN 978-5-7264-2979-3. — Текст: электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART: [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/126134.html>

3) Проект производства работ на возведение многоэтажного жилого дома: учебно-методическое пособие / Н. Д. Чередниченко, Е. М. Пугач, В. В. Ефимов, В. Е. Базанов. — Москва: МИСИ-МГСУ, ЭБС АСВ, 2020. — 105 с. — ISBN 978-5-7264-2091-2. — Текст: электронный // Цифровой образовательный ресурс IPR SMART: [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/101814>.

4) Рой, О. М. Основы градостроительства и территориального планирования : учебник и практикум для вузов / О. М. Рой. — 3-е изд., перераб. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2025. — 253 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-19509-5. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/563563>

5) Опарин, С. Г. Здания и сооружения. Архитектурно-строительное проектирование : учебник для среднего профессионального образования / С. Г. Опарин, А. А. Леонтьев. — 2-е изд. — Москва : Издательство Юрайт, 2025. — 275 с. — (Профессиональное образование). — ISBN 978-5-534-20139-0. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/562215>

7.3. Программное обеспечение и интернет-ресурсы:

<http://library.mephi.ru/> Электронная библиотека НИЯУ МИФИ

<https://archi.ru/> - архитектура России

<http://www.georec.spb.ru> – реконструкция городов и геотехническое строительство

<https://bibl.nngasu.ru/links/building.php> – строительство и архитектура на RIN.ru.

8. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

Учебная дисциплина обеспечена всей необходимой материально-технической базой: аудиторией, оснащенной презентационным оборудованием, компьютерной техникой для использования Интернет-ресурсов, проведения математических вычислений, библиотекой с необходимой литературой, учебно-методической документацией и материалами. Имеется также дисплейный класс (в стандартной комплектации) для тренинга студентов по прохождению тестовых заданий и самостоятельной работы; доступ к сети Интернет (во время самостоятельной подготовки).

Программа составлена в соответствии с требованиями ОС ВО НИЯУ МИФИ по специальности 08.03.01 «Строительство».

Авторы:

_____ Савватеев В.А., советник АО КИС «ИСТОК»

Рецензент(ы)

_____ Баторшин Г.Ш., к.т.н., советник АО КИС «ИСТОК»

Учебная программа рассмотрена на заседании кафедры «Электрификации промышленных предприятий» (ЭПП) ОТИ НИЯУ МИФИ _____ 2026 года и рекомендована для подготовки специалистов.

**Учебная программа утверждена на заседании методического совета института _____ 20....
протокол _____**