

Министерство науки и высшего образования РФ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования

«Дагестанский государственный технический университет»

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

Дисциплина Нелинейные задачи строительной механики  
наименование дисциплины по ОПОП

для специальности 08.05.01 Строительство уникальных зданий и сооружений

специализация №1 – Строительство высотных и большепролетных зданий  
и сооружений  
код и полное наименование направления (специальности)

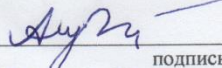
факультет Архитектурно-строительный,  
наименование факультета, где ведется дисциплина


кафедра Сопротивления материалов, теоретической и строительной механики.  
наименование кафедры, за которой закреплена дисциплина

Форма обучения очная, курс 4 семестр (ы) 7/8.  
очная, очно-заочная, заочная


г. Махачкала 2019

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по специальности 08.05.01 Строительство уникальных зданий и сооружений и специализация №1 – строительство высотных и большепролетных зданий и сооружений.

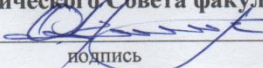
Разработчик  **Айдемиров К.Р., доцент**  
подпись (ФИО уч. степень, уч. звание)  
« 30 » 04 20 19 г.

Зав. кафедрой, за которой закреплена дисциплина (модуль) \_\_\_\_\_  
 **Пайзулаев М.М., к.т.н., доцент**  
подпись (ФИО уч. степень, уч. звание)  
« 30 » 04 20 19 г.

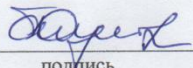
Программа одобрена на заседании выпускающей кафедры СКИГТС  
от 07.05.2019 года, протокол № 9.

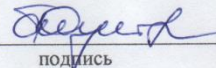
Зав. выпускающей кафедрой по данному направлению (специальности, профилю) \_\_\_\_\_  
 **Устарханов О.М., д.т.н., профессор**  
подпись (ФИО уч. степень, уч. звание)  
« 07 » 05 20 19 г.

Программа одобрена на заседании Методического Совета архитектурно-строительного факультета от 15.05.2019 года, протокол № 9.

Председатель Методического Совета факультета \_\_\_\_\_  
 **Омаров А.О., к.э.н., доцент**  
подпись (ФИО уч. степень, уч. звание)  
« 15 » 05 20 19 г.

Декан факультета \_\_\_\_\_  
 **Хаджишалапов Г.Н.**  
подпись ФИО

Начальник УО \_\_\_\_\_  
 **Магомаева Э.В.**  
подпись ФИО

И.о. начальника УМУ \_\_\_\_\_  
 **Гусейнов М.Р.**  
подпись ФИО

## **1. Цели и задачи освоения дисциплины**

Цель дисциплины – подготовка будущего специалиста к проведению самостоятельного анализа работы и расчета конструкций и их отдельных элементов с учетом нелинейностей, выполненных из различных материалов на прочность, жесткость и устойчивость при различных воздействиях с использованием современного вычислительного аппарата.

Задачами освоения дисциплины являются:

- выполнение расчетов статически определимых стержневых систем на неподвижную и подвижную нагрузки;
- выполнение расчетов статически неопределимых стержневых систем на неподвижную нагрузку с использованием классических методов;
- выполнение расчетов статически неопределимых стержневых систем на неподвижную нагрузку с использованием аналитических и матричных методов механики.

## **2. Место дисциплины в структуре ОПОП специалитета**

Дисциплина «Нелинейные задачи строительной механики» относится к части формируемой участниками образовательных отношений учебной программы.

Нелинейные задачи строительной механики, опираются на общетехнические дисциплины: высшую математику, физику, теоретическую механику, сопротивление материалов, теорию упругости, на общий курс строительной механики, сама является теоретической базой для изучения ряда инженерных дисциплин: основания и фундаменты сооружений, вероятностные методы строительной механики и теории надежности строительных конструкций, динамика и устойчивость сооружений, сейсмостойкость сооружений, железобетонные и каменные конструкции, металлических конструкций включая сварку, деревянных конструкций и конструкций из пластмасс, спец курс по проектированию железобетонных конструкций, спецкурс по проектированию металлических конструкций и т.д.

### 3. Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины (модуля)

В результате освоения дисциплины «Нелинейные задачи строительной механики» студент должен овладеть следующими компетенциями:

| Код компетенции | Наименование компетенции  | Наименование показателя оценивания (показатели достижения заданного уровня освоения компетенций)  |
|-----------------|---|---|
| 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                       |
| ОПК-6           | Способен осуществлять и организовывать разработку проектов зданий и сооружений с учетом экономических, экологических и социальных требований и требований безопасности, способен выполнять технико-экономическое обоснование проектных решений зданий и сооружений, осуществлять техническую экспертизу проектов и авторский надзор за их соблюдением | ОПК-6.17. Составление расчётной схемы здания (сооружения), определение условий работы элемента строительных конструкций при восприятии внешних нагрузок |
|                 |   | ОПК-6.18. Оценка прочности, жёсткости и устойчивости элемента строительных конструкций, в т.ч. с использованием прикладного программного обеспечения    |
|                 |   | ОПК-6.19. Динамический расчёт стержневой системы  |

### 4. Объем и содержание дисциплины (модуля)

| Форма обучения   | очная                              | заочная |
|--|------------------------------------|---------|
| Общая трудоемкость по дисциплине (ЗЕТ/ в часах)  | 7 ЗЕТ - 252 ч.,                    |         |
| Семестр  | 7/8                                |         |
| Лекции, час  | 34/34                              |         |
| Практические занятия, час  | 17/17                              |         |
| Лабораторные занятия, час  | –                                  |         |
| Самостоятельная работа, час  | 57/57                              |         |
| Курсовой проект (работа), РГР, семестр   | РГР – 7 семестр<br>РГР – 8 семестр |         |
| Зачет (при заочной форме 4 часа отводится на контроль)   | 7 семестр                          |         |
| Часы на экзамен (при очной, очно-заочной формах 1 ЗЕТ – 36 часов, при заочной форме 9 часов отводится на контроль) | Экзамен<br>(1 ЗЕТ - 36 ч.)         |         |

#### 4.1 Содержание дисциплины (модуля)

| № п/п | Раздел дисциплины, тема лекции и вопросы   | Очная форма |    |    |     | Заочная форма |    |    |     |
|-------|--|-------------|----|----|-----|---------------|----|----|-----|
|       |  | ЛК          | ПЗ | ЛБ | СРС | ЛК            | ПЗ | ЛБ | СРС |
| 1     | <p>Лекция 1.<br/>Тема 1. Введение в нелинейную строительную механику.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Основные этапы в развитии строительной механики. Классификация нелинейных задач.</li> <li>2. Виды нелинейности в теории расчета конструкций. Физически и геометрически нелинейные задачи.</li> <li>3. Виды анизотропии.</li> </ol>   | 2           | 1  |    | 3   |               |    |    |     |
| 2     | <p>Лекция 2.<br/>Тема 2. Теоремы строительной механики нелинейных стержневых систем.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Нелинейно-упругий и упругопластический материал.</li> <li>2. Экспериментальные диаграммы растяжения для различных материалов. Петля гистерезиса.</li> <li>3. Влияние времени деформирования. Ползучесть, релаксация.</li> </ol>                               | 2           | 1  |    | 3   |               |    |    |     |
| 3     | <p>Лекция 3.<br/>Тема 3. Основные виды нагружений, деформаций и теорий деформирования.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Простое и сложное нагружение. Эффект Баушингера. Принцип Мизинга. Наклеп.</li> <li>2. Активная и пассивная деформации.</li> <li>3. О теориях деформирования.</li> <li>4. Основные постановки при решении задач нелинейной строительной механики.</li> </ol> | 2           | 1  |    | 3   |               |    |    |     |

|   |   |   |   |   |  |  |  |  |
|---|---|---|---|---|--|--|--|--|
| 4 | <p>Лекция 4.<br/>Тема 4. Тензоры напряжений, деформаций и скоростей деформаций.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Тензор напряжений</li> <li>2. Тензор деформаций и тензор скоростей деформаций. Шаровой тензор и девиатор.</li> <li>3. Инварианты тензоров напряжений и деформаций. Интенсивности напряжений и деформаций.</li> </ol>  | 2 | 1 | 4 |  |  |  |  |
| 5 | <p>Лекция 5.<br/>Тема 5. Основные уравнения нелинейно-упругого и упругопластического тела.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Уравнения равновесия нелинейно-упругого и упруго-пластического тела. Граничные условия (ГУ).</li> <li>2. Геометрические уравнения</li> <li>3. Уравнения совместности Сен-Венана.</li> <li>4. Реологическое уравнение состояния тела.</li> <li>5. Уравнения изменения формы и изменения объема тела.</li> </ol> | 2 | 1 | 3 |  |  |  |  |
| 6 | <p>Лекция 6.<br/>Тема 6. Деформационная теория пластичности.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. О теориях деформирования. Теория малых упруго-пластических деформаций.</li> <li>2. Основные допущения теорий пластичности.</li> <li>3. Уравнения Генки</li> <li>4. Упругие и пластические деформации. Разгрузка.</li> </ol>  | 2 | 1 | 4 |  |  |  |  |
| 7 | <p>Лекция 7.<br/>Тема 7. Теория пластического течения.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Исходные положения к теории пластического течения</li> <li>2. Уравнения Сен-Венана – Мизеса.</li> <li>3. Пластический потенциал. Свойства пластического потенциала.</li> <li>4. Ассоциированный закон течения.</li> <li>5. Сопоставление теорий пластичности.</li> </ol>   | 2 | 1 | 4 |  |  |  |  |

|    |   |   |   |  |   |  |  |  |  |
|----|---|---|---|--|---|--|--|--|--|
| 8  | <p>Лекция 8.<br/>Тема 8. Зависимости между интенсивностями напряжений и деформаций.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Идеализированные тела</li> <li>2. Реологическое уравнение состояния евклидова тела.</li> <li>3. Условие пластичности Треска-Сен-Венана</li> <li>4. Переменные параметры упругости.</li> <li>5. Краткие сведения из теории матриц. Матричные зависимости между напряжениями и деформациями и их приращениями.</li> </ol> | 2 | 1 |  | 3 |  |  |  |  |
| 9  | <p>Лекция 9.<br/>Тема 9. Предельное напряженное состояние.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Условие предельного состояния</li> <li>2. Условия Треска - Сен-Венана</li> <li>3. Теория Мизеса</li> <li>4. Энергетическое обоснование теории Мизеса</li> <li>5. Теория Мора - Кулона</li> </ol> <p>“Разрыхление” материала при пластической деформации.</p>   | 2 | 1 |  | 3 |  |  |  |  |
| 10 | <p>Лекция 10.<br/>Тема 10. Аппроксимация экспериментальных кривых.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Степенная зависимость между напряжением и деформацией</li> <li>2. Комбинированные степенные зависимости между напряжениями и деформациями.</li> <li>3. Дробно-линейная зависимость. (Зависимости Герстнера, Сен-Венана.</li> <li>4. Диаграмма В.В. Соколовского. Иные виды зависимостей.</li> </ol>                                      | 2 | 1 |  | 3 |  |  |  |  |

|    |  |   |   |  |   |  |  |  |  |
|----|--|---|---|--|---|--|--|--|--|
| 11 | <p>Лекция 11.<br/>Тема 11. Методы решения задач нелинейной теории упругости и теории пластичности.</p> <p>1. Классификация нелинейных задач строительной механики. Дифференциальные уравнения метода перемещений (уравнения Ляме).</p> <p>2. Метод упругих решений (МУР). Схема решения упругопластической задачи.</p> <p>3. Графическая интерпретация метода упругих решений.</p> | 2 | 1 |  | 3 |  |  |  |  |
| 12 | <p>Лекция 12.<br/>Тема 11. Методы решения задач нелинейной теории упругости и теории пластичности.</p> <p>1. Метод переменных параметров упругости (МППУ).</p> <p>2. Псевдоупругие и средневзвешенные константы. Графическая интерпретация метода.</p> <p>3. Метод дополнительных деформаций.</p>  | 2 | 1 |  | 4 |  |  |  |  |
| 13 | <p>Лекция 13.<br/>Тема 11. Методы решения задач нелинейной теории упругости и теории пластичности.</p> <p>1. Метод Ньютона – Рафсона.</p> <p>2. Модифицированный метод Ньютона – Канторовича</p> <p>3. Метод последовательного нагружения (МПН).</p>   | 2 | 1 |  | 4 |  |  |  |  |
| 14 | <p>Лекция 14.<br/>Тема 11. Методы решения задач нелинейной теории упругости и теории пластичности</p> <p>1. Метод продолжения решения по параметру.</p> <p>2. Учет последовательности возведения наращиваемых сооружений.</p> <p>3. Вопросы сходимости изложенных итерационных методов.</p>  | 2 | 1 |  | 4 |  |  |  |  |



|   |  |  |           |  |           |  |  |  |  |
|---|--|--|-----------|--|-----------|--|--|--|--|
| 15  | <p>Лекция 15.<br/>Тема 12. Расчет физически нелинейных стержневых систем.</p> <p>1. Основы расчета нелинейно-упругих балок<br/>2. Зависимость между кривизной оси балки и изгибающим моментом<br/>3. Определение напряжений (строгое решение).</p>   | 2  | 1         |  | 3         |  |  |  |  |
| 16  | <p>Лекция 16.<br/>Тема 12. Расчет физически нелинейных стержневых систем.</p> <p>1. Определение перемещений (строгое решение)<br/>2. Примеры расчета физически нелинейных стержневых систем приближенными методами.</p>  | 2  | 1         |  | 3         |  |  |  |  |
| 17  | <p>Лекция 17.<br/>Тема 13. Конструктивная нелинейность.</p> <p>1. Способы решения контактных задач<br/>2. Односторонне работающие конечные элементы, выключающиеся связи.<br/>3. Проблемы сходимости решения в задачах с конструктивной нелинейностью.<br/>4. Факторы, влияющие на сходимость.</p> | 2  | 1         |  | 3         |  |  |  |  |
| <p>Форма текущего контроля успеваемости<br/>(по срокам текущих аттестаций в семестре)</p> |  | <p>Входная конт. работа<br/>1 аттестация 1-5 тема<br/>2 аттестация 6-10 тема<br/>3 аттестация 11-15 тема</p> |           |  |           |  |  |  |  |
| <p>Форма промежуточной аттестации (по семестрам)</p>                                      |  | <p>Зачет</p>   |           |  |           |  |  |  |  |
| <p><b>Итого за 7 семестр</b></p>  |  | <b>34</b>  | <b>17</b> |  | <b>57</b> |  |  |  |  |

## 8 семестр

|    |   |   |   |  |   |  |  |  |  |
|----|---|---|---|--|---|--|--|--|--|
| 18 | <p>Лекция 1.<br/>Тема 14. Метод предельного равновесия.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Три основные теоремы предельного равновесия.</li> <li>2. Кинематический и статический методы теории предельного равновесия.</li> <li>3. Пластический момент сопротивления сечения.</li> <li>4. Вычисление предельного момента в сечении при разносопротивляемости материала на растяжение и сжатие.</li> </ol>  | 2 | 2 |  | 3 |  |  |  |  |
| 19 | <p>Лекция 2.<br/>Тема 15. Расчет стержневых систем методом предельного равновесия.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Характерные особенности расчета изгибаемых конструкций методом предельного равновесия.</li> <li>2. Примеры применения статической и кинематической теорем. Предельное равновесие балок и ферм.</li> <li>3. Особенности предельного равновесия арок и рам кинематическим методом. Механизмы разрушения.</li> <li>4. Определение предельной нагрузки для однопролетной рамы кинематическим методом.</li> </ol> | 2 | 2 |  | 3 |  |  |  |  |
| 20 | <p>Лекция 3.<br/>Тема 16. Неразрезные балки. Расчет методом предельного равновесия.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Основные положения линейного расчета неразрезных балок. Метод уравнений трех моментов.</li> <li>2. Метод фокусов. Фокусы и фокусные отношения. Вычисления опорных моментов загруженного пролета при действии нагрузки только на одном пролете. Построение эпюр изгибающих моментов и поперечных сил.</li> <li>3. Вычисление опорных реакций. Построение объемлющих эпюр изгибающих моментов.</li> </ol>     | 2 | 2 |  | 3 |  |  |  |  |

|    |   |   |   |  |   |  |  |  |  |
|----|---|---|---|--|---|--|--|--|--|
| 21 | <p>Лекция 4.<br/>Тема 16. Неразрезные балки. Расчет методом предельного равновесия.</p> <p>1. Предельное равновесие неразрезных балок. Использование статической и кинематической теорем предельного равновесия.</p> <p>2. Расчет однопролетной неразрезной балки на действие распределенной нагрузки статическим методом предельного равновесия.</p> <p>3. Расчет 2-х пролетной неразрезной балки на действие сосредоточенных сил использованием статической и кинематической теорем предельного равновесия.</p> | 2 | 2 |  | 4 |  |  |  |  |
| 22 | <p>Лекция 5.<br/>Тема 16. Расчет пластин методом предельного равновесия.</p> <p>1. Предельное равновесие пластинок. Использование кинематической теоремы предельного равновесия. Типовые схемы предельных пластических механизмов пластин.</p> <p>2. Расчет прямоугольной пластины на равномерно распределенную нагрузку. Определение предельной нагрузки.</p> <p>3. Расчет свободно опертой круглой пластинки на действие сосредоточенной силы приложенной в центре.</p>   | 2 | 2 |  | 3 |  |  |  |  |
| 23 | <p>Лекция 6.<br/>Тема 17. Математический аппарат численных методов в строительной механике.</p> <p>1. Физическая и математическая модели объекта.</p> <p>2. Краткие сведения из теории матриц.</p> <p>3. Обзор численных методов строительной механики.</p> <p>4. Метод конечных разностей. Вариационно-разностный метод.</p>   | 2 | 2 |  | 4 |  |  |  |  |

|    |  |   |   |  |   |  |  |  |  |
|----|--|---|---|--|---|--|--|--|--|
| 24 | <p>Лекция 7.<br/>Тема 18. Матрицы в статике сооружений.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Матричная форма определения перемещений.</li> <li>2. Матричная форма метода сил.</li> <li>3. Матричная форма метода перемещений.</li> <li>4. Определение критических сил в рамках матричным методом перемещений.</li> </ol>  | 2 | 2 |  | 4 |  |  |  |  |
| 25 | <p>Лекция 8.<br/>Тема 19. Матрицы в динамике сооружений.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Собственные числа и собственные векторы матриц.</li> <li>2. Полная проблема собственных значений. Метод итераций.</li> <li>3. Функции матриц.</li> <li>4. Динамический расчет систем со многими степенями свободы.</li> <li>5. Определение внутренних усилий. Примеры динамического расчета конструкций.</li> </ol>   | 2 | 2 |  | 3 |  |  |  |  |
| 26 | <p>Лекция 9.<br/>Тема 20. Метод конечных элементов в расчетах строительных конструкций.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Место и значение МКЭ при расчете строительных конструкций.</li> <li>2. Идея метода конечных элементов. Основные понятия и определения.</li> <li>3. Конечно элементная схема, конечный элемент, матрица жесткости элемента и системы.</li> <li>4. Число степеней свободы элемента и системы, местная и глобальная системы координат, силы и перемещения.</li> </ol> | 2 | 2 |  | 3 |  |  |  |  |

|    |  |   |   |  |   |  |  |  |  |
|----|--|---|---|--|---|--|--|--|--|
| 27 | <p>Лекция 10.<br/>Тема 20. Метод конечных элементов в расчетах строительных конструкций.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Преобразование матрицы жесткости при переходе от одной системы координат к другой.</li> <li>Формирование матрицы жесткости всей конструкции.</li> <li>Граничные условия. Формирование вектора нагрузок.</li> <li>Формирование и решение разрешающей системы уравнений МКЭ.</li> <li>Общий алгоритм статического расчета стержневой системы МКЭ.</li> </ol> | 2 | 2 |  | 3 |  |  |  |  |
| 28 | <p>Лекция 11.<br/>Тема 20. Метод конечных элементов в расчетах строительных конструкций.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Основные матричные уравнения для нелинейных расчетов конструкций в МКЭ. Вывод уравнений.</li> <li>Матрицы жесткости различных порядков для конечных элементов произвольного типа.</li> <li>Частные случаи применения основного уравнения.</li> </ol>   | 2 | 2 |  | 3 |  |  |  |  |
| 29 | <p>Лекция 12.<br/>Тема 21. Алгоритм численной реализации задач МКЭ.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>Образование расчётной схемы. Структура исходных данных.</li> <li>Формирование матрицы жёсткости конструкции.</li> <li>Граничные условия.</li> <li>Решение разрешающей системы уравнений.</li> <li>Оценка результатов расчета.</li> </ol> <p>Ошибки округления вычислений.</p>   | 2 | 2 |  | 4 |  |  |  |  |

|    |  |   |   |  |   |  |  |  |  |
|----|--|---|---|--|---|--|--|--|--|
| 30 | <p>Лекция 13.<br/>Тема 22. МКЭ в расчетах нелинейных задач статики.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Физически и геометрически нелинейные задачи.</li> <li>2. Общие представления о нелинейных задачах.</li> <li>3. Итерационные методы решения нелинейных задач.</li> <li>4. Шаговые методы решения нелинейных задач.</li> <li>5. Алгоритмы решения упругопластической плоской задачи.</li> </ol> <p>Примеры нелинейных расчетов.</p>  | 2 | 2 |  | 4 |  |  |  |  |
| 31 | <p>Лекция 14.<br/>Тема 22. МКЭ в расчетах нелинейных задач статики.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Использование нелинейных матриц жесткости для решения задач статики.</li> <li>2. Построение методики шагово-итерационного расчета тонкостенных конструкций на основе деформационной теории с использованием многослойных конечных элементов.</li> <li>3. Построение эффективной методики шагово-итерационного расчета тонкостенных подкрепленных конструкций с использованием нелинейных уравнений.</li> </ol> | 2 | 2 |  | 4 |  |  |  |  |
| 32 | <p>Лекция 15.<br/>Тема 23. Нелинейная теория пластин и пологих оболочек.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Большие перемещения и неустойчивость конструкций.</li> <li>2. Основные соотношения между перемещениями и деформациями.</li> <li>3. Понятие матрицы тангенциальной жесткости.</li> <li>4. Особенности расчета по деформированному состоянию.</li> <li>5. Основные гипотезы в нелинейной теории пластин и пологих оболочек.</li> </ol>  | 2 | 2 |  | 3 |  |  |  |  |

|   |  |   |           |  |           |  |  |  |  |
|---|--|---|-----------|--|-----------|--|--|--|--|
| 33  | <p>Лекция 16.<br/>Тема 24. Математическая формулировка задачи устойчивости.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Матрицы жёсткости и потенциала нагрузки.</li> <li>2. Последовательность решения задач с геометрической нелинейностью методом конечных элементов.</li> <li>3. Вантовые системы. Потеря устойчивости стержня, как задача с геометрической нелинейностью.</li> <li>4. Решения задач с предельными точками.</li> <li>5. Метод продолжения по параметру.</li> <li>6. Методы линейного и нелинейного расчета конструкций на устойчивость.</li> </ol> | 2   | 2         |  | 3         |  |  |  |  |
| 34  | <p>Лекция 17.<br/>Тема 24. Математическая формулировка задачи устойчивости.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Метод определения критического параметра на устойчивый излом</li> <li>2. Расчет тонкостенных конструкций на устойчивость с учетом начальных перемещений.</li> <li>3. Использование метода наложенной связи в нелинейных расчетах на устойчивость.</li> </ol>   | 2   | 1         |  | 3         |  |  |  |  |
| <p>Форма текущего контроля успеваемости<br/>(по срокам текущих аттестаций в семестре)</p> |  | <p>1 аттестация 1-5 тема<br/>2 аттестация 6-10 тема<br/>3 аттестация 11-15 тема</p> |           |  |           |  |  |  |  |
| <p>Форма промежуточной аттестации (по семестрам)</p>                                      |  | <p>Экзамен<br/>(13ЕТ - 36 час)</p>  |           |  |           |  |  |  |  |
| <p><b>Итого за 8 семестр</b></p>  |  | <b>34</b>   | <b>17</b> |  | <b>57</b> |  |  |  |  |

#### 4.2.1. Содержание практических занятий

Таблица 4.2.

| № п/п | № лекции из рабочей программы | Наименование практического занятия                                     | Количество часов |        | Рекомендуемая литература и методические разработки |
|-------|-------------------------------|--|------------------|--------|--|
|       |                               |  | Очно             | Заочно |  |
| 1     | 2                             | 3  | 4                |        | 5  |
| 1     | 1                             | Введение в нелинейную строительную механику                            | 1                |        | [1 - 9]  |
| 2     | 2                             | Теоремы строительной механики нелинейных стержневых систем             | 1                |        | [1 - 9]  |
| 3     | 3                             | Основные виды нагружений, деформаций и теорий деформирования           | 1                |        | [1 - 9]  |
| 4     | 4                             | Тензоры напряжений, деформаций и скоростей деформаций                  | 1                |        | [1 - 9]  |
| 5     | 5                             | Основные уравнения нелинейно-упругого и упругопластического тела       | 1                |        | [1 - 9]  |
| 6     | 6                             | Деформационная теория пластичности                                     | 1                |        | [1 - 9]  |
| 7     | 7                             | Теория пластического течения   | 1                |        | [1 - 9]  |
| 8     | 8                             | Зависимости между интенсивностями напряжений и деформаций              | 1                |        | [1 - 9]  |
| 9     | 9                             | Предельное напряженное состояние                                       | 1                |        | [1 - 9]  |
| 10    | 10                            | Аппроксимация экспериментальных кривых                                 | 1                |        | [1 - 9]  |
| 11    | 11                            | Методы решения задач нелинейной теории упругости и теории пластичности | 1                |        | [1 - 9]  |
| 12    | 12                            | Методы решения задач нелинейной теории упругости и теории пластичности | 1                |        | [1 - 9]  |
| 13    | 13                            | Методы решения задач нелинейной теории упругости и теории пластичности | 1                |        | [1 - 9]  |
| 14    | 14                            | Методы решения задач нелинейной теории упругости и теории пластичности | 1                |        | [1 - 9]  |
| 15    | 15                            | Расчет физически нелинейных стержневых систем                          | 1                |        | [1 - 9]  |



|    |    |  |           |  |         |
|----|----|--|-----------|--|---------|
| 16 | 16 | Расчет физически нелинейных стержневых систем                    | 1         |  | [1 - 9] |
| 17 | 17 | Конструктивная нелинейность                                      | 1         |  | [1 - 9] |
|    |    | <b>Итого за 7 семестр</b>  | <b>17</b> |  | [1 - 9] |
| 18 | 1  | Метод предельного равновесия                                     | 1         |  | [1 - 9] |
| 19 | 2  | Расчет стержневых систем методом предельного равновесия          | 1         |  | [1 - 9] |
| 20 | 3  | Неразрезные балки. Расчет методом предельного равновесия         | 1         |  | [1 - 9] |
| 21 | 4  | Неразрезные балки. Расчет методом предельного равновесия         | 1         |  | [1 - 9] |
| 22 | 5  | Расчет пластин методом предельного равновесия.                   | 1         |  | [1 - 9] |
| 23 | 6  | Математический аппарат численных методов в строительной механике | 1         |  | [1 - 9] |
| 24 | 7  | Матрицы в статике сооружений                                     | 1         |  | [1 - 9] |
| 25 | 8  | Матрицы в динамике сооружений                                    | 1         |  | [1 - 9] |
| 26 | 9  | Метод конечных элементов в расчетах строительных конструкций     | 1         |  | [1 - 9] |
| 27 | 10 | Метод конечных элементов в расчетах строительных конструкций     | 1         |  | [1 - 9] |
| 28 | 11 | Метод конечных элементов в расчетах строительных конструкций     | 1         |  | [1 - 9] |
| 29 | 12 | Алгоритм численной реализации задач МКЭ                          | 1         |  | [1 - 9] |
| 30 | 13 | МКЭ в расчетах нелинейных задач статики                          | 1         |  | [1 - 9] |
| 31 | 14 | МКЭ в расчетах нелинейных задач статики                          | 1         |  | [1 - 9] |
| 32 | 15 | Нелинейная теория пластин и пологих оболочек                     | 1         |  | [1 - 9] |
| 33 | 16 | Математическая формулировка задачи устойчивости                  | 1         |  | [1 - 9] |
| 34 | 17 | Математическая формулировка задачи устойчивости                  | 1         |  | [1 - 9] |
|    |    | <b>Итого за 8 семестр</b>  | <b>17</b> |  |         |

#### 4.2.2. Тематика для самостоятельной работы студента

| № п/п | Тематика по содержанию дисциплины, выделенная для самостоятельного изучения  | Количество часов из содержания дисциплины |        | Рекомендуемая литература и источники информации | Формы контроля СРС                       |
|-------|--|---|--------|---|--|
|       |  | Очно                                      | Заочно |   |  |
| 1     | 2  | 3   | 4      |   |  |
| 1     | Основные этапы в развитии строительной механики. Классификация нелинейных задач. Виды нелинейности в теории расчета конструкций. Физически и геометрически нелинейные задачи. Виды анизотропии.              | 3   |        | [1 - 9]   | контрольная работа, практические занятия |
| 2     | Нелинейно-упругий и упругопластический материал. Экспериментальные диаграммы растяжения для различных материалов. Петля гистерезиса. Влияние времени деформирования. Ползучесть, релаксация.                 | 3   |        | [1 - 9]   | контрольная работа, практические занятия |
| 3     | Простое и сложное нагружение. Эффект Баушингера. Принцип Мизинга. Наклеп. Активная и пассивная деформации. О теориях деформирования. Основные постановки при решении задач нелинейной строительной механики. | 3   |        | [1 - 9]   | контрольная работа, практические занятия |
| 4     | Тензор напряжений<br>Тензор деформаций и тензор скоростей деформаций. Шаровой тензор и девиатор.<br>Инварианты тензоров напряжений и деформаций. Интенсивности напряжений и деформаций.                      | 4   |        | [1 - 9]   | контрольная работа, практические занятия |
| 5     | Уравнения равновесия нелинейно-упругого и упруго-пластического тела. Граничные условия (ГУ).<br>Геометрические уравнения<br>Уравнения совместности Сен-Венана.   | 3   |        | [1 - 9]   | контрольная работа, практические занятия |

|    |  |   |  |         |   |
|----|--|---|--|---------|---|
|    | Реологическое уравнение состояния тела.<br>Уравнения изменения формы и изменения объема тела.  |   |  |         |   |
| 6  | О теориях деформирования. Теория малых упруго-пластических деформаций.<br>Основные допущения теорий пластичности.<br>Уравнения Генки<br>Упругие и пластические деформации. Разгрузка.  | 4 |  | [1 - 9] | контрольная работа,<br>практические занятия |
| 7  | Исходные положения к теории пластического течения<br>Уравнения Сен-Венана – Мизеса.<br>Пластический потенциал. Свойства пластического потенциала.<br>Ассоциированный закон течения.<br>Сопоставление теорий пластичности.  | 4 |  | [1 - 9] | контрольная работа,<br>практические занятия |
| 8  | Идеализированные тела<br>Реологическое уравнение состояния евклидова тела.<br>Условие пластичности Треска-Сен-Венана<br>Переменные параметры упругости.<br>Краткие сведения из теории матриц. Матричные зависимости между напряжениями и деформациями и их приращениями. | 3 |  | [1 - 9] | контрольная работа,<br>практические занятия |
| 9  | Условие предельного состояния<br>Условия Треска - Сен-Венана<br>Теория Мизеса<br>Энергетическое обоснование теории Мизеса<br>Теория Мора - Кулона<br>“Разрыхление” материала при пластической деформации.  | 3 |  | [1 - 9] | контрольная работа,<br>практические занятия |
| 10 | Степенная зависимость между напряжением и деформацией<br>Комбинированные степенные зависимости между напряжениями и деформациями.  | 3 |  | [1 - 9] | контрольная работа,<br>практические занятия |

|    |   |   |  |         |   |
|----|---|---|--|---------|---|
|    | Дробно-линейная зависимость. (Зависимости Герстнера, Сен-Венана.<br>Диаграмма В.В. Соколовского. Иные виды зависимостей.  |   |  |         |   |
| 11 | Классификация нелинейных задач строительной механики. Дифференциальные уравнения метода перемещений (уравнения Ляме).<br>Метод упругих решений (МУР). Схема решения упругопластической задачи.<br>Графическая интерпретация метода упругих решений. | 3 |  | [1 - 9] | контрольная работа,<br>практические занятия |
| 12 | Метод переменных параметров упругости (МППУ).<br>Псевдоупругие и средневзвешенные константы.<br>Графическая интерпретация метода.<br>Метод дополнительных деформаций.   | 4 |  | [1 - 9] | контрольная работа,<br>практические занятия |
| 13 | Метод Ньютона – Рафсона.<br>Модифицированный метод Ньютона – Канторовича<br>Метод последовательного нагружения (МПН).   | 4 |  | [1 - 9] | контрольная работа,<br>практические занятия |
| 14 | Метод продолжения решения по параметру.<br>Учет последовательности возведения наращиваемых сооружений.<br>Вопросы сходимости изложенных итерационных методов.   | 4 |  | [1 - 9] | контрольная работа,<br>практические занятия |
| 15 | Основы расчета нелинейно-упругих балок<br>Зависимость между кривизной оси балки и изгибающим моментом<br>Определение напряжений (строгое решение).  | 3 |  | [1 - 9] | контрольная работа,<br>практические занятия |
| 16 | Определение перемещений (строгое решение)<br>Примеры расчета физически нелинейных стержневых систем приближенными методами.   | 3 |  | [1 - 9] | контрольная работа,<br>практические занятия |
| 17 | Способы решения контактных задач<br>Односторонне работающие конечные элементы,  | 3 |  | [1 - 9] | контрольная работа,<br>практические занятия |

|                           |   |           |  |         |  |
|---------------------------|---|-----------|--|---------|--|
|                           | <p>выключающиеся связи.<br/>         Проблемы сходимости решения в задачах с конструктивной нелинейностью.<br/>         Факторы, влияющие на сходимость.</p>  |           |  |         | тия                                      |
| <b>Итого за 7 семестр</b> |   | <b>57</b> |  |         |  |
| 18                        | <p>Три основные теоремы предельного равновесия.<br/>         Кинематический и статический методы теории предельного равновесия.<br/>         Пластический момент сопротивления сечения.<br/>         Вычисление предельного момента в сечении при разносопротивляемости материала на растяжение и сжатие.</p>   | 3         |  | [1 - 9] | контрольная работа, практические занятия |
| 19                        | <p>Характерные особенности расчета изгибаемых конструкций методом предельного равновесия.<br/>         Примеры применения статической и кинематической теорем. Предельное равновесие балок и ферм.<br/>         Особенности предельного равновесия арок и рам кинематическим методом. Механизмы разрушения.<br/>         Определение предельной нагрузки для однопролетной рамы кинематическим методом.</p>                     | 3         |  | [1 - 9] | контрольная работа, практические занятия |
| 20                        | <p>Основные положения линейного расчета неразрезных балок. Метод уравнений трех моментов.<br/>         Метод фокусов. Фокусы и фокусные отношения.<br/>         Вычисления опорных моментов загруженного пролета при действии нагрузки только на одном пролете. Построение эпюр изгибающих моментов и поперечных сил.<br/>         Вычисление опорных реакций.<br/>         Построение объемлющих эпюр изгибающих моментов.</p> | 3         |  | [1 - 9] | контрольная работа, практические занятия |
| 21                        | <p>Предельное равновесие неразрезных балок. Использование статической и кинематической тео-</p>   | 4         |  | [1 - 9] | контрольная работа, практические занятия |

|    |   |   |  |         |  |
|----|---|---|--|---------|--|
|    | <p>рем предельного равновесия.</p> <p>Расчет однопролетной неразрезной балки на действие распределенной нагрузки статическим методом предельного равновесия.</p> <p>Расчет 2-х пролетной неразрезной балки на действие сосредоточенных сил использованием статической и кинематической теорем предельного равновесия.</p>   |   |  |         | тия                                      |
| 22 | <p>Предельное равновесие пластинок. Использование кинематической теоремы предельного равновесия. Типовые схемы предельных пластических механизмов пластин.</p> <p>Расчет прямоугольной пластины на равномерно распределенную нагрузку. Определение предельной нагрузки.</p> <p>Расчет свободно опертой круглой пластинки на действие сосредоточенной силы приложенной в центре.</p> | 3 |  | [1 - 9] | контрольная работа, практические занятия |
| 23 | <p>Физическая и математическая модели объекта.</p> <p>Краткие сведения из теории матриц.</p> <p>Обзор численных методов строительной механики.</p> <p>Метод конечных разностей. Вариационно-разностный метод.</p>   | 4 |  | [1 - 9] | контрольная работа, практические занятия |
| 24 | <p>Матричная форма определения перемещений.</p> <p>Матричная форма метода сил.</p> <p>Матричная форма метода перемещений.</p> <p>Определение критических сил в рамках матричным методом перемещений.</p>  | 4 |  | [1 - 9] | контрольная работа, практические занятия |
| 25 | <p>Собственные числа и собственные векторы матриц.</p> <p>Полная проблема собственных значений. Метод итераций.</p> <p>Функции матриц.</p>  | 3 |  | [1 - 9] | контрольная работа, практические занятия |

|    |  |   |  |         |   |
|----|--|---|--|---------|---|
|    | Динамический расчет систем со многими степенями свободы.<br>Определение внутренних усилий. Примеры динамического расчета конструкций.  |   |  |         |   |
| 26 | Место и значение МКЭ при расчете строительных конструкций.<br>Идея метода конечных элементов. Основные понятия и определения.<br>Конечно элементная схема, конечный элемент, матрица жесткости элемента и системы.<br>Число степеней свободы элемента и системы, местная и глобальная системы координат, силы и перемещения. | 3 |  | [1 - 9] | контрольная работа,<br>практические занятия |
| 27 | Преобразование матрицы жесткости при переходе от одной системы координат к другой.<br>Формирование матрицы жесткости всей конструкции.<br>Граничные условия. Формирование вектора нагрузок.<br>Формирование и решение разрешающей системы уравнений МКЭ.<br>Общий алгоритм статического расчета стержневой системы МКЭ.      | 3 |  | [1 - 9] | контрольная работа,<br>практические занятия |
| 28 | Основные матричные уравнения для нелинейных расчетов конструкций в МКЭ. Вывод уравнений.<br>Матрицы жесткости различных порядков для конечных элементов произвольного типа.<br>Частные случаи применения основного уравнения.  | 3 |  | [1 - 9] | контрольная работа,<br>практические занятия |
| 29 | Образование расчётной схемы. Структура исходных данных.<br>Формирование матрицы жёсткости конструкции.<br>Граничные условия.<br>Решение разрешающей системы уравнений.   | 4 |  | [1 - 9] | контрольная работа,<br>практические занятия |

|    |   |   |  |         |   |
|----|---|---|--|---------|---|
|    | Оценка результатов расчета.<br>Ошибки округления вычислений.  |   |  |         |   |
| 30 | Физически и геометрически нелинейные задачи.<br>Общие представления о нелинейных задачах.<br>Итерационные методы решения нелинейных задач.<br>Шаговые методы решения нелинейных задач.<br>Алгоритмы решения упругопластической плоской задачи.<br>Примеры нелинейных расчетов.  | 4 |  | [1 - 9] | контрольная работа,<br>практические занятия |
| 31 | Использование нелинейных матриц жесткости для решения задач статики.<br>Построение методики шагово-итерационного расчета тонкостенных конструкций на основе деформационной теории с использованием многослойных конечных элементов.<br>Построение эффективной методики шагово-итерационного расчета тонкостенных подкрепленных конструкций с использованием нелинейных уравнений. | 4 |  | [1 - 9] | контрольная работа,<br>практические занятия |
| 32 | Большие перемещения и неустойчивость конструкций.<br>Основные соотношения между перемещениями и деформациями.<br>Понятие матрицы тангенциальной жесткости.<br>Особенности расчета по деформированному состоянию.<br>Основные гипотезы в нелинейной теории пластин и пологих оболочек.   | 3 |  | [1 - 9] | контрольная работа,<br>практические занятия |
| 33 | Матрицы жёсткости и потенциала нагрузки.<br>Последовательность решения задач с геометрической нелинейностью методом конечных элементов.<br>Вантовые системы. Потеря устойчивости стержня, как задача с геометрической нели-   | 3 |  | [1 - 9] | контрольная работа,<br>практические занятия |



|                           |   |           |  |         |   |
|---------------------------|---|-----------|--|---------|---|
|                           | нейностью.<br>Решения задач с предельными точками.<br>Метод продолжения по параметру.<br>Методы линейного и нелинейного расчета конструкций на устойчивость.  |           |  |         |   |
| 34                        | Метод определения критического параметра на устойчивый излом<br>Расчет тонкостенных конструкций на устойчивость с учетом начальных перемещений.<br>Использование метода наложенной связи в нелинейных расчетах на устойчивость. | 3         |  | [1 - 9] | контрольная работа,<br>практические занятия |
| <b>Итого за 8 семестр</b> |   | <b>57</b> |  |         |   |

## 5. Образовательные технологии

В качестве основной используется традиционная технология изучения материала, предполагающая живое общение преподавателя и студента. Существенным дополнением служат иллюстративные видеоматериалы (видеолекции, электронные плакаты), которые при помощи демонстрационного оборудования, могут наглядно проиллюстрировать отдельные темы и вопросы разделов.

Отдельные вопросы могут быть проиллюстрированы. Все виды деятельности студента должны быть обеспечены доступом к учебно-методическим материалам (учебникам, учебным пособиям, методическим указаниям к решению задач, методическими указаниями к выполнению расчетно-графических работ). Учебные материалы должны быть доступны в печатном виде, а кроме этого могут быть представлены в электронном варианте (электронный учебник, обучающая программа и т.д.) и предоставляться на CD и/или размещаться в сети учебного заведения.

Оценка качества освоения программы дисциплины (модуля) «Нелинейные задачи строительной механики» включает текущий контроль успеваемости, промежуточную аттестацию обучающихся и проведение экзамена промежуточного контроля. Конкретные формы и процедуры текущего и промежуточного контроля знаний осуществляется вузом самостоятельно путем реализации модульно-рейтинговой системы, и доводятся до сведения обучающихся в конце каждого аттестационного периода обучения.

Курс разделен на три модуля: 1-й модуль – статика, 2-ой модуль - кинематика и 3-й модуль – динамика, каждый из которых, в свою очередь, делится на три части, соответствующих основным разделам дисциплины, усваиваемых студентами в течении 3-х аттестационных периодов учебного семестра.

Изучение каждой части модуля заканчивается выполнением соответствующих расчетно-графической работы, домашнего практикума, контрольной работы.

Для более глубокого изучения теоретического материала в течении семестра предполагается проведение двух коллоквиумов.

В процессе самостоятельной работы студент закрепляет полученные знания и навыки, выполняя под руководством преподавателя индивидуальные домашние задачи (домашний практикум) по каждому модулю. Выполненные работы в указанные сроки передается преподавателю для проверки. Сданная работа проверяется, рецензируется, оценивается по 20-ти бальной шкале и возвращается студенту. Возвращенные и, при необходимости, исправленные работы подлежат защите преподавателю в конце семестра. При защите работы студент должен продемонстрировать как знание теоретических вопросов данного блока, так и навыки решения соответствующих задач.

Выполнение определенного числа заданий для самостоятельной работы, защита расчетно-графической работы, контрольные работы и коллоквиумы является формой промежуточного контроля знаний студента по данному разделу и оценивается усредненным, по всем видам выполненных работ, числом баллов по 20-ти бальной шкале модульно-рейтинговой системы оценки знаний ДГТУ в соответствии с графиком текущих аттестаций (3 раза за семестр).

Для аттестации обучающихся по дисциплине «Нелинейные задачи строительной механики» создаются фонды оценочных средств, включающие типовые задания, контрольные работы и методы контроля, позволяющие оценить знания, умения и уровень приобретенных компетенций. При наличии соответствующей материально-технической и проработанной

методической базы, при промежуточном контроле усвоения материала модуля, как один из элементов, может использоваться тестирование. Рекомендуется (помимо оценочных средств, разработанных силами данного учебного заведения) пользоваться – при соответствующей адаптации применительно к используемым в данном учебном заведении рабочим программам – комплекты задач и тестовые задания, разработанные на федеральном уровне и получившие рекомендацию Научно-методического совета по теоретической механике.

При успешном прохождении промежуточного контроля по каждой из частей модуля, предусмотренных в данном семестре (56 баллов и более: сумма баллов по 3-м аттестациям, за посещение и активность на практических и лекционных занятиях, за дополнительные виды деятельности и общественную работу), студент получает допуск к экзамену.

Студентам должна быть предоставлена возможность оценивания содержания, организации и качества учебного процесса в целом, а также работы отдельных преподавателей.

### **5.1. Новые педагогические технологии и методы обучения**

При обучении дисциплине «Нелинейные задачи строительной механики» используются в различных сочетаниях, частично или полностью следующие педагогические технологии и методы обучения: системный, деятельностный, компетентностный, инновационный, дифференцированный, модульный, проблемный, междисциплинарный, способствующие формированию у студентов способностей к инновационной инженерной деятельности, во взаимосвязи с принципами фундаментальности, профессиональной направленности и интеграции образования.

**Системный подход** используется наиболее продуктивно на этапе определения структуры дисциплины, типизации связей с другими дисциплинами, анализа и определения компонентов, оптимизации образовательной среды.

**Деятельностный подход** используется для определения целей обучения, отбора содержания и выбора форм представления материала, демонстрации учебных задач, выбора средств обучения (научно-исследовательская и проектная деятельность), организации контроля результатов обучения, а также при реализации исследований в педагогической практике.

**Компетентностный подход** позволяет структурировать способности обучающегося и выделять необходимые элементы (компетенции), характеризующие их как интегральную способность студента решать профессиональные задачи в его будущей инновационной инженерной деятельности.

**Инновационный подход** к обучению позволяет отобрать методы и средства формирования инновационных способностей в процессе обучения как механике, так и сопутствующим курсам, а также обучения в олимпиадной и научно-исследовательской среде (контекстное обучение, обучение на основе опыта, междисциплинарный подход в обучении на основе анализа реальных задач в инженерной практике, обучение в команде и др.). При контекстном обучении решение поставленных задач достигается путем выстраивания отношений между конкретным знанием и его применением. Обучение на основе опыта подразумевает возможность интеграции собственного опыта с предметом обучения.

## 5.2. Интерактивные формы обучения

Интерактивные методы обучения предполагают прямое взаимодействие обучающегося со своим опытом и умение работать в коллективе при решении проблемной задачи. При использовании интерактивной формы обучения предполагается создание организационно – учебных условий, направленные на активизацию мышления, на формулирование цели конкретной работы и на мотивацию получения конечного результата.

Эффективным методом активизации коллективной творческой деятельности является «мозговой штурм», когда для решаемой задачи могут быть выдвинуты различные гипотезы, которые в последующем обсуждаются в группе с участием преподавателя. Для активизации процесса генерирования идей в ходе «мозгового штурма» в задачах механики рекомендуется использование такого приема, как аналогия с решенной задачей такого же типа.

Наглядное восприятие информации также является эффективным способом восприятия и освоения новых знаний, для чего используется «видеометод» обучения. Видеометод позволяет изложить некоторые задачи механики в динамическом развитии, используя средства анимации.

В соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки реализация компетентностного подхода должна предусматривать широкое использование в учебном процессе активных и интерактивных форм проведения занятий (компьютерных симуляций, деловых и ролевых игр, разбор конкретных ситуаций, психологические и иные тренинги) в сочетании с внеаудиторной работой с целью формирования и развития профессиональных навыков обучающихся. В рамках учебных курсов должны быть предусмотрены встречи с представителями российских и зарубежных компаний, государственных и общественных организаций, мастер-классы экспертов и специалистов.

Удельный вес занятий, проводимых в интерактивных формах, определяется главной целью программы, особенностью контингента обучающихся и содержанием конкретных дисциплин.

**6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов**

*Фонд оценочных средств является обязательным разделом РПД (разрабатывается как приложение к рабочей программе дисциплины).*

(Зав. библиотекой Лопух Кафедры АЭиЭ)  
(подпись)

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля): (основная литература, дополнительная литература, программное обеспечение и Интернет-ресурсы следует привести в табличной форме).

Рекомендуемая литература и источники информации (основная и дополнительная)

| № п/п                 | Виды занятий | Необходимая учебная, учебно-методическая литература, программное обеспечение и интернет ресурсы | Автор(ы)  | Издательство и год издания            | Количество изданий   |            |
|-----------------------|--------------|---|---|---------------------------------------|--|------------|
|                       |              |   |   |                                       | В библиотеке   | На кафедре |
|                       |              |   |   |                                       | URL:   |            |
| 1                     | 2            | 3   | 4   | 5                                     | 6  | 7          |
| <b>ОСНОВНАЯ:</b>      |              |   |   |                                       |  |            |
| 1.                    | ЛК, ПЗ, срс  | Строительная механика   | Шапошников Н.Н., Кристалинский Р.Х., Дарков А. В. | Санкт-Петербург: Лань, 2018. - 692 с. | URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/105987">https://e.lanbook.com/book/105987</a> |            |
| 2.                    | ЛК, ПЗ, срс  | Строительная механика. Динамика и устойчивость сооружений                                       | Васильков Г. В., Буйко З. В.                      | Санкт-Петербург: Лань, 2013. - 256 с. | URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/5110">https://e.lanbook.com/book/5110</a>     |            |
| 3.                    | ЛК, ПЗ, срс  | Строительная механика стержневых систем Часть 1   | Кузнецова С. Г.                                   | Пермь : ПНИПУ, - 2015. - 143 с.       | URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/160484">https://e.lanbook.com/book/160484</a> |            |
| 4.                    | ЛК, ПЗ, срс  | Строительная механика стержневых систем Часть 2   | Кузнецова С. Г.                                   | Пермь : ПНИПУ, - 2016.- 140 с.        | URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/160485">https://e.lanbook.com/book/160485</a> |            |
| 5.                    | ЛК, ПЗ, срс  | Строительная механика   | Коновалов А. Ю.                                   | Архангельск: СА-ФУ, 2019. - 178 с.    | URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/161892">https://e.lanbook.com/book/161892</a> |            |
| <b>ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ</b> |              |   |   |                                       |  |            |
| 6                     | ЛК, ПЗ, срс  | Решение вариационных задач строительной механики в системе МАТНЕМАТИСА                          | Кристалинский Р.Е., Шапошников Н.Н.               | Санкт-Петербург: Лань, 2010. - 240 с. | URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/211">https://e.lanbook.com/book/211</a>       |            |
| 7                     | ЛК, ПЗ, срс  | Вероятностные методы строительной механики и теория надежности строительных конструкций         | Молдаванов С. Ю.                                  | Краснодар: КубГТУ, 2018. - 367 с.     | URL: <a href="https://e.lanbook.com/book/151172">https://e.lanbook.com/book/151172</a> |            |

|   |                |   |                 |   |   |    |
|---|----------------|---|-----------------|---|---|----|
| 8 | ЛК, ПЗ,<br>срс | Строительная механика летательных аппаратов: лабораторный практикум в ANSYS | Погорелов, В.И. | Санкт-Петербург: БГТУ "Военмех" им. Д.Ф. Устинова, 2014. - 118 с. | URL:<br><a href="https://e.lanbook.com/book/63700">https://e.lanbook.com/book/63700</a> |    |
| 9 | ЛК, ПЗ,<br>срс | Строительная механика   | Пайзулаев, М.М. | Махачкала: ИПЦ ДГТУ, 2018. - 156 с.                               | 10  | 40 |

## 8. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

1. Мультимедийная лекционная аудитория 231 факультета АСФ на 50 мест.
2. Компьютерный класс 371 АСФ на 24 мест для проведения практических занятий с использованием технологий активного обучения.
3. Мультимедийный курс лекций.
4. Мультимедийный курс практических занятий.
5. Комплект слайдов учебно-наглядных пособий и электронные плакаты для аудиторных интерактивных занятий по теоретической механике.
6. Тестовые задания для текущего контроля и промежуточной аттестации с помощью компьютера.
7. Единое окно доступа к образовательным ресурсам: справочная система [портал]. URL: <http://window.edu.ru/>, сайт в интернете <http://vuz.exponenta.ru> содержат значительное количество электронных учебных материалов (учебные пособия, наборы задач по различным разделам курса теоретической механики, много полезных компьютерных программ и анимированных иллюстраций) по всем разделам дисциплины «Сопроотивление материалов».

### Специальные условия инвалидам и лицам с ограниченными возможностями здоровья (ОВЗ)

Специальные условия обучения и направления работы с инвалидами и лицами с ОВЗ определены на основании:

- Федерального закона от 29.12.2012 №273-ФЗ «Об образовании в Российской Федерации»;
- Федерального закона от 24.11.1995 № 181-ФЗ «О социальной защите инвалидов в Российской Федерации»;
- приказа Минобрнауки России от 05.04.2017 № 301 «Об утверждении Порядка организации и осуществления образовательной деятельности по образовательным программам высшего образования – программам бакалавриата, программам специалитета, программам магистратуры»;
- методических рекомендаций по организации образовательного процесса для обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в образовательных организациях высшего образования, в том числе оснащенности образовательного процесса, утвержденных Минобрнауки России 08.04.2014 № АК-44/05вн).

Под специальными условиями для получения образования обучающихся с ОВЗ понимаются условия обучения, воспитания и развития, включающие в себя использование при необходимости адаптированных образовательных программ и методов обучения и воспитания, специальных учебников, учебных пособий и дидактических материалов, специальных технических средств обучения коллективного и индивидуального пользования, предоставление услуг ассистента (помощника), оказывающего необходимую помощь, проведение групповых и индивидуальных коррекционных занятий, обеспечение доступа в здания ДГТУ и другие условия, без которых невозможно или затруднено освоение ОПОП обучающихся с ОВЗ.

Обучение в рамках учебной дисциплины обучающихся с ОВЗ осуществляется ДГТУ с учетом особенностей психофизического развития, индивидуальных возможностей и состояния здоровья таких обучающихся.

Обучение по учебной дисциплине обучающихся с ОВЗ может быть организовано как совместно с другими обучающимися, так и в отдельных группах.

В целях доступности обучения по дисциплине обеспечивается:

- 1) для лиц с ограниченными возможностями здоровья по зрению:
  - наличие альтернативной версии официального сайта ДГТУ в сети «Интернет» для слабовидящих;



- весь необходимый для изучения материал, согласно учебному плану (в том числе, для обучающихся по индивидуальным учебным планам) предоставляется в электронном виде на диске.

- индивидуальное равномерное освещение не менее 300 люкс;

- присутствие ассистента, оказывающего обучающемуся необходимую помощь;

- обеспечение возможности выпуска альтернативных форматов печатных материалов (крупный шрифт или аудиофайлы);

- обеспечение доступа обучающегося, являющегося слепым и использующего собаку-проводника, к зданию ДГТУ.

2) для лиц с ОВЗ по слуху:

- наличие микрофонов и звукоусиливающей аппаратуры коллективного пользования (аудиоколонки);

3) для лиц с ОВЗ, имеющих нарушения опорно-двигательного аппарата, материально-технические условия должны обеспечивать возможность беспрепятственного доступа обучающихся в учебные помещения, столовые, туалетные и другие помещения организации, а также пребывания в указанных помещениях (наличие пандусов, поручней, расширенных дверных проемов и других приспособлений).

Перед началом обучения могут проводиться консультативные занятия, позволяющие студентам с ОВЗ адаптироваться к учебному процессу.

В процессе ведения учебной дисциплины научно-педагогическим работникам рекомендуется использование социально-активных и рефлексивных методов обучения, технологий социокультурной реабилитации с целью оказания помощи обучающимся с ОВЗ в установлении полноценных межличностных отношений с другими обучающимися, создании комфортного психологического климата в учебной группе.

Особенности проведения текущей и промежуточной аттестации по дисциплине для обучающихся с ОВЗ устанавливаются с учетом индивидуальных психофизических особенностей (устно, письменно на бумаге, письменно на компьютере, в форме тестирования и др.). При необходимости предоставляется дополнительное время для подготовки ответа на зачете или экзамене.

**9. Лист изменений и дополнений к рабочей программе**


Дополнения и изменения в рабочей программе на 2020/20 21 учебный год.

В рабочую программу вносятся следующие изменения:

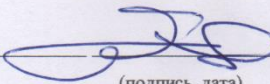
1. ....;
2. Измененный кейс .....
3. ....;
4. ....;
5. ....

или делается отметка о нецелесообразности внесения каких-либо изменений или дополнений на данный учебный год.

Рабочая программа пересмотрена и одобрена на заседании кафедры СМТСМ  
от 31.08.2020 года, протокол № 1.

Заведующий кафедрой СМТСМ  Пайзулаев М.М., к.т.н., доцент  
(название кафедры) (подпись, дата) (ФИО, уч. степень, уч. звание)

**Согласовано:**

Декан (директор)  Хаджишалапов Г.Н., д.т.н., профессор  
(подпись, дата) (ФИО, уч. степень, уч. звание)

**Лист изменений и дополнений к рабочей программе**

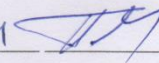
Дополнения и изменения в рабочей программе на 2021/2022 учебный год.

В рабочую программу вносятся следующие изменения:

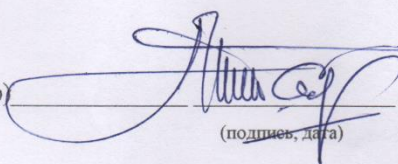
1. ....;
2. Измененный кейс .....
3. ....;
4. ....;
5. ....

или делается отметка о нецелесообразности внесения каких-либо изменений или дополнений на данный учебный год.

Рабочая программа пересмотрена и одобрена на заседании кафедры СМТСМ от 31.08.2021 года, протокол № 7.

Заведующий кафедрой СМТСМ  Пайзулаев М.М., к.т.н., доцент  
(название кафедры) (подпись, дата) (ФИО, уч. степень, уч. звание)

**Согласовано:**

Декан (директор)  Азаев Т.М., к.т.н.  
(подпись, дата) (ФИО, уч. степень, уч. звание)

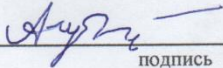
(обязательное к рабочей программе дисциплины)

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
ФГБОУ ВО «Дагестанский государственный технический университет»

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**

по дисциплине «Нелинейные задачи строительной механики»

|  |  |
|--|--|
| Уровень образования  | _____специалитет_____<br>(бакалавриат/магистратура/специалитет)  |
| Направление подготовки бакалавриата/магистратуры/специальность | <u>08.05.01 Строительство уникальных зданий и сооружений</u><br>(код, наименование направления подготовки/специальности) |
| Профиль направления подготовки/специализация                   | <u>«Строительство высотных и большепролетных зданий и сооружений»</u><br>(наименование)                                  |

Разработчик  Айдемиров К.Р., доцент  
подпись (ФИО уч. степень, уч. звание)

Фонд оценочных средств обсужден на заседании кафедры СМТСМ  
«26» 04 2019 г., протокол № 8

Зав. кафедрой  Пайзулаев М.М., к.т.н., доцент

г. Махачкала 2019

## СОДЕРЖАНИЕ

1. Область применения, цели и задачи фонда оценочных средств
2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций, формируемых в процессе освоения дисциплины (модуля)
  - 2.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения ОПОП
    - 2.1.2. Этапы формирования компетенций
  - 2.2. Показатели уровней сформированности компетенций на этапах их формирования, описание шкал оценивания
    - 2.2.1. Показатели уровней сформированности компетенций на этапах их формирования
    - 2.2.2. Описание шкал оценивания
3. Типовые контрольные задания, иные материалы и методические рекомендации, необходимые для оценки сформированности компетенций в процессе освоения ОПОП
  - 3.1. Задания и вопросы для входного контроля
  - 3.2. Оценочные средства и критерии сформированности компетенций
  - 3.3. Задания для промежуточной аттестации (зачета и (или) экзамена)

## 1. Область применения, цели и задачи фонда оценочных средств

Фонд оценочных средств (ФОС) является неотъемлемой частью рабочей программы дисциплины «Нелинейные задачи строительной механики», предназначен для контроля и оценки образовательных достижений, обучающихся (в т.ч. по самостоятельной работе студентов, далее – СРС), освоивших программу данной дисциплины.

Целью фонда оценочных средств является установление соответствия уровня подготовки обучающихся требованиям ФГОС ВО по специальности 08.05.01 Строительство уникальных зданий и сооружений.

Рабочей программой дисциплины «Нелинейные задачи строительной механики» предусмотрено формирование следующих компетенций:

**ОПК-1** – Способен решать прикладные задачи строительной отрасли, используя теорию и методы фундаментальных наук;

**ОПК-6** – Способен осуществлять и организовывать разработку проектов зданий и сооружений с учетом экономических, экологических и социальных требований и требований безопасности, способен выполнять технико-экономическое обоснование проектных решений зданий и сооружений, осуществлять техническую экспертизу проектов и авторский надзор за их соблюдением.

## 2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций, формируемых в процессе освоения дисциплины (модуля)

Описание показателей и критериев оценивания компетенций, формируемых в процессе освоения дисциплины (модуля), и используемые оценочные средства приведены в таблице 1.

*Перечень оценочных средств, рекомендуемых для заполнения таблицы 1 (в ФОС не приводится, используется только для заполнения таблицы)*

- Деловая (ролевая) игра
- Коллоквиум
- Кейс-задание
- Контрольная работа
- Круглый стол (дискуссия)
- Курсовая работа / курсовой проект
- Проект
- Расчетно-графическая работа
- Решение задач (заданий)
- Тест (для текущего контроля)
- Творческое задание
- Устный опрос
- Эссе
- Тест для проведения зачета / дифференцированного зачета (зачета с оценкой) / экзамена
- Задания / вопросы для проведения зачета / дифференцированного зачета (зачета с оценкой) / экзамена

*Перечень оценочных средств при необходимости может быть дополнен.*

## 2.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения ОПОП

Таблица 1

| Код и наименование формируемой компетенции   | Код и наименование индикатора достижения формируемой компетенции   | Критерии оценивания   | Наименование контролируемых разделов и тем <sup>1</sup> |
|--|--|---|---|
| <p><b>ОПК-1</b> – Способен решать прикладные задачи строительной отрасли, используя теорию и методы фундаментальных наук;</p>  | <p>ОПК-1.5. Выбор для решения задач профессиональной деятельности фундаментальных законов, описывающих изучаемый процесс или явление</p>                       | <p>- Знать: решения задач профессиональной деятельности фундаментальных законов, описывающих изучаемый процесс или явление;<br/>                     - Уметь: решать задачи профессиональной деятельности фундаментальных законов, описывающих изучаемый процесс или явление;<br/>                     - Владеть: методикой решения задач профессиональной деятельности фундаментальных законов, описывающих изучаемый процесс или явление</p>  | <p>контрольная работа,<br/>практические занятия</p>     |
| <p><b>ОПК-6</b> – Способен осуществлять и организовывать разработку проектов зданий и сооружений с учетом экономических, экологических и социальных требований и требований безопасности, способен выполнять технико-экономическое обоснование проектных решений зданий и сооружений, осуществлять техническую экспертизу проектов и авторский надзор за их соблюдением.</p> | <p>ОПК-6.17. Составление расчётной схемы здания (сооружения), определение условий работы элемента строительных конструкций при восприятии внешних нагрузок</p> | <p>Знать: состав расчётной схемы здания (сооружения), определение условий работы элемента строительных конструкций при восприятии внешних нагрузок<br/>                     Уметь: составлять расчётные схемы здания (сооружения), определять условия работы элемента строительных конструкций при восприятии внешних нагрузок<br/>                     Владеть: методикой составления расчётной схемы здания (сооружения), определение условий работы элемента строительных конструкций при восприятии внешних нагрузок.</p> | <p>контрольная работа,<br/>практические занятия</p>     |
|  | <p>ОПК-6.18. Оценка прочности, жёсткости и устойчивости элемента строительных конструкций, в т.ч. с использованием при-</p>                                    | <p>Знать: оценивание прочности, жёсткости и устойчивости элемента строительных конструкций, в т.ч. с использованием прикладного программного обеспечения<br/>                     Умеет: оценивать прочность, жёсткости и устойчивости элемента строительных конструкций, в т.ч. с использованием прикладного программного обеспечения</p>  | <p>контрольная работа,<br/>практические занятия</p>     |

|  |  |  |   |
|--|--|--|---|
|  | кладного программно-го обеспечения               | Владеть: методикой оценивания прочности, жёсткости и устойчивости элемента строительных конструкций, в т.ч. с использованием прикладного программного обеспечения. |   |
|  | ОПК-6.19. Динамический расчёт стержневой системы | Знать: динамический расчёт стержневой системы<br>Умеет: рассчитывать динамические стержневые системы<br>Владеть: динамикой расчёта стержневой системы.             | контрольная работа,<br>практические занятия |



## 2.1.2. Этапы формирования компетенций

Сформированность компетенций по дисциплине «Нелинейные задачи строительной механики» определяется на следующих этапах:

1. **Этап текущих аттестаций** (Для проведения текущих аттестаций могут быть использованы оценочные средства, указанные в разделе 2)

2. **Этап промежуточных аттестаций** (Для проведения промежуточной аттестации могут быть использованы другие оценочные средства)

Таблица 2

| Код и наименование формируемой компетенции | Код и наименование индикатора достижения формируемой компетенции  | Этапы формирования компетенции |                       |                       |             |                               | Промежуточная аттестация                 |
|--|---|--------------------------------|-----------------------|-----------------------|-------------|-------------------------------|--|
|  |   | Этап текущих аттестаций        |                       |                       |             | Этап промежуточной аттестации |  |
|  |   | 1-5 неделя                     | 6-10 неделя           | 11-15 неделя          | 1-17 неделя |                               |  |
|  |   | Текущая аттестация №1          | Текущая аттестация №2 | Текущая аттестация №3 | СРС         | РГР                           |  |
| 1  |   | 2                              | 3                     | 4                     | 5           | 6                             | 7  |
| <b>ОПК-1</b>                               | ОПК-1.5. Выбор для решения задач профессиональной деятельности фундаментальных законов, описывающих изучаемый процесс или явление                       | +                              | +                     | +                     | +           | +                             | РГР, СРС, билеты для проведения экзамена |
| <b>ОПК-6</b>                               | ОПК-6.17. Составление расчётной схемы здания (сооружения), определение условий работы элемента строительных конструкций при восприятии внешних нагрузок | +                              | +                     | +                     | +           | +                             | СРС, билеты для проведения экзамена      |
|  | ОПК-6.18. Оценка прочности, жёсткости и устойчивости элемента строительных конструкций, в т.ч. с использованием прикладного программного обеспечения    | +                              | +                     | +                     | +           | +                             | СРС, билеты для проведения экзамена      |
|  | ОПК-6.19. Динамический расчёт стержневой системы  | +                              | +                     | +                     | +           | +                             | СРС, билеты для проведения экзамена      |

СРС – самостоятельная работа студентов; РГР – расчетно-графическая работа

## 2.2. Показатели уровней сформированности компетенций на этапах их формирования, описание шкал оценивания

### 2.2.1. Показатели уровней сформированности компетенций на этапах их формирования

Результатом освоения дисциплины «Нелинейные задачи строительной механики» является установление одного из уровней сформированности компетенций: высокий, повышенный, базовый, низкий.

Таблица 3

| Уровень  | Универсальные компетенции   | Общепрофессиональные/<br>профессиональные<br>компетенции  |
|--|---|---|
| Высокий<br>(оценка «отлично», «зачтено»)           | Сформированы четкие системные знания и представления по дисциплине.<br>Ответы на вопросы оценочных средств полные и верные.<br>Даны развернутые ответы на дополнительные вопросы.<br>Обучающимся продемонстрирован высокий уровень освоения компетенции   | Обучающимся усвоена взаимосвязь основных понятий дисциплины, в том числе для решения профессиональных задач.<br>Ответы на вопросы оценочных средств самостоятельны, исчерпывающие, содержание вопроса/задания оценочного средства раскрыто полно, профессионально, грамотно. Даны ответы на дополнительные вопросы.<br>Обучающимся продемонстрирован высокий уровень освоения компетенции |
| Повышенный<br>(оценка «хорошо», «зачтено»)         | Знания и представления по дисциплине сформированы на повышенном уровне.<br>В ответах на вопросы/задания оценочных средств изложено понимание вопроса, дано достаточно подробное описание ответа, приведены и раскрыты в тезисной форме основные понятия.<br>Ответ отражает полное знание материала, а также наличие, с незначительными пробелами, умений и навыков по изучаемой дисциплине. Допустимы единичные негрубые ошибки.<br>Обучающимся продемонстрирован повышенный уровень освоения компетенции | Сформированы в целом системные знания и представления по дисциплине.<br>Ответы на вопросы оценочных средств полные, грамотные.<br>Продемонстрирован повышенный уровень владения практическими умениями и навыками.<br>Допустимы единичные негрубые ошибки по ходу ответа, в применении умений и навыков   |
| Базовый<br>(оценка «удовлетворительно», «зачтено») | Ответ отражает теоретические знания основного материала дисциплины в объеме, необходимом для дальнейшего освоения ОПОП.<br>Обучающийся допускает неточности в ответе, но обладает необходимыми знаниями для их устранения.  | Обучающийся владеет знаниями основного материала на базовом уровне.<br>Ответы на вопросы оценочных средств неполные, допущены существенные ошибки. Продемонстрирован базовый уровень владения практическими умениями и навыками, соответствующий минимально необходи-   |

| Уровень   | Универсальные компетенции   | Общепрофессиональные/<br>профессиональные<br>компетенции |
|---|---|--|
|   | Обучающимся продемонстрирован базовый уровень освоения компетенции  | тому уровню для решения профессиональных задач           |
| Низкий<br>(оценка «неудовлетворительно»,<br>«не зачтено») | Демонстрирует полное отсутствие теоретических знаний материала дисциплины, отсутствие практических умений и навыков |  |

Показатели уровней сформированности компетенций могут быть изменены, дополнены и адаптированы к конкретной рабочей программе дисциплины.

## 2.2.2. Описание шкал оценивания

В ФГБОУ ВО «ДГТУ» внедрена модульно-рейтинговая система оценки учебной деятельности студентов. В соответствии с этой системой применяются пятибалльная, двадцатибалльная и стобалльная шкалы знаний, умений, навыков.

| Шкалы оценивания                 |                                      |                                      | Критерии оценивания  |
|----------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|--|
| пятибалльная                     | двадцатибалльная                     | стобалльная                          |  |
| «Отлично» - 5 баллов             | «Отлично» - 18-20 баллов             | «Отлично» - 85 – 100 баллов          | Показывает высокий уровень сформированности компетенций, т.е.: <ul style="list-style-type: none"> <li>- продемонстрирует глубокое и прочное усвоение материала;</li> <li>- исчерпывающе, четко, последовательно, грамотно и логически стройно излагает теоретический материал;</li> <li>- правильно формирует определения;</li> <li>- демонстрирует умения самостоятельной работы с нормативно-правовой литературой;</li> <li>- умеет делать выводы по излагаемому материалу.</li> </ul> |
| «Хорошо» - 4 баллов              | «Хорошо» - 15 - 17 баллов            | «Хорошо» - 70 - 84 баллов            | Показывает достаточный уровень сформированности компетенций, т.е.: <ul style="list-style-type: none"> <li>- демонстрирует достаточно полное знание материала, основных теоретических положений;</li> <li>- достаточно последовательно, грамотно логически стройно излагает материал;</li> <li>- демонстрирует умения ориентироваться в нормальной литературе;</li> <li>- умеет делать достаточно обоснованные выводы по излагаемому материалу.</li> </ul>                                |
| «Удовлетворительно» - 3 баллов   | «Удовлетворительно» - 12 - 14 баллов | «Удовлетворительно» - 56 – 69 баллов | Показывает пороговый уровень сформированности компетенций, т.е.: <ul style="list-style-type: none"> <li>- демонстрирует общее знание изучаемого материала;</li> <li>- испытывает серьезные затруднения при ответах на дополнительные вопросы;</li> <li>- знает основную рекомендуемую литературу;</li> <li>- умеет строить ответ в соответствии со структурой излагаемого материала.</li> </ul>  |
| «Неудовлетворительно» - 2 баллов | «Неудовлетворительно» - 1-11 баллов  | «Неудовлетворительно» - 1-55 баллов  | Ставится в случае: <ul style="list-style-type: none"> <li>- незнания значительной части программного материала;</li> <li>- не владения понятийным аппаратом дисциплины;</li> <li>- допущения существенных ошибок при изложении учебного материала;</li> <li>- неумение строить ответ в соответствии со структурой излагаемого вопроса;</li> <li>- неумение делать выводы по излагаемому материалу.</li> </ul>  |

# 1. Типовые контрольные задания, иные материалы и методические рекомендации, необходимые для оценки сформированности компетенций в процессе освоения ОПОП

## 3.1. Задания и вопросы для входного контроля

1. Строительная механика, ее задачи и методы.
2. Понятие о расчетной схеме сооружений. Различные типы систем и соответствующие им расчетные схемы.
3. Понятие о геометрической неизменяемости сооружений.
4. Неизменяемые, изменяемые и мгновенно-изменяемые системы.
5. Типы связей и опор, их статический и кинематический анализ.
6. Понятие о диске. Число степеней свободы и число лишних связей систем, образованных из дисков, и стержней.
7. Аналитические условия неизменяемости систем.
8. Кинематический (структурный) анализ систем.
9. Статический и кинематический признаки мгновенной изменяемости плоских систем.
10. Методы определения усилий от неподвижной нагрузки: метод сечений; кинематический метод; метод замены связей.
11. Образование и расчет на неподвижную нагрузку многопролетных статически определимых балок.
12. Методы определения усилий от подвижной нагрузки: общий метод; метод линий влияния.
13. Линии влияния опорных реакций и внутренних усилий в простых балках.
14. Особенности построения линий влияния при узловой передаче нагрузки.
15. Определение усилий по линиям влияния.
16. Построение линий влияния для многопролетных статически определимых балок.
17. Образование трехшарнирных систем. Типы трехшарнирных систем.
18. Определение опорных реакций и внутренних усилий в трехшарнирных системах.
19. Сопоставление балочных и трехшарнирных систем.
20. Рациональная ось трехшарнирной арки при различных нагрузках.
21. Построение линий влияния опорных реакций трехшарнирных систем.
22. Построение линий влияния внутренних усилий в сечениях трехшарнирных систем.
23. Матрица влияния и ее связь с линией влияния и эпюрой внутренних усилий.
24. Расчетные схемы плоских ферм при узловой нагрузке.
25. Классификация плоских ферм по различным признакам.
26. Образование плоских ферм и их кинематический анализ.
27. Способы определения усилий в стержнях фермы от неподвижной нагрузки.
28. Статический метод построения линий влияния усилий в стержнях ферм.
29. Перемещения и их обозначения.
30. Работа внешних и внутренних сил. Обобщенное выражение работы.
31. Действительная и возможная работа внешних и внутренних сил.
32. Теорема о взаимности работ.
33. Теорема о взаимности перемещений.
34. Теорема о взаимности реакций.
35. Общий метод определения перемещений. Формула Максвелла-Мора.
36. Способы вычисления интеграла Мора.
37. Определение перемещений от изменения температуры.
38. Определения перемещений от осадки опор.
39. Потенциальная энергия упругой системы.
40. Понятие о матрицах жесткости и податливости сооружений.
41. Статически неопределимые системы (СНС). Внутренняя и внешняя статическая неопределимость.
42. Основные свойства статически неопределимых систем.

43. Основная система и канонические уравнения метода сил.
44. Вычисление коэффициентов и свободных членов канонических уравнений метода сил
45. Проверка коэффициентов и свободных членов канонических уравнений метода сил
46. Определение основных неизвестных метода сил и построение эпюры изгибающих моментов.
47. Статическая и кинематическая проверка окончательной эпюры изгибающих моментов.

### **3.2. Оценочные средства и критерии сформированности компетенций**

#### **3.2.1. Контрольные вопросы для первой аттестации (7 семестр)**

1. Расчётные модели конструкций и их составляющие. Основные типы уравнений строительной механики.
2. Основные принципы, положенные в основу линейной строительной механики.
3. Основные виды нелинейностей в задачах строительной механики и их краткая характеристика.
4. Физически нелинейные задачи. Основные расчётные модели материалов.
5. Понятия: секущего модуля упругости, секториального модуля упругости и касательного модуля упругости.
6. Напряжённое состояние в точке деформированного тела.
7. Разложение тензора напряжений на шаровой тензор напряжений и тензор девиатор.
8. Деформированное состояние в точке тела. Разложение тензора деформаций на шаровой тензор и тензор девиатор.
9. Инварианты напряженно-деформированного состояния. Главные напряжения и главные деформации.
10. Интенсивности нормальных и касательных напряжений.
11. Интенсивности линейных деформаций и деформаций сдвига.
12. Основные группы теорий пластичности: деформационные теории и теория пластического течения. Основные предположения теорий пластичности.
13. Основные уравнения линейно-упругого тела. Граничные условия.
14. Формулировка уравнений теории упругости в перемещениях.
15. Основные положения теории малых упругопластических деформаций А. А. Ильюшина.
16. Основные положения теории пластического течения.
17. Ассоциированный закон течения.
18. Предельное напряженное состояние. Теории прочности: теория Треска–Сен-Венана, теория Губера–Мизеса, теория Мора–Кулона.
19. Зависимости между интенсивностями напряжений и деформаций.
20. Зависимость А.А. Ильюшина.
21. Степенная зависимость между интенсивностями напряжений и деформаций.
22. Гиперболическая зависимость между интенсивностями напряжений и деформаций.
23. Зависимость В.В. Соколовского между интенсивностями напряжений и деформаций.

#### **3.2.2. Контрольные вопросы для второй аттестации**

1. Уравнение изгиба балки из нелинейно-упругого материала.
2. Уравнение изгиба пластины из нелинейно-упругого материала.
3. Итерационные методы решения физически нелинейных задач.
4. Метод упругих решений.

5. Итерационный метод переменных параметров упругости для физически нелинейных задач.
6. Итерационный метод Ньютона–Рафсона для физически нелинейных задач. Модифицированный метод Ньютона-Канторовича.
7. Метод последовательных нагружений для физически нелинейных задач.
8. Расчёт нелинейно-упругих балок. Метод Бубнова-Галёркина.
9. Расчёт балки из нелинейно-упругого материала методом упругих решений.
10. Уравнение изгиба балки в приращениях (инкрементальное уравнение). Метод последовательных нагружений для расчёта нелинейно-упругой балки.
11. Метод предельного равновесия. Основные положения теории предельного равновесия.
12. Понятия предельного усилия и пластического шарнира. Статически допустимое распределение усилий. Кинематически допустимые перемещения и деформации. Определение параметра предельной нагрузки.
13. Основные теоремы теории предельного равновесия. Статический и кинематический методы.
14. Типы нагрузок и основные постановки задач предельного равновесия.
15. Несущая способность сечений. Предельные усилия при чистом изгибе, растяжении (сжатии), сдвиге и кручении. Предельный момент для железобетонного прямоугольного сечения.
16. Условие текучести для прямоугольного сечения при внецентренном растяжении (сжатии).
17. Условие текучести для прямоугольного сечения при внецентренном растяжении (сжатии).

### **3.2.3. Контрольные вопросы для третьей аттестации**

1. Условия пластичности для изгибаемых пластин.
2. Расчёт стержневых систем методом предельного равновесия.
3. Статический и кинематический методы. Примеры применения методов к однопролётной балке.
4. Расчёт кинематическим методом двухпролётной балки нагруженной в одном пролёте равномерно распределённой нагрузкой. Случай балки переменного сечения.
5. Понятие о расчёте рам и арок методом предельного равновесия.
6. Расчёт плит методом предельного равновесия.
7. Определение предельных нагрузок для пластин прямоугольной формы в плане, шарнирно закреплённых по контуру и находящихся под действием поперечной нагрузки. Случай закрепления пластины с возможностью приподнимания углов пластины (односторонние связи). Пластины с защемлённые по контуру.
8. Общая характеристика геометрически нелинейных задач.
9. Продольно-поперечный изгиб стержня.
10. Расчёт по деформированному состоянию простейшей шарнирно-стержневой системы.
11. Получение точных решений для сжато-изогнутых стержней.
12. Понятие об устойчивости первого и второго рода. Деформационный расчёт и устойчивость второго рода.
13. Расчёт рам по деформированному состоянию методом перемещений.
14. Гибкие нити, классификация по геометрическим параметрам.
15. Основное дифференциальное уравнение равновесия нити.

16. Расчёт пологой нити при действии распределённой нагрузки.
17. Понятие цепной линии.
18. Конструктивная нелинейность. Упругие системы с односторонними связями. Особенности функции потенциальной энергии.
19. Понятие рабочей системы на примере конструктивно нелинейной неразрезной балки.

### **Контрольные вопросы для первой аттестации (8 семестр)**

1. Уравнения трех моментов как уравнения метода сил в расчете неразрезной балки.
2. Фиктивные опорные реакции и их табличные значения для разных случаев силового нагружения.
3. Порядок расчета неразрезной балки с использованием уравнений трех моментов. Построение эпюр изгибающих моментов и поперечных сил, вычисление реакций опор.
4. Метод фокусов в расчетах неразрезной балки. Левые и правые фокусы и фокусные отношения, формулы их вычисления.
5. Опорные моменты загруженного пролета, формулы их вычисления. Порядок расчета неразрезной балки с одним загруженным пролетом методом фокусов.
6. Объемлющие (огibaющие) эпюры изгибающих моментов. Построение объемлющих эпюр в неразрезной балке.
7. Кинематический способ построения линий влияния усилий в неразрезной балке (метод начальных параметров).
8. Статический способ построения линий влияния усилий в неразрезной балке.
9. Расчет неразрезных балок на осадку опор (кинематическое воздействие).
10. Основные гипотезы метода перемещений. Степень кинематической неопределимости системы.
11. Табличные значения реакций и эпюр моментов для стержней с двумя типами закрепления концов.
12. Основная система метода перемещений. Канонические уравнения. Основные неизвестные.
13. Коэффициенты и свободные члены канонических уравнений метода перемещений. Способы их вычисления.
14. Построение окончательной эпюры изгибающих моментов в методе перемещений.
15. Особенности построения единичных и грузовых эпюр в основной системе метода перемещений.
16. Расчет неразрезных балок методом перемещений.

### **Контрольные вопросы для второй аттестации**

1. Расчет строительных конструкций по методу предельных состояний.
2. Метод предельного равновесия.
3. Работа сечения в пластической стадии. Пластические шарниры.
4. Статическая и кинематическая теоремы о предельном равновесии.
5. Какое состояние системы называется устойчивым?
6. Какая сила называется критической?
7. Почему при потере устойчивости стержней говорят о "продольном" изгибе?
8. Какие основные допущения вводятся при решении задач устойчивости стержневых систем?
9. Запишите приближенное дифференциальное уравнение изогнутой оси стержня.
10. Какие основные методы расчета стержневых систем на устойчивость Вы знаете?
11. Какие стержневые системы при решении задач устойчивости называются консервативными?



### **Контрольные вопросы для третьей аттестации**

1. Какая задача в устойчивости называется задачей Эйлера?
2. По какой формуле определяется критическая сила в задаче Эйлера?
3. Что называется приведенной (расчетной) длиной стержня при решении
4. Что такое "гибкость стержня"?
5. Запишите систему канонических уравнений метода перемещений при решении задач устойчивости.
6. Запишите в общем виде для задачи с двумя неизвестными метода перемещений уравнение устойчивости в общем виде.
7. По какой формуле определяется критическая сила через критический параметр?
8. На какие типы нагрузок можно разделить все динамические нагрузки?
9. Какие нагрузки относятся к периодическим неподвижным динамическим нагрузкам?
10. Какими общими признаками обладают периодические неподвижные нагрузки?
11. Что такое "резонанс"? Что происходит с конструкцией во время резонанса?
12. Какие динамические нагрузки называются непериодическими?
13. Какие подвижные нагрузки относятся к динамическим?
14. Что называется степенью свободы системы?
15. Приведите пример расчетной схемы рамы с 2 степенями свободы.
16. Какие колебания системы называются свободными?
17. Какие колебания системы называются вынужденными?
18. Какие силы действуют на массу в системе с одной степенью свободы при учете сил сопротивления и действии вибрационной нагрузки?
19. Какие силы действуют на массу в системе с одной степенью свободы при действии вибрационной нагрузки, когда силы сопротивления не учитываются?

### **3.2.4. Расчетно-графические работы**

#### **Семестр 7**

1. Расчет плоской рамы в геометрической нелинейности.

#### **Семестр 8**

2. Расчет пространственной рамы при физической нелинейности.

### **3.3. Задания для промежуточной аттестации**

#### **Контрольные вопросы для проведения зачета**

1. Расчётные модели конструкций и их составляющие. Основные типы уравнений строительной механики.
2. Основные принципы, положенные в основу линейной строительной механики.
3. Основные виды нелинейностей в задачах строительной механики и их краткая характеристика.
4. Физически нелинейные задачи. Основные расчётные модели материалов.
5. Понятия: секущего модуля упругости, секториального модуля упругости и касательного модуля упругости.
6. Напряжённое состояние в точке деформированного тела. Разложение тензора напряжений на шаровой тензор напряжений и тензор девиатор.
7. Деформированное состояние в точке тела. Разложение тензора деформаций на шаровой тензор и тензор девиатор.
8. Инварианты напряженно-деформированного состояния. Главные напряжения и главные деформации.
9. Интенсивности нормальных и касательных напряжений. Интенсивности линейных деформаций и деформаций сдвига.
10. Основные группы теорий пластичности: деформационные теории и теория пластического течения. Основные предположения теорий пластичности.
11. Основные уравнения линейно-упругого тела. Граничные условия.

Формулировка уравнений теории упругости в перемещениях.

12. Основные положения теории малых упругопластических деформаций А.А. Ильюшина.
13. Основные положения теории пластического течения. Ассоциированный закон течения.
14. Предельное напряженное состояние. Теории прочности: теория Треска–Сен-Венана, теория Губера-Мизеса, теория Мора–Кулона.
15. Зависимости между интенсивностями напряжений и деформаций. Зависимость А.А. Ильюшина.
16. Степенная зависимость между интенсивностями напряжений и деформаций.
17. Гиперболическая зависимость между интенсивностями напряжений и деформаций.
18. Зависимость В.В. Соколовского между интенсивностями напряжений и деформаций.
19. Уравнение изгиба балки из нелинейно-упругого материала.
20. Уравнение изгиба пластины из нелинейно-упругого материала.
21. Итерационные методы решения физически нелинейных задач. Метод упругих решений.
22. Итерационный метод переменных параметров упругости для физически нелинейных задач.
23. Итерационный метод Ньютона–Рафсона для физически нелинейных задач. Модифицированный метод Ньютона-Канторовича.
24. Метод последовательных нагружений для физически нелинейных задач.
25. Расчёт нелинейно-упругих балок. Метод Бубнова-Галёркина.
26. Расчёт балки из нелинейно-упругого материала методом упругих решений.
27. Уравнение изгиба балки в приращениях (инкрементальное уравнение). Метод последовательных нагружений для расчёта нелинейно-упругой балки.
28. Метод предельного равновесия. Основные положения теории предельного равновесия.
29. Понятия предельного усилия и пластического шарнира. Статически допустимое распределение усилий. Кинематически допустимые перемещения и деформации. Определение параметра предельной нагрузки.
30. Основные теоремы теории предельного равновесия. Статический и кинематический методы.
31. Типы нагрузок и основные постановки задач предельного равновесия.
32. Несущая способность сечений. Предельные усилия при чистом изгибе, растяжении (сжатии), сдвиге и кручении. Предельный момент для железобетонного прямоугольного сечения.
33. Условие текучести для прямоугольного сечения при внецентренном растяжении (сжатии).
34. Условие текучести для прямоугольного сечения при внецентренном растяжении (сжатии).
35. Условия пластичности для изгибаемых пластин.
36. Расчёт стержневых систем методом предельного равновесия. Статический и кинематический методы. Примеры применения методов к однопролётной балке.
37. Расчёт кинематическим методом двухпролётной балки нагруженной в одном пролёте равномерно распределённой нагрузкой. Случай балки переменного сечения.
38. Понятие о расчёте рам и арок методом предельного равновесия.
39. Расчёт плит методом предельного равновесия.
40. Определение предельных нагрузок для пластин прямоугольной формы в плане, шарнирно закрепленных по контуру и находящихся под действием поперечной нагрузки. Случай закрепления пластины с возможностью приподнимания углов пластины (односторонние связи). Пластины защемлённые по контуру.
41. Общая характеристика геометрически нелинейных задач.
42. Продольно-поперечный изгиб стержня.
43. Расчёт по деформированному состоянию простейшей шарнирно-стержневой системы.
44. Получение точных решений для сжато-изогнутых стержней.
45. Понятие об устойчивости первого и второго рода. Деформационный расчёт и устойчивость второго рода.

46. Расчёт рам по деформированному состоянию методом перемещений.
47. Гибкие нити, классификация по геометрическим параметрам.
48. Основное дифференциальное уравнение равновесия нити.
49. Расчёт пологой нити при действии распределённой нагрузки. Понятие цепной линии.
50. Конструктивная нелинейность. Упругие системы с односторонними связями. Особенности функции потенциальной энергии.
51. Понятие рабочей системы на примере конструктивно нелинейной неразрезной балки.

### **Контрольные вопросы для проведения экзамена**

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 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 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 идеализированные тела применяются в механике сплошной среды?
57. По каким формулам определяются переменные параметры упругости?
58. Какой геометрический смысл секущего, секториального и касательного модулей упругости?
59. Как записывается обобщенный закон Гука в напряжениях и деформациях и их приращениях в канонической и матричной формах?

60. Как записываются уравнения нелинейного деформирования в форме, предложенной А.А. Ильюшиным?
61. Что такое коэффициент линейной деформируемости среды?
62. Какие существуют виды напряженных состояний сооружений?
63. В чем состоит суть теории прочности Треска – Сен-Венана?
64. В чем состоит суть теории прочности Мизеса, ее энергетическое обоснование?
65. Какой вид имеет условие прочности Мизеса-Шлейхера?
66. В чем состоит суть теории прочности Мора-Кулона?
67. Что такое явление «разрыхления» материала при пластической деформации?
68. Какой вид имеют критерии теории максимальных касательных напряжений В.В. Новожилова?
69. Какой вид имеет степенная зависимость между обобщенными напряжениями и деформациями? Смысл коэффициентов и их определение?
70. Какой вид имеют комбинированные зависимости между обобщенными напряжениями и деформациями? Смысл коэффициентов и их определение?
71. Какой вид имеет дробно-линейная зависимость между обобщенными напряжениями и деформациями? Смысл коэффициентов и их определение?
72. Какой вид имеет диаграмма В.В. Соколовского между обобщенными напряжениями и деформациями? Смысл коэффициентов и их определение?
73. Как вычисляются секущие и касательные модули упругости для представленных выше зависимостей?
74. Какой вид имеет система основных дифференциальных уравнений метода перемещений для нелинейно-упругого и упругопластического тела и его матричная форма?
75. В чем состоит суть метода упругих решений? Его алгоритм и форма матричной реализации?
76. В чем состоит суть метода переменных параметров упругости? Его алгоритм и форма матричной реализации?
77. В чем состоит суть метода дополнительных деформаций? Его алгоритм и форма матричной реализации?
78. В чем состоит суть метода Ньютона-Рафсона? Его алгоритм и форма матричной реализации?
79. В чем состоит суть модифицированного метода Ньютона—Канторовича? Его алгоритм и форма матричной реализации?
80. В чем состоит суть метода последовательного нагружения? Его алгоритм и форма матричной реализации?
81. Как осуществляется учет последовательности возведения наращиваемых сооружений?
82. При каких условиях справедлив закон плоских сечений в нелинейно-упругих балках?
83. Какой вид имеет эпюра нормальных напряжений по высоте поперечного сечения в зависимости от уравнения между напряжениями и деформациями?
84. Какой вид имеют зависимости между кривизной оси балки и изгибающим моментом при разных уравнениях между напряжениями и деформациями для сечений в форме прямоугольника и двутавра?
85. По каким формулам определяются напряжения в нелинейно-упругих балках?
86. Чему равен пластический момент сопротивления при изгибе?

87. Чему равны изгибающие моменты в физически нелинейных стержневых системах при различных законах изменения диаграммы «напряжение- деформация»?
88. Какой вид имеет дифференциальное уравнение изогнутой оси балки в физически нелинейных стержневых системах?
89. Какие алгоритмы приближенного решения дифференциального уравнения изогнутой оси балки применяются в методе переменных параметров упругости (МППУ)?
90. Какие алгоритмы приближенного решения дифференциального уравнения изогнутой оси балки применяются в методе последовательного нагружения (МИН)?
91. Какие достоинства и недостатки имеют МППУ и МПН?

#### **3.4. Задания для проверки остаточных знаний**

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, жестко-пластического 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 строительной механики возможны в практических расчетах?
19. В чем состоит основная предпосылка нелинейной теории упругости?
20. В чем состоит основная гипотеза в теории пластичности?