

**МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«КУБАНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ИМЕНИ И. Т. ТРУБИЛИНА»**

**АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ ФАКУЛЬТЕТ**

**УТВЕРЖДАЮ**

Декан архитектурно-  
строительного факультета

доцент

17.05

Д.Г. Серый

АРХИТЕКТУРНО-  
СТРОИТЕЛЬНЫЙ  
ФАКУЛЬТЕТ



**Рабочая программа дисциплины**

**Б1.Б.30 Нелинейные задачи строительной механики**

**Специальность**

**08.05.01 Строительство уникальных  
зданий и сооружений**

**Специализация**

**Строительство высотных и большепролетных  
зданий и сооружений**

**Уровень высшего образования**

**Специалитет**

**Форма обучения**

**Очная**

**Краснодар**

**2022**


Рабочая программа дисциплины «Нелинейные задачи строительной механики» разработана на основе ФГОС ВО 08.05.01 «Строительство уникальных зданий и сооружений» утвержденного приказом Министерства образования и науки РФ 11.08.2016 г. № 1030 (ред. от 13.07.2017).

Автор:  
доцент, кандидат  
технических наук

  
В. А. Дробот

Рабочая программа обсуждена и рекомендована к утверждению решением кафедры «Сопротивления материалов» от 25.04.2022 г., протокол № 8.

Заведующий кафедрой  
доцент, доктор  
технических наук

  
В. О. Шишкин

Рабочая программа одобрена на заседании методической комиссии архитектурно-строительного факультета от 17.05.2022 г., протокол № 10.

Председатель  
методической комиссии  
кандидат педагогических  
наук, доцент

  
Г. С. Молотков

Руководитель  
основной профессиональной  
образовательной программы  
кандидат технических наук,  
доцент, декан АСФ

  
Д. Г. Серый

## **1 Цель и задачи освоения дисциплины**

**Целью** изучения дисциплины «Нелинейные задачи строительной механики» является освоение студентом знаний и умений, необходимых строителю для решения задач в области анализа работы и расчета конструкций и их отдельных элементов на прочность, жёсткость и устойчивость с учётом геометрической нелинейности и неупругой работы материалов с использованием современного вычислительного аппарата.

### **Задачи**

- формирование представлений о работе конструкций и их отдельных элементов, выполненных из нелинейно-упругого или пластического материала,
- обучение методов определения истинного распределения в конструкциях напряжений при нелинейной работе материалов,
- изучение способов обеспечения необходимой прочности и жесткости конструкций с учетом геометрической нелинейности работы её элементов.

## **2 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения ОПОП ВО**

В результате освоения дисциплины обучающийся готовится к видам деятельности, в соответствии с образовательным стандартом ФГОС ВО 08.05.01 «Строительство уникальных зданий и сооружений».

**В результате освоения дисциплины формируются следующие компетенции:**

ОПК-7 – способностью выявить естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлечь их для решения соответствующий физико-математический аппарат.

## **3 Место дисциплины в структуре ОПОП ВО**

Дисциплина «Нелинейные задачи строительной механики» является базовой частью ОП подготовки обучающихся по специальности 08.05.01 «Строительство уникальных зданий и сооружений», специализация «Строительство высотных и большепролетных зданий и сооружений»

Для изучения дисциплины «Нелинейные задачи строительной механики» студентам необходимы знания по предыдущим (смежным) дисциплинам.

- История
- Философия
- Иностранный язык
- Правоведение (законодательство в строительстве)
- Экономика

- Социология и культурология
- Психология
- Мировая художественная культура
- Математика
- Информатика
- Начертательная геометрия и инженерная графика
- Химия
- Физика
- Экология
- Теоретическая механика
- Сопротивление материалов
- Строительная механика
- Теория упругости с основами пластичности и ползучести
- Механика грунтов
- Основания и фундаменты сооружений
- Механика жидкости и газа
- Техническая теплотехника
- Теоретические основы электротехники
- Основы метрологии, стандартизации, сертификации и контроля качества
- Инженерная геология
- Инженерная геодезия
- Архитектура
- Безопасность жизнедеятельности
- Строительные материалы

Также требуются знания по большому числу специальных инженерных дисциплин, посвященных изучению методов расчета сооружения и эксплуатации зданий и сооружений, грузоподъемных механизмов, трубопроводного транспорта и т.д.

Изучение строительной механики дает также тот минимум фундаментальных знаний, на основе которых будущий специалист сможет самостоятельно овладевать новой информацией, с которой ему придется столкнуться в производственной и научной деятельности.

Дисциплина может быть использована в изучении последующих дисциплин, НИР, подготовки выпускной квалификационной работы:

- Теория расчета пластин и оболочек
- Динамика и устойчивость сооружений
- Сейсмостойкость сооружений
- Железобетонные и каменные конструкции (общий курс)
- Металлические конструкции включая сварку (общий курс)
- Технологические процессы в строительстве
- Организация, планирование и управление в строительстве
- Основы технологии возведения зданий и специальных сооружений

- Механизация и автоматизация строительства
- Экономика строительства
- Управление проектами
- Строительная физика
- Обследование и испытание сооружений
- Эксплуатация и реконструкция сооружений
- Химия в строительстве
- Общая электротехника и электроснабжение
- Теплогазоснабжение и вентиляция
- Водоснабжение и водоотведение
- Архитектура промышленных и гражданских зданий
- Урбанистические тенденции развития строительства высотных и большепролетных зданий и сооружений
- Вероятностные методы строительной механики и теория надежности строительных конструкций
- Физическая культура и спорт
- Русский язык и культура речи
- Технология конструкционных материалов
- Основы геодезии
- Основы систем автоматизированного проектирования
- Конструкции из дерева и пластмасс
- Основы мониторинга зданий при опасных природных и техногенных воздействиях
- Элективные курсы по физической культуре и спорту
- История архитектуры и строительной техники
- История искусств
- Компьютерная графика
- Компьютерное моделирование
- Технология и организация возведения высотных и большепролетных зданий и сооружений
- Спецкурс по проектированию железобетонных конструкций
- Спецкурс по проектированию металлических конструкций
- Спецкурс по архитектуре
- Спецкурс по градостроительному законодательству
- Учебная практика
- Практика по получению первичных профессиональных умений и навыков
- Исполнительская практика
- Производственная практика
- Практика по получению профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности
- Исполнительская практика

- Технологическая практика
- Научно-исследовательская работа
- Преддипломная практика
- Защита выпускной квалификационной работы, включая подготовку к защите и процедуру защиты
- Рисунок
- Живопись

#### 4 Объем дисциплины (216 часов, 6 зачетных единицы)

Виды учебной работы	Объем, часов	
	Очная	Заочная
<b>Контактная работа</b>	104	-
в том числе:		
– аудиторная по видам учебных занятий	100	-
– лекции	16	-
– практические	80	-
– лабораторные	-	-
– внеаудиторная	4	-
–зачет	1	-
– экзамен	3	-
– защита курсовых работ (проектов)	-	-
<b>Самостоятельная работа</b>	89	-
в том числе:		
– курсовая работа (проект)	-	-
– прочие виды самостоятельной работы	27	-
<b>Итого по дисциплине</b>	216	-

#### 5 Содержание дисциплины

Дисциплина изучается на 5-м курсе (в 9-м и 10-м семестрах).

По итогам изучаемого курса студенты сдают зачет в 9-м семестре и экзамен в 10-м семестре.

#### Содержание и структура дисциплины по очной форме обучения

№ п/п	Тема. Основные вопросы.	Формируемые компетенции	Семестр	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость (в часах)			
				Лекции	Практические занятия	Лабораторные занятия	Самостоятельная работа

1	Введение. Виды нелинейности в теории расчета конструкций.	ОП К-7	9	2	12	–	12
2	Основные положения нелинейной строительной механики	ОП К-7	9	2	12	–	12
3	Методы решения задач нелинейной теории упругости и теории пластичности	ОП К-7	9	2	12	–	13
4	Расчёт физически нелинейных стержневых систем	ОП К-7	9	2	12	–	13
5	Геометрически нелинейные задачи. Большие перемещения и неустойчивость конструкций.	ОП К-7	А	2	10	–	13
6	Основы метода конечных элементов (МКЭ) для решения нелинейных задач.	ОП К-7	А	2	10	–	13
7	Расчет конструкций по несущей способности. Метод предельного равновесия	ОП К-7	А	4	12	–	13
	Итого			16	80	–	89

## **6 Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине**

Методические указания (для самостоятельной работы)

1. Нелинейные задачи строительной механики : метод. указания по дисциплине и для самостоятельной работы / сост. П. Г. Пасниченко, А. Д. Гумбаров. – Краснодар : КубГАУ, 2019. – 26 с.  
<https://kubsau.ru/upload/iblock/286/28652d2b3093316c37a7e5cb97279364.pdf>

## 7 Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации

### 7.1 Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения ОПОП ВО

Номер семестра	Этапы формирования компетенций по дисциплинам, практикам в процессе освоения ОП
ОПК-7 – способностью выявить естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлечь их для решения соответствующий физико-математический аппарат	
1,2,3,4	Математика
1,2,3	Физика
2,3	Теоретическая механика
3,4	Сопротивление материалов
5,6	Строительная механика
5	Теория упругости с основами пластичности и ползучести
9,А	Нелинейные задачи строительной механики
9	Динамика и устойчивость сооружений
7,8	Строительная физика
3,5,6,7,8	Базовые дисциплины специализации "Строительство высотных и большепролетных зданий и сооружений"
7	Общая электротехника и электроснабжение
6	Теплогазоснабжение и вентиляция

### 7.2 Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкалы оценивания

Планируемые результаты освоения компетенции	Уровень освоения				Оценочное средство
	Неудовлетворительно (минимальный)	Удовлетворительно (пороговый)	Хорошо (средний)	Отлично (высокий)	
<b>ОПК-7 способность выявить естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлечь для их решения соответствующий физико-математический аппарат</b>					
<b>Знать:</b> номенклатуру изделий и конструкций, выпускаемых подсобными предприятиями строительной организации Методы расчета конструкций зданий и сооружений	Не знает номенклатуру изделий и конструкций, выпускаемых подсобными предприятиями и строительной организации Методы расчета конструкций зданий и сооружений	Имеет поверхностные знания о номенклатуре изделий и конструкций, выпускаемых подсобными предприятиями строительной организации	Имеет представление о номенклатуре изделий и конструкций, выпускаемых подсобными предприятиями строительной организации	На высоком уровне знает номенклатуру изделий и конструкций, выпускаемых подсобными предприятиями строительной организации	Тестирование  Вопросы к зачету  Вопросы к экзамену



Планируемые результаты освоения компетенции	Уровень освоения				Оценочное средство
	Неудовлетворительно (минимальный)	Удовлетворительно (пороговый)	Хорошо (средний)	Отлично (высокий)	
конструкций зданий и сооружений Инновационные технологии возведения зданий и сооружений Порядок разработки перспективных и годовых планов технического перевооружения и производственно-хозяйственной деятельности строительной организации	Инновационные технологии возведения зданий и сооружений Порядок разработки перспективных и годовых планов технического перевооружения и производственно-хозяйственной деятельности строительной организации	Методах расчета конструкций зданий и сооружений Инновационных технологиях возведения зданий и сооружений Порядке разработки перспективных и годовых планов технического перевооружения и производственно-хозяйственной деятельности строительной организации	ой организации и Методах расчета конструкций зданий и сооружений и сооружений Иновационных технологиях возведения зданий и сооружений Порядке разработки перспективных и годовых планов технического перевооружения и производственно-хозяйственной деятельности строительной организации	Методы расчета конструкций зданий и сооружений Инновационные технологии возведения зданий и сооружений Порядок разработки перспективных и годовых планов технического перевооружения и производственно-хозяйственной деятельности строительной организации	
<b>Уметь:</b> составлять технические задания на проектирование и изготовление нестандартных	Не умеет составлять технические задания на проектирование и изготовление нестандартного	Умеет на низком уровне составлять технические задания на проектирование и изготовление	Умеет на достаточном уровне составлять технические задания на проектирование и	На высоком уровне умеет составлять технические задания на проектирование и изготовление	Тестирование Вопросы к зачету Вопросы к экзамену

Планируемые результаты освоения компетенции	Уровень освоения				Оценочное средство
	Неудовлетворительно (минимальный)	Удовлетворительно (пороговый)	Хорошо (средний)	Отлично (высокий)	
<p>оборудования, монтажной оснастки, закладных деталей</p> <p>Применять необходимую нормативно-техническую и методическую документацию, в том числе при подготовке договоров на выполнение строительно-монтажных работ</p> <p>Применять современные информационные технологии при проектировании технологических процессов</p>	<p>оборудования, монтажной оснастки, закладных деталей</p> <p>Применять необходимую нормативно-техническую и методическую документацию, в том числе при подготовке договоров на выполнение строительно-монтажных работ</p> <p>Применять современные информационные технологии при проектировании технологических процессов</p>	<p>нестандартного оборудования, монтажной оснастки, закладных деталей</p> <p>Применять необходимую нормативно-техническую и методическую документацию, в том числе при подготовке договоров на выполнение строительно-монтажных работ</p> <p>Применять современные информационные технологии при проектировании технологических процессов</p>	<p>изготовленного оборудования, монтажной оснастки, закладных деталей</p> <p>Применять необходимую нормативно-техническую и методическую документацию, в том числе при подготовке договоров на выполнение строительно-монтажных работ</p> <p>Применять современные информационные технологии при проектировании технологических процессов</p>	<p>нестандартного оборудования, монтажной оснастки, закладных деталей</p> <p>Применять необходимую нормативно-техническую и методическую документацию, в том числе при подготовке договоров на выполнение строительно-монтажных работ</p> <p>Применять современные информационные технологии при проектировании технологических процессов</p>	
<b>Владеть, трудовые действия: внедрение</b>	Не владеет способностью к внедрению компьютерны	Владеет на низком уровне способность	Достаточно владеет способностью к	На высоком уровне владеет способностью	Тестирование

Планируемые результаты освоения компетенции	Уровень освоения				Оценочное средство
	Неудовлетворительно (минимальный)	Удовлетворительно (пороговый)	Хорошо (средний)	Отлично (высокий)	
компьютерных программ по управлению строительными проектами Изучение и анализ рынка информационных услуг с целью обеспечения производства современных информационными технологиями	х программ по управлению строительными проектами Изучению и анализу рынка информационных услуг с целью обеспечения производства современным информационными технологиями	ю к внедрению компьютерных программ по управлению строительными проектами Изучению и анализу рынка информационных услуг с целью обеспечения производства современными информационными технологиями	внедрению компьютерных программ по управлению строительными проектами Изучению и анализу рынка информационных услуг с целью обеспечения производства современными информационными технологиями	ю к внедрению компьютерных программ по управлению строительными проектами Изучению и анализу рынка информационных услуг с целью обеспечения производства современными информационными технологиями	Вопросы к зачету Вопросы к экзамену

### 7.3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения ОПОП ВО

#### Тесты

По дисциплине «Нелинейные задачи строительной механики» предусмотрено проведение тестирования

#### Критерии оценки знаний студентов при проведении тестирования

Оценка «отлично» выставляется при условии правильного ответа студента не менее чем 80 % тестовых заданий;

Оценка «хорошо» выставляется при условии правильного ответа студента не менее чем 65 % тестовых заданий;

Оценка «удовлетворительно» выставляется при условии правильного ответа студента не менее 50 %;

Оценка «неудовлетворительно» выставляется при условии правильного ответа студента менее чем на 50 % тестовых заданий.

Результаты текущего контроля используются при проведении промежуточной аттестации.

### Вопросы к зачету.

1. Какие системы относятся к геометрически нелинейным?
2. В чём состоит различие при обычном линейном расчёте и расчёте по деформируемой схеме?
3. Как осуществляется расчёт по деформированному состоянию способом последовательных приближений?
4. Что называется продольно-поперечным изгибом?
5. Как влияет на величину прогибов и изгибающих моментов при продольно-поперечном изгибе сжимающая или растягивающая продольная сила?
6. В чём состоит отличие эйлеровой силы используемой при продольно-поперечном изгибе от критической нагрузки по формуле Эйлера?
7. Назовите зависимость между напряжениями и поперечной нагрузкой при продольно-поперечном изгибе.
8. Почему расчёт сжато-изогнутых стержней на продольно-поперечный изгиб следует производить по методу допускаемых нагрузок?
9. Как учитывается геометрическая нелинейность в стержневых системах, работающих на растяжение-сжатие МКЭ?
10. Что называют консервативной нагрузкой?
11. В чём состоит метод вычисления добавок к реакциям, предложенный В.В. Болотиним?
12. Как составляются обычные матрицы жёсткости конечных элементов?
13. Как составляются геометрические матрицы жёсткости конечных элементов?
14. Как составляются обычные матрицы жёсткости и геометрические матрицы жёсткости системы?
15. Как записывается основное уравнение МКЭ в задачах устойчивости?
16. Как находится форма потери устойчивости в МКЭ?
17. Как определяется критическая нагрузка в МКЭ?
18. Что понимается под явлением приспособляемости в конструкциях?
19. Какие три возможных случая деформирования в элементах конструкций возможны при повторных нагружениях конструкции за пределами упругости?
20. Какие фермы называются равнопрочными или не равнопрочными?
21. Какой вид имеют диаграммы при однократном и многократном нагружении равнопрочных и не равнопрочных ферм?
22. В каких фермах отсутствует явление приспособляемости и по каким причинам?

23. При каких условиях и в каких фермах возникает явление приспособляемости?

24. Какими особенностями обладают приспособившиеся фермы?

### **Вопросы к экзамену**

1. Какие основные принципы лежат в основе линейной строительной механики?

2. Какие методы расчета конструкций на прочность, жесткость и устойчивость разработаны в строительной механике?

3. В чем состоит основная идея расчета конструкций по методу допускаемых напряжений?

4. В чем состоит основная идея расчета конструкций по методу разрушающих нагрузок?

5. В чем состоит основная идея расчета конструкций по методу предельных состояний?

6. Какие виды нелинейности учитываются при прочностных расчетах инженерных сооружений и конструкций?

7. Что такое физическая нелинейность, для каких материалов она характерна?

8. Что такое геометрическая нелинейность?

9. Что такое конструктивная нелинейность, ее виды?

10. Какие гипотезы линейной строительной механики не соблюдаются при учете физической нелинейности материала?

11. То же, при учете геометрической нелинейности сооружений и конструкций?

12. То же, при учете конструктивной нелинейности сооружений и конструкций?

13. Какой вид имеют диаграммы деформирования упругого, упругопластического, жесткопластического и нелинейно-упругого тела?

14. Какие существуют классификации нелинейных задач теории упругости?

15. Какой вид имеют диаграммы деформирования физически нелинейного материала?

16. В чем состоит отличие между нелинейно-упругим и упругопластическим материалом?

17. В чем состоит особенность формулы для определения перемещений (Мора–Максвелла) применительно к расчету нелинейных задач строительной механики?

18. Какие четыре основные постановки задач нелинейной теории строительной механики возможны в практических расчетах?

19. В чем состоит основная предпосылка нелинейной теории упругости?

20. В чем состоит основная гипотеза в теории пластичности?

21. Что называется тензором напряжений, тензором деформаций и тензором скоростей деформаций?
22. Какой вид имеет тензор напряжений, тензор деформаций и тензор скоростей деформаций в главных осях напряжений?
23. На какие составляющие раскладывается тензор напряжений, тензор деформаций и тензор скоростей деформаций?
24. Какой вид имеют шаровые тензоры напряжений, деформаций и скоростей деформаций?
25. Какой вид имеют тензоры и девиаторы напряжений, деформаций и скоростей деформаций?
26. С какой составляющей тензора напряжений связывают изменение объема, а с какой изменение формы тела?
27. По каким формулам подсчитываются средние напряжения, линейные деформации и скорости линейной деформации?
28. Какая величина характеризует скорость объемной деформации?
29. Из какого уравнения определяются главные напряжения?
30. Что называется инвариантами? Чему равны первый, второй и третий инварианты напряжений и деформаций?
31. Чему равны интенсивности нормальных и касательных напряжений?
32. Чему равны интенсивности линейных деформаций и деформаций сдвига?
33. Какие величины в теории упругости принято называть обобщенными напряжениями и деформациями?
34. Чему равны обобщенные напряжения и деформации при одноосном сжатии или растяжении, чистом сдвиге и всестороннем равномерном сжатии?
35. Какие основные уравнения описывают нелинейно-упругие тела? Их физический смысл?
36. Какой вид имеют уравнения равновесия?
37. Какие виды граничных условий применяются в теории упругости?  
Запишите уравнения статических граничных условий.
38. Какой вид имеют геометрические уравнения?
39. Какой вид имеют уравнения совместности или неразрывности деформаций и в каких плоскостях они связывают между собой составляющие деформаций?
40. Какой вид имеет реологическое уравнение состояния тела?
41. Как записываются законы изменения формы и объема?
42. Что такое простое и сложное нагружение?
43. Что такое активная и пассивная деформации?
44. Какие существуют основные группы теорий пластичности?
45. Какие приняты основные допущения теорий пластичности?
46. Как конкретно формулируются основные допущения в деформационной теории пластичности?
47. Что называется модулем пластичности?

48. Что такое параметры Надаи–Лоде?
49. Как записываются уравнения Генки?
50. Как определяются упругие и пластические составляющие деформации в деформационной теории пластичности?
51. Как учитывается процесс разгрузки в деформационной теории пластичности?
52. Как конкретно формулируются основные допущения в теории пластического течения?
53. Какой вид имеют уравнения Сен-Венана–Мизеса?
54. Что такое пластический потенциал, чему он равен?
55. Что такое ассоциированный закон течения?
56. Какие основные идеализованные тела применяются в механике сплошной среды?
57. Как записываются реологические уравнения состояния евклидова тела?
58. Как записываются реологические уравнения состояния идеальной паскалевской жидкости?
59. Как записываются реологические уравнения состояния упругого линейно деформируемого тела?
60. Какие зависимости существуют между модулем объемной деформации, модулем упругости, модулем сдвига и коэффициентом Пуассона в идеально упругом теле?
61. Какой вид диаграмм «напряжение-деформация» для жесткопластического тела Сен-Венана и упругопластического тела Прандтля (диаграмма Прандт-ля)?
62. По каким формулам определяются переменные параметры упругости?
63. Какой геометрический смысл секущего, секториального и касательного модулей упругости?
64. Как записывается обобщенный закон Гука в напряжениях и деформациях и их приращениях в канонической и матричной формах?
65. Как записываются уравнения нелинейного деформирования в форме, предложенной А.А. Ильюшиным?
66. Что такое коэффициент линейной деформируемости среды?
67. Какие существуют виды напряженных состояний сооружений?
68. В чем состоит суть теории прочности Треска–Сен-Венана?
69. В чем состоит суть теории прочности Мизеса, ее энергетическое обоснование?
70. Какой вид имеет условие прочности Мизеса–Шлейхера?
71. В чем состоит суть теории прочности Мора–Кулона?
72. Что такое явление «разрыхления» материала при пластической деформации?

73. Какой вид имеют критерии теории максимальных касательных напряжений В.В. Новожилова?

74. Какой вид имеет степенная зависимость между обобщенными напряжениями и деформациями? Смысл коэффициентов и их определение?

75. Какой вид имеют комбинированные зависимости между обобщенными напряжениями и деформациями? Смысл коэффициентов и их определение?

76. Какой вид имеет дробно-линейная зависимость между обобщенными напряжениями и деформациями? Смысл коэффициентов и их определение?

77. Какой вид имеет диаграмма В.В. Соколовского между обобщенными напряжениями и деформациями? Смысл коэффициентов и их определение?

78. Как вычисляются секущие и касательные модули упругости для представленных выше зависимостей?

79. Какой вид имеет система основных дифференциальных уравнений метода перемещений для нелинейно-упругого и упругопластического тела и его матричная форма?

80. В чем состоит суть метода упругих решений? Его алгоритм и форма матричной реализации?

81. В чем состоит суть метода переменных параметров упругости? Его алгоритм и форма матричной реализации?

82. В чем состоит суть метода дополнительных деформаций? Его алгоритм и форма матричной реализации?

83. В чем состоит суть метода Ньютона–Рафсона? Его алгоритм и форма матричной реализации?

84. В чем состоит суть модифицированного метода Ньютона–Канторовича? Его алгоритм и форма матричной реализации?

85. В чем состоит суть метода последовательного нагружения? Его алгоритм и форма матричной реализации?

86. Как осуществляется учет последовательности возведения наращиваемых сооружений?

87. Какие достоинства и недостатки имеют вышеизложенные методы?

88. При каких условиях справедлив закон плоских сечений в нелинейно-упругих балках?

89. Какой вид имеет эпюра нормальных напряжений по высоте поперечного сечения в зависимости от уравнения между напряжениями и деформациями?

90. Какой вид имеют зависимости между кривизной оси балки и изгибающим моментом при разных уравнениях между напряжениями и деформациями для сечений в форме прямоугольного или идеального двутавра?

91. Что называется статическим моментом, моментом инерции и моментом сопротивления  $(k + 1)$ -го порядка?



92. По каким формулам определяются напряжения в нелинейно-упругих балках?

93. Чему равен пластический момент сопротивления при изгибе?

94. Чему равны изгибающие моменты в физически нелинейных стержневых системах при различных законах изменения диаграммы «напряжение-деформация»?

95. Какой вид имеет дифференциальное уравнение изогнутой оси балки в физически нелинейных стержневых системах?

96. Какие способы решения дифференциального уравнения изогнутой оси балки, рассмотрены в данной главе?

97. Какие алгоритмы приближенного решения дифференциального уравнения изогнутой оси балки применяются в методе переменных параметров упругости (МППУ)?

98. Какие алгоритмы приближенного решения дифференциального уравнения изогнутой оси балки применяются в методе последовательного нагружения (МПН)?

99. Какие достоинства и недостатки имеют МППУ и МПН?

#### **7.4 Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений и навыков и опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций**

##### **Требования к проведению процедуры тестирования**

Тестирование включает в себя задания по всем темам раздела рабочей программы дисциплины. Тестирование проводится на лабораторном занятии в течение 5-10 минут. Вариант контрольного тестирования выдается непосредственно на занятии. Студенты информированы, что тесты могут иметь один, несколько правильных ответов или все предлагаемые варианты ответов не будут правильными. Результаты тестирования озвучиваются на следующем занятии.

##### *Критерии оценки, шкала оценивания при проведении тестирования*

Оценка «**отлично**» выставляется при условии правильного ответа студента не менее чем 80 % тестовых заданий;

Оценка «**хорошо**» выставляется при условии правильного ответа студента не менее чем 65 % тестовых заданий;

Оценка «**удовлетворительно**» выставляется при условии правильного ответа студента не менее 50 %; .

Оценка «**неудовлетворительно**» выставляется при условии правильного ответа студента менее чем на 50 % тестовых заданий.

##### **Критерии оценки ответа на зачете**

Оценка «зачтено» - ответ выполнен правильно с учетом 1-2 мелких погрешностей или 2-3 недочетов, исправленных самостоятельно по требованию преподавателя.

Оценка «незачтено» - ответ выполнен неправильно, допущены грубые ошибки.

### **Критерии оценки на экзамене**

Оценка «отлично» выставляется студенту, который обладает всесторонними, систематизированными и глубокими знаниями материала учебной программы, умеет свободно выполнять задания, предусмотренные учебной программой, усвоил основную и ознакомился с дополнительной литературой, рекомендованной учебной программой. Как правило, оценка «отлично» выставляется студенту усвоившему взаимосвязь основных положений и понятий дисциплины в их значении для приобретаемой специальности, проявившему творческие способности в понимании, изложении и использовании учебного материала, правильно обосновывающему принятые решения, владеющему разносторонними навыками и приемами выполнения практических работ.

Оценка «хорошо» выставляется студенту, обнаружившему полное знание материала учебной программы, успешно выполняющему предусмотренные учебной программой задания, усвоившему материал основной литературы, рекомендованной учебной программой. Как правило, оценка «хорошо» выставляется студенту, показавшему систематизированный характер знаний по дисциплине, способному к самостоятельному пополнению знаний в ходе дальнейшей учебной работы и профессиональной деятельности, правильно применяющему теоретические положения при решении практических вопросов и задач, владеющему необходимыми навыками и приемами выполнения практических работ.

Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, который показал знание основного материала учебной программы в объеме, достаточном и необходимым для дальнейшей учебы и предстоящей работы по специальности, справился с выполнением заданий, предусмотренных учебной программой, знаком с основной литературой, рекомендованной учебной программой. Как правило, оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, допустившему погрешности в ответах на экзамене или выполнении экзаменационных заданий, но обладающему необходимыми знаниями под руководством преподавателя для устранения этих погрешностей, нарушающему последовательность в изложении учебного материала и испытывающему затруднения при выполнении практических работ.

Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, не знающему основной части материала учебной программы, допускающему принципиальные ошибки в выполнении предусмотренных учебной программой заданий, неуверенно с большими затруднениями выполняющему практические работы. Как правило, оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, который не может продолжить обучение или приступить к деятельности по специальности по окончании университета без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине.

Вопросы, выносимые на экзамен, доводятся до сведения студентов за месяц до сдачи экзамена.

Контрольные требования и задания соответствуют требуемому уровню усвоения дисциплины и отражают ее основное содержание.

Контроль освоения дисциплины и оценка знаний обучающихся на экзамене производится в соответствии с Пл КубГАУ 2.5.1 — «Текущий контроль и успеваемости и промежуточной аттестации студентов».

## **8 Перечень основной и дополнительной учебной литературы**

### **Основная**

1. Ганджунцев, М. И. Нелинейные задачи строительной механики : учебное пособие / М. И. Ганджунцев, А. А. Петраков. — Москва : Московский государственный строительный университет, Ай Пи Эр Медиа, ЭБС АСВ, 2017. — 101 с. — ISBN 978-5-7264-1513-0. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/64535.html>

2. Лукашевич, А. А. Нелинейные задачи строительной механики : учебное пособие / А. А. Лукашевич. — Санкт-Петербург : Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, ЭБС АСВ, 2016. — 140 с. — ISBN 978-5-9227-0689-6. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/74385.html>

3. Петров, В. В. Нелинейная строительная механика. Часть 1. Физическая нелинейность : учебное пособие / В. В. Петров. — Саратов : Саратовский государственный технический университет имени Ю.А. Гагарина, ЭБС АСВ, 2015. — 168 с. — ISBN 978-5-7433-2927-4. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/76491.html>

4. Петров, В. В. Нелинейная строительная механика. Часть 2. Геометрическая нелинейность : учебное пособие / В. В. Петров. — Саратов : Саратовский государственный технический университет имени Ю.А. Гагарина, ЭБС АСВ, 2016. — 152 с. — ISBN 978-5-7433-3025-6. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/76492.html>

### **Дополнительная**

1. Шляхин, Д. А. Нелинейные задачи строительной механики : курс лекций / Д. А. Шляхин. — Самара : Самарский государственный технический университет, ЭБС АСВ, 2017. — 155 с. — ISBN 978-5-9585-0713-9. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/83599.html>

2. Трушин, С. И. Строительная механика: метод конечных элементов : учеб. пособие / С.И. Трушин. — Москва : ИНФРА-М, 2019.

— 305 с. + Доп. материалы [Электронный ресурс; режим доступа <http://new.znanium.com>]. — (Высшее образование: Бакалавриат). — [www.dx.doi.org/10.12737/17500](http://www.dx.doi.org/10.12737/17500). - ISBN 978-5-16-011428-6. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1032990>

3. Строительная механика : учебное пособие / А. Г. Юрьев, Н. А. Смоляго, В. А. Зинькова, А. С. Горшков. — Белгород : Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, ЭБС АСВ, 2018. — 237 с. — ISBN 2227-8397. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/92296.html>

## 9 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

№	Наименование	Тематика	Ссылка
1.	Znanium.com	Универсальная	<a href="https://znanium.com/">https://znanium.com/</a>
2.	IPRbook	Универсальная	<a href="http://www.iprbookshop.ru/">http://www.iprbookshop.ru/</a>
3.	Образовательный портал КубГАУ	Универсальная	<a href="https://edu.kubsau.ru/">https://edu.kubsau.ru/</a>

– рекомендуемые интернет сайты:

1. Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы – <http://ru.wikipedia.org>

2. Каталог Государственных стандартов – <http://stroyinf.ru/cgi-bin/mck/gost.cgi>

3. Научная электронная библиотека – <https://eLIBRARY.ru>

4. Образовательный портал КубГАУ [Электронный ресурс]: Режим доступа: <https://edu.kubsau.ru>

5. Федеральный портал «Российское образование» – <http://edu.ru>

6. Черчение. Каталог. Единое окно доступа к образовательным ресурсам – <http://window.edu.ru>

7. Специализированный портал для инженеров – <http://dwg.ru>

## 10 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины

1. Нелинейные задачи строительной механики : метод. указания по дисциплине и для самостоятельной работы / сост. П. Г. Пасниченко, А. Д. Гумбаров. – Краснодар : КубГАУ, 2019. – 26 с. <https://kubsau.ru/upload/iblock/286/28652d2b3093316c37a7e5cb97279364.pdf>

## **11 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем**

### Перечень лицензионного ПО

<b>№</b>	<b>Наименование</b>	<b>Краткое описание</b>
1	Microsoft Windows	Операционная система
2	Microsoft Office (включает Word, Excel, PowerPoint)	Пакет офисных приложений
3	Microsoft Visio	Схемы и диаграммы
4	Autodesk Autocad	САПР
5	Система тестирования INDIGO	Тестирование

### Перечень профессиональных баз данных и информационных справочных систем

<b>№</b>	<b>Наименование</b>	<b>Тематика</b>	<b>Электронный адрес</b>
1	Научная электронная библиотека eLibrary	Универсальная	<a href="https://elibrary.ru/">https://elibrary.ru/</a>
2	DWG.ru	Универсальная	<a href="http://dwg.ru">http://dwg.ru</a>
3	КонсультантПлюс	Правовая	<a href="https://www.consultant.ru/">https://www.consultant.ru/</a>

Доступ к сети Интернет, доступ в электронную информационно-образовательную среду университета.

## 12 Материально-техническое обеспечение для обучения по дисциплине

№ п/п	Наименование учебных предметов, курсов, дисциплин (модулей), практики, иных видов учебной деятельности, предусмотренных учебным планом образовательной программы	Наименование помещений для проведения всех видов учебной деятельности, предусмотренной учебным планом, в том числе помещения для самостоятельной работы, с указанием перечня основного оборудования, учебно-наглядных пособий и используемого программного обеспечения	Адрес (местоположение) помещений для проведения всех видов учебной деятельности, предусмотренной учебным планом (в случае реализации образовательной программы в сетевой форме дополнительно указывается наименование организации, с которой заключен договор)
1	2	3	4
1	Нелинейные задачи строительной механики	Помещение №321 ГД, посадочных мест — 60; площадь — 53,6м <sup>2</sup> ; учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, занятий семинарского типа, курсового проектирования (выполнения курсовых работ), групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации специализированная мебель(учебная доска, учебная мебель); технические средства обучения, наборы демонстрационного оборудования и учебно-наглядных пособий (ноутбук, проектор, экран); программное обеспечение: Windows, Office.	350044, Краснодарский край, г. Краснодар, ул. им. Калинина, 13, здание учебного корпуса факультета гидромелиорации
2	Нелинейные задачи строительной механики	Помещение №18 ГД, посадочных мест — 60; площадь — 68,7м <sup>2</sup> ; учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, занятий семинарского типа, курсового проектирования (выполнения курсовых работ), групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации специализированная мебель(учебная доска, учебная мебель); технические средства обучения, наборы демонстрационного оборудования и учебно-наглядных пособий (ноутбук, проектор, экран); программное обеспечение: Windows, Office.	350044, Краснодарский край, г. Краснодар, ул. им. Калинина, 13, здание учебного корпуса факультета гидромелиорации
3	Нелинейные задачи	Помещение №15 МХ, площадь — 106,3м <sup>2</sup> ; Лаборатория "Сопротивление материалов" (кафедры сопротивления материалов),	350044, Краснодарский край, г. Краснодар, ул. им.

	строительной механики	лабораторное оборудование (оборудование лабораторное — 1 шт.); специализированная мебель (учебная доска, учебная мебель).	Калинина, 13, здание учебного корпуса факультета механизации
4	Нелинейные задачи строительной механики	Помещение №106 ГД, площадь — 51,4м <sup>2</sup> ; Лаборатория кафедры геодезии, специализированная мебель (учебная доска, учебная мебель).	350044, Краснодарский край, г. Краснодар, ул. им. Калинина, 13, здание учебного корпуса факультета гидромелиорации
5	Нелинейные задачи строительной механики	Помещение №420 ГД, посадочных мест — 25; площадь — 53,7м <sup>2</sup> ; помещение для самостоятельной работы обучающихся. технические средства обучения (компьютер персональный — 13 шт.); доступ к сети «Интернет»; доступ в электронную информационно-образовательную среду университета; специализированная мебель (учебная мебель).	350044, Краснодарский край, г. Краснодар, ул. им. Калинина, 13, здание учебного корпуса факультета гидромелиорации