

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Емец Валерий Сергеевич
Должность: Директор филиала
Дата подписания: 25.10.2023 16:41:41
Уникальный программный ключ:
f2b8a1573c931f1098cfe699d1debd94fcff35d7

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Рязанский институт (филиал)
Федерального государственного автономного образовательного
учреждения высшего образования
«Московский политехнический университет»**

ПРИНЯТО

На заседании Ученого совета
Рязанского института (филиала)
Московского политехнического
университета

Протокол № 11
от « 30 » 06 2023 г.

УТВЕРЖДАЮ

Директор
Рязанского института (филиала)
Московского политехнического
университета



В.С. Емец
« 30 » 06 2023 г.

**Рабочая программа дисциплины
«Нелинейные задачи строительной механики»**

Направление подготовки

08.05.01 Строительство уникальных зданий и сооружений

Направленность образовательной программы

Строительство высотных и большепролетных зданий и сооружений

Квалификация, присваиваемая выпускникам

Инженер-строитель

Форма обучения

Очная

Рязань, 2023

1 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

1.1. Цель освоения дисциплины

Целью освоения дисциплины является:

- формирование у обучающихся общепрофессиональных компетенций, направленных на развитие навыков исследовательской деятельности / проектной деятельности

1.2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине

В результате освоения дисциплины «Нелинейные задачи строительной механики» у обучающегося формируются следующие общепрофессиональные компетенции ОПК-1. Содержание указанных компетенций и перечень планируемых результатов обучения по данной дисциплине представлены в таблице 1..

Таблица 1 – Планируемые результаты обучения по дисциплине

Код компетенции	Результаты освоения ОП (содержание компетенций)	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине
1	2	3
Общепрофессиональные		
ОПК-1. Способен решать прикладные задачи строительной отрасли, используя теорию и методы фундаментальных наук	ОПК-1.5 Выбор для решения задач профессиональной деятельности фундаментальных законов, описывающих изучаемый процесс или явление	Знать: - основные модели деформирования твердых тел, их математическое описание, виды нелинейностей, - основные теоремы о разрушающих нагрузках, Уметь: грамотно составить расчетную схему сооружения в нелинейной постановке найти распределение усилий и напряжений, обеспечить необходимую прочность и жесткость его элементов с учетом реальных свойств конструкционных материалов, используя современную вычислительную технику. Владеть: общими фундаментальными понятиями о различных видах нелинейностей конструкций и сооружений, способами и приемами математического моделирования подобных задач.

2. Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина «Нелинейные задачи строительной механики» входит в состав дисциплин профессионального цикла базовой части 3 образовательной программы специальности 08.05.01 «Строительство уникальных зданий и сооружений».

Дисциплины, на которых базируется дисциплина «Нелинейные задачи строительной механики»

- Высшая математика,
- Информатика,
- Теоретическая механика,
- Сопротивление материалов
- Теория упругости с основами теории пластичности и ползучести
- Теория расчета пластин и оболочек

Дисциплины, для которых необходимы знания, умения, навыки, приобретенные в результате изучения дисциплины «Нелинейные задачи строительной механики»

- Металлические конструкции.
- Железобетонные и каменные конструкции

3. Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины «Нелинейные задачи строительной механики» составляет 3 зачетных единиц, 144 академических часов.

Объем дисциплины «Нелинейные задачи строительной механики» академических часов с распределением по видам учебных занятий указан в таблице 2 для очной формы обучения, в таблице 3 – для заочной формы.

Таблица 2 – Объем дисциплины «Нелинейные задачи строительной механики» в академических часах (для очной формы обучения)

Вид учебных занятий и работы обучающихся	Трудоемкость, час
Общая трудоемкость дисциплины, час	144
Контактная работа обучающихся с преподавателем	54
Аудиторная работа (всего)	54
в том числе:	
Лекции	18
Семинары, практические занятия	36
Лабораторные работы	
Самостоятельная работа обучающихся (всего)	90
в том числе	
Курсовое проектирование	
Расчетно-графические работы	45
Реферат	
Другие виды занятий (подготовка к занятиям, домашняя работа, подготовка к контрольной работе, работа с литературой)	45
Вид промежуточной аттестации	Э
Общая трудоемкость дисциплины, з.е.	4

3.1 Содержание дисциплины «Нелинейные задачи строительной механики», структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

Таблица 4 – Разделы дисциплины «Нелинейные задачи строительной механики» и их трудоемкость по видам учебных занятий (для очной формы обучения)

№ п/п	Раздел дисциплины	Общая трудоемкость (в часах)	Виды учебных занятий, включая самостоятельную работу обучающихся, и трудоемкость (в часах)					Вид промежуточной аттестации
			Лекции	Практические занятия	Лабораторные работы	Самостоятельная работа	Формы текущего контроля успеваемости	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
восьмой семестр								
1	Основные понятия нелинейной строительной механики	19	2	2		15	экзамен	
2	Расчет стержневых систем по методу предельного равновесия	43	6	12		25	РГР №1 экзамен	
3	Нелинейно-упругие системы.	43	6	12		25	Экзамен, РГР №2	
4	Геометрически нелинейные задачи.	25	2	8		15	РГР №2, экзамен	
5	Конструктивная нелинейность	14	2	2		10		
	Форма аттестации						Э	Э

Всего часов по дисциплине в восьмом семестре	144	18	36		90		
Всего часов по дисциплине	144	18	36		90		

3.2 Содержание дисциплины «Нелинейные задачи строительной механики», структурированное по разделам (темам)

Содержание лекционных занятий приведено в таблице 6, содержание практических занятий – в таблице 7.

№ темы	Наименование раздела (темы) дисциплины	Содержание раздела(темы) дисциплины
1	2	3
1	Основные понятия нелинейной строительной механики	Реальные и идеализированные диаграммы работы материала. Аппроксимации экспериментальных диаграмм. Виды нелинейностей.
2	Расчет стержневых систем по методу предельного равновесия	Общие сведения об основах упругопластического расчета систем. Особенности работы Ш-С СНС из идеально упругопластического материала. Прямой метод расчета идеально упруго - пластических систем (метод упругих решений) Статическая и кинематическая теоремы о предельном состоянии. Статический метод. Кинематический метод. Предельная нагрузка при изгибе балок из идеально упругопластического материала. Предельный изгибающий момент сечения. Расчет СН балок и рам по методу предельного равновесия: прямой метод (МУР), Статический метод, кинематический метод.
3	Нелинейно-упругие системы	Расчет шарнирно-стержневых систем: метод упругих решений, метод переменных параметров упругости, метод пошагового нагружения. Расчет физически нелинейных балок методом Ритца-Тимошенко

4	Геометрически нелинейные системы	Перемещения в Ш.-С.С. Расчет геометрически нелинейных шарнирно-стержневых систем по деформированному состоянию. Большие перемещения линейно-упругой балки. Продольно-поперечный изгиб статически определимых балок.
5	Конструктивная нелинейность	Расчет стержневых систем при изменении расчетной схемы в процессе изменения нагрузки

Таблица 7 – Содержание практических занятий

№ п/п	Номер раздела(темы) дисциплины	Содержание раздела (темы) дисциплины
1	Основные понятия нелинейной строительной механики	Аппроксимация экспериментальных кривых деформирования материалов. Типичные экспериментальные диаграммы растяжения для различных материалов. Понятие активной и пассивной деформации. Понятие простого и сложного нагружения. Петля гистерезиса. Упрочнение материала. Площадка текучести. Пределы текучести и прочности.
2	Расчет стержневых систем по методу предельного равновесия	Расчёт статически неопределимых систем, работающих на растяжение-сжатие с учетом пластических свойств материала. Расчет статически неопределимых балок по несущей способности. Расчет неразрезных балок по несущей способности. Расчет статически неопределимых рам по несущей способности.
3	Нелинейно-упругие системы	Расчет шарнирно- стержневых систем. Расчет нелинейно упругих балок.
4	Геометрически нелинейные задачи.	Расчет геометрически нелинейных шарнирно-стержневых систем по деформированному состоянию Продольно-поперечный изгиб неразрезных балок. Методы сил и перемещений
5	Конструктивная нелинейность	Расчет стержневых систем

4. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

4.1. Общие методические рекомендации по освоению дисциплины, образовательные технологии

Дисциплина реализуется посредством проведения контактной работы с обучающимися (включая проведение текущего контроля успеваемости), самостоятельной работы обучающихся и промежуточной аттестации.

Контактная работа может быть аудиторной, внеаудиторной, а также проводиться в электронной информационно-образовательной среде института (далее - ЭИОС). В случае проведения части контактной работы по дисциплине в ЭИОС (в соответствии с расписанием учебных занятий), трудоемкость контактной работа в ЭИОС эквивалентна аудиторной работе.

При проведении учебных занятий по дисциплине обеспечивается развитие у обучающихся навыков командной работы, межличностной коммуникации, принятия решений, лидерских качеств (включая проведение интерактивных лекций, групповых дискуссий, ролевых игр, тренингов, анализ ситуаций и имитационных моделей, преподавание дисциплины в форме курса, составленного на основе результатов научных исследований, проводимых институтом, в том числе с учетом региональных особенностей профессиональной деятельности выпускников и потребностей работодателей).

Преподавание дисциплины ведется с применением следующих видов образовательных технологий:

- *балльно-рейтинговая технология оценивания;*
- *электронное обучение;*
- *проблемное обучение;*
- *разбор конкретных ситуаций;*

Для оценки знаний, умений, навыков и уровня сформированности компетенции по дисциплине применяется балльно-рейтинговая система контроля и оценки успеваемости студентов. В основу балльно-рейтинговой системы положены принципы, в соответствии с которыми формирование рейтинга студента осуществляется в ходе текущего контроля успеваемости. Максимальное количество баллов в семестре – 100.

По итогам текущей успеваемости студенту может быть выставлена оценка по промежуточной аттестации в соответствии за набранными за семестр баллами. Студентам, набравшим в ходе текущего контроля успеваемости по дисциплине от 61 до 100 баллов и выполнившим все обязательные виды запланированных учебных занятий, по решению преподавателя без прохождения промежуточной аттестации выставляется оценка в соответствии со шкалой оценки результатов освоения дисциплины.

Результат обучения считается сформированным (повышенный уровень), если теоретическое содержание курса освоено полностью; при устных собеседованиях студент исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно излагает учебный материал; свободно справляется с задачами, вопросами и другими видами заданий, требующих применения знаний, использует в ответе дополнительный материал; все предусмотренные рабочей учебной программой задания выполнены в соответствии с установленными требованиями, студент способен анализировать полученные результаты; проявляет самостоятельность при выполнении заданий, качество их выполнения оценено числом баллов от 86 до 100, что соответствует повышенному уровню сформированности результатов обучения.

Результат обучения считается сформированным (пороговый уровень), если теоретическое содержание курса освоено полностью; при устных собеседованиях студент последовательно, четко и логически стройно излагает учебный материал; справляется с задачами, вопросами и другими видами заданий, требующих применения знаний; все предусмотренные рабочей учебной программой задания выполнены в соответствии с установленными требованиями, студент способен анализировать полученные результаты;

проявляет самостоятельность при выполнении заданий, качество их выполнения оценено числом баллов от 61 до 85,9, что соответствует пороговому уровню сформированности результатов обучения.

Результат обучения считается несформированным, если студент при выполнении заданий не демонстрирует знаний учебного материала, допускает ошибки, неуверенно, с большими затруднениями выполняет задания, не демонстрирует необходимых умений, качество выполненных заданий не соответствует установленным требованиям, качество их выполнения оценено числом баллов ниже 61, что соответствует допороговому уровню.

5. Учебно-методическое и информационное обеспечения дисциплины

5.1. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

Вся литература, включенная в данный перечень, представлена в виде электронных ресурсов в электронной библиотеке института (ЭБС). Литература, используемая в печатном виде, представлена в научной библиотеке университета в объеме не менее 0,25 экземпляров на одного обучающегося.

Основная литература

1. Александров А.В., Потапов В.Д. Основы теории упругости и пластичности: Учеб. для строит. спец. вузов. – М.: Высш. шк., 1990. – 400 с

2 Г.С. Варданян, В.И. Андреев Н.М. Атаров, А.А.Горшков. Сопротивление материалов с основами теории упругости и пластичности. Учебн. Под ред. Г.С. Варданяна. – М. Изд-во АСВ, 1995.

Дополнительная литература

1. Безухов Н.И. Основы теории упругости, пластичности и ползучести. М., Высшая школа, 1961.
2. Ржаницын А.Р. Строительная механика. М., Высшая школа, 1991.

5.2. Профессиональные базы данных, информационно-справочные системы, интернет-ресурсы

1. БИЦ Московского политехнического университета [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://lib.mospolytech.ru/> - Загл. с экрана.
2. ЭБС "Университетская Библиотека Онлайн" [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://biblioclub.ru/> - Загл. с экрана.
3. Электронно-библиотечная система «Издательства Лань» [Электронный ресурс]. - Режим доступа: <https://lanbook.com/> . - Загл. с экрана.
4. Электронно-библиотечная система Юрайт [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://urait.ru/>- Загл. с экрана.
5. Программные комплексы расчета конструкций на ЭВМ (вопросы моделирования при выполнении расчетов строительных конструкций) – «Лира 9.4»;
6. Математический пакет Mathcad

5.3. Программное обеспечение

Информационное обеспечение учебного процесса по дисциплине осуществляется с использованием следующего программного обеспечения (лицензионного и свободно распространяемого), в том числе отечественного производства:

- ОС Windows 7;
- Microsoft Office 2013;
- AutoCAD;
- ArchiCAD;
- ПК «Лира 9.4»
- Математический пакет Mathcad

6. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

Помещения представляют собой учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных учебным планом и рабочей программой дисциплины, оснащенные оборудованием и техническими средствами обучения.

Занятия лекционного типа. Учебные аудитории для занятий лекционного типа укомплектованы мебелью и техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации (стационарные или переносные наборы демонстрационного оборудования (проектор, экран, компьютер/ноутбук), учебно-наглядные пособия (презентации по темам лекций), обеспечивающие тематические иллюстрации, соответствующие данной программе дисциплины.

Занятия практического типа. Учебные аудитории для занятий практического типа укомплектованы мебелью и техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации (стационарные или переносные наборы демонстрационного оборудования (проектор, экран, компьютер/ноутбук).

Промежуточная аттестация. Для проведения промежуточной аттестации по дисциплине используются компьютерные классы, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети Интернет и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду университета и/или учебные аудитории, укомплектованные мебелью и техническими средствами обучения.

Самостоятельная работа. Помещения для самостоятельной работы оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и доступом к электронной информационно-образовательной среде института. Для организации самостоятельной работы обучающихся используются:

- компьютерные классы института;
- библиотека, имеющая места для обучающихся, оснащенные компьютерами с доступом к базам данных и сети Интернет.

Электронная информационно-образовательная среда института (ЭИОС). Каждый обучающийся в течение всего периода обучения обеспечен индивидуальным неограниченным доступом к электронной информационно-образовательной среде института (ЭИОС) из любой точки, в которой имеется доступ к информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", как на территории института, так и вне ее.

ЭИОС института обеспечивает:

- доступ к учебным планам, рабочим программам дисциплин (модулей), программам практик, электронным учебным изданиям и электронным образовательным ресурсам, указанным в рабочих программах дисциплин (модулей), программах практик;
- формирование электронного портфолио обучающегося, в том числе сохранение его работ и оценок за эти работы.

В случае реализации образовательной программы с применением электронного обучения, дистанционных образовательных технологий ЭИОС дополнительно обеспечивает:

- фиксацию хода образовательного процесса, результатов промежуточной аттестации и результатов освоения образовательной программы;
- проведение учебных занятий, процедур оценки результатов обучения, реализация которых предусмотрена с применением электронного обучения, дистанционных образовательных технологий;
- взаимодействие между участниками образовательного процесса, в том числе синхронное и (или) асинхронное взаимодействия посредством сети "Интернет".

Таблица 20 – Перечень аудиторий и оборудования

Аудитория	Вид занятия	Материально-технические средства
Ауд. № 15, главный корпус (ул. Право-Лыбедская, 26/53). Аудитория для практических и семинарских занятий Аудитория для групповых и индивидуаль-ных консультаций Аудитория для текущего контроля и про-межуточной аттестации	Практические занятия	- комбинированные сидения с письменным местом, классная доска, кафедра для преподавателя; экран, проектор
Ауд. № 216, главный корпус (ул. Право-Лыбедская, 26/53). Аудитория для практических и семинарских занятий Аудитория для групповых и индивидуаль-ных консультаций Аудитория для текущего контроля и проме-жуточной аттестации		Поточная аудитория: - комбинированные сидения с письменным местом, классная доска, кафедра для преподавателя. Интерактивная доска, проектор, ноутбук.

7. Оценочные материалы (фонд оценочных средств) для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации

7.1. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта в ходе текущего контроля успеваемости

7.1.1 Типовые вопросы для письменного опроса

7.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта в ходе промежуточной аттестации по дисциплине

Форма проведения промежуточной аттестации по дисциплине зачет и экзамен.

Перечень вопросов для подготовки к зачету:

1. Цель и задачи нелинейной строительной механики.
2. Реальные и идеализированные диаграммы работы материала. Аппроксимация экспериментальных диаграмм.
3. Виды нелинейностей в строительной механике.
4. Понятие несущей способности. Статически определимые системы. Особенности работы СНС из идеально упруго - пластического материала.
5. Расчет СНС, работающих на растяжение-сжатие, по несущей способности.
6. Стадии работы сечения при изгибе балок из упругопластического материала. Пластический шарнир сечения.
7. Предельный изгибающий момент сечения при изгибе балок из упругопластического материала.
8. Расчет С.Н. блок по методу предельного равновесия.
9. Статическая и кинематическая теоремы
10. Методы расчета по несущей способности.
11. Расчет неразрезных балок по несущей способности. Способы расчета.
12. Расчет неразрезных балок по несущей способности:
 - а) определение предельной нагрузки;
 - б) подбор постоянного сечения;
 - в) подбор переменного (ступенчатого) сечения.
13. Простые независимые механизмы разрушения в рамах. Метод комбинированных механизмов разрушения. Пример.
14. Значение расчета за пределом упругости материала. Особенности нелинейной работы материала.
15. Нелинейно упругие системы и системы из упругопластического материала.
16. Нелинейно упругие балки. Зависимости изгибающего момента от кривизны изогнутой оси балки.
17. Определение напряжений в нелинейно упругой балке. Пример.
18. Определение перемещений в нелинейно упругих балках методом Ритца – Тимошенко
19. Метод последовательных нагружений.
20. Метод упругих решений.
21. Метод переменных параметров упругости.
22. Геометрическая нелинейность. Пример.
23. Расчет геометрически нелинейных шарнирно стержневых систем.
24. Изгиб геометрически нелинейных балок. ДУ изогнутой оси балки

8. Особенности организации обучения для лиц с ограниченными возможностями здоровья и инвалидов

При необходимости рабочая программа дисциплины может быть адаптирована для обеспечения образовательного процесса инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья, в том числе для дистанционного обучения. Для этого требуется заявление студента (его законного представителя) и заключение психолого-медико-педагогической комиссии (ПМПК).

В случае необходимости, обучающимся из числа лиц с ограниченными возможностями здоровья (по заявлению обучающегося) а для инвалидов также в

соответствии с индивидуальной программой реабилитации инвалида, могут предлагаться следующие варианты восприятия учебной информации с учетом их индивидуальных психофизических особенностей, в том числе с применением электронного обучения и дистанционных технологий:

- для лиц с нарушениями зрения: в печатной форме увеличенным шрифтом; в форме электронного документа; в форме аудиофайла (перевод учебных материалов в аудиоформат); в печатной форме на языке Брайля; индивидуальные консультации с привлечением тифлосурдопереводчика; индивидуальные задания и консультации.

- для лиц с нарушениями слуха: в печатной форме; в форме электронного документа; видеоматериалы с субтитрами; индивидуальные консультации с привлечением сурдопереводчика; индивидуальные задания и консультации.

- для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата: в печатной форме; в форме электронного документа; в форме аудиофайла; индивидуальные задания и консультации.

Рабочая программа дисциплины разработана в соответствии с:

- Федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по специальности 08.05.01 Строительство, утвержденным приказом Министерства науки и высшего образования Российской Федерации № 483 от 31 мая 2017 г., зарегистрированным в Минюсте 23.06.2017 регистрационный номер N 47136 (с изменениями на 19 июля 2022 года);

- учебным планом (очной форме обучения) по специальности 08.05.01 Строительство уникальных зданий и сооружений.

Рабочая программа дисциплины включает в себя оценочные материалы для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине (п.7 Оценочные материалы (фонд оценочных средств) для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации).

Автор: В.Д. Левин, кандидат физико-математических наук, доцент ВАК, доцент кафедры «Промышленное и гражданское строительство»

(указать ФИО, ученую степень, ученое звание или должность)

Программа одобрена на заседании кафедры «Промышленное и гражданское строительство» (протокол № 11 от 30.06.2023).