



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования
«Дальневосточный федеральный университет»
(ДВФУ)

Политехнический институт (Школа)

СОГЛАСОВАНО
Руководитель ОП

Кузнецова Д.А.

УТВЕРЖДАЮ

Директор департамента
геоинформационных технологий

Цимбельман Н.Я.

30 декабря 2021 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Нелинейные задачи строительной механики

Специальность 08.05.01 «Строительство уникальных зданий и сооружений»

Специализация «Строительство высотных и большепролетных зданий и сооружений»

Форма подготовки - очная

курс 5, семестр 7, 8
лекции - 18; 36 час.
практические занятия – 36; 36 час.
лабораторные работы – не предусмотрены.
в том числе с использованием МАО лек. 0 час / пр. 0; 12 час
всего часов аудиторной нагрузки 126 час.
в том числе с использованием МАО 12 час.
самостоятельная работа 54 час.
расчетно-графическая работа – 1
курсовая работа / курсовой проект не предусмотрена
зачёт с оценкой 7 семестр
зачет 8 семестр

Рабочая программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта по специальности 08.05.01 Строительство уникальных зданий и сооружений, утвержденного приказом Министерства образования и науки РФ от 31.05.2017 № 483. Рабочая программа обсуждена на заседании департамента геоинформационных технологий, протокол № 4 от 30.12.2021 г.

Директор департамента геоинформационных технологий доц., к.т.н. Цимбельман Н.Я.
Составитель.: к.т.н., доц. А.В. Баенхаев

Оборотная сторона титульного листа РПД

1. Рабочая программа пересмотрена и утверждена на заседании Департамента геоинформационных технологий (реализующего дисциплину и выпускающего структурного подразделения), протокол от « ____ » _____ 202_ г. № _____

2. Рабочая программа пересмотрена и утверждена на заседании Департамента геоинформационных технологий (реализующего дисциплину и выпускающего структурного подразделения), протокол от « ____ » _____ 202_ г. № _____

3 Рабочая программа пересмотрена и утверждена на заседании Департамента геоинформационных технологий (реализующего дисциплину и выпускающего структурного подразделения), протокол от « ____ » _____ 202_ г. № _____

4. Рабочая программа пересмотрена и утверждена на заседании Департамента геоинформационных технологий (реализующего дисциплину и выпускающего структурного подразделения), протокол от « ____ » _____ 202_ г. № _____

5. Рабочая программа пересмотрена и утверждена на заседании Департамента геоинформационных технологий (реализующего дисциплину и выпускающего структурного подразделения), протокол от « ____ » _____ 202_ г. № _____

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Цель: формирование компетенций в области нелинейной строительной механики, приобретение навыков в области анализа работы и расчета конструкций и их отдельных элементов с учётом нелинейностей, выполненных из различных материалов, на прочность, жесткость и устойчивость при различных воздействиях.

Задачи:

- получение знаний о методах расчета конструкций на прочность, жесткость и устойчивость с учетом нелинейных свойств материала конструкций;
- выработка навыков применения расчетных методов при решении практических задач с использованием вычислительной техники и соответствующего математического аппарата;
- выработка навыков владения средствами расчета сооружений в нелинейной постановке.

Профессиональные компетенции и индикаторы их достижения

Наименование категории (группы) общепрофессиональных компетенций	Код и наименование общепрофессиональной компетенции выпускника	Код и наименование индикатора достижения общепрофессиональной компетенции
Изыскательский	ПК-4. Способен организовывать деятельность по разработке проектной документации в области механики грунтов, геотехники и фундаментостроения	ПК-4.2 Техническое и организационно-методическое руководство деятельностью в области механики грунтов, геотехники и фундаментостроения

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Наименование показателя оценивания (результата обучения)
ПК-4.2 Техническое и организационно-методическое руководство деятельностью в области механики грунтов, геотехники и фундаментостроения	Знать основы технического и организационно-методического руководства деятельностью в области механики грунтов, геотехники и фундаментостроения
	Уметь проводить техническое и организационно-методическое руководство деятельностью в области механики грунтов, геотехники и фундаментостроения
	Владеть навыками анализа результатов технического и организационно-методического руководства деятельностью в области механики грунтов, геотехники и фунда-

I. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА

Лекции не предусмотрены.

II. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ПРАКТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА И САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

Семестр 8. Темы практических занятий (36 часов).

Занятие № 1. Физическая нелинейность. Нелинейно-упругий, упруго-пластический и жёстко-пластический материал. Аппроксимация экспериментальных кривых деформирования материалов (4 час.)

Общие фундаментальные понятия о природе возникновения геометрической и физической нелинейностей в задачах строительной механики.

Физическая нелинейность. Нелинейно-упругий, упруго-пластический и жесткопластический материал. Аппроксимация экспериментальных кривых деформирования материалов.

Занятие № 2. Геометрическая нелинейность, конструктивная нелинейность, генетическая нелинейность (4 час.)

Геометрическая нелинейность, конструктивная нелинейность, генетическая нелинейность. Основные постановки при решении задач нелинейной строительной механики. Основные теоремы строительной механики нелинейных стержневых систем.

Тензоры напряжений, деформаций и скоростей деформаций. Инварианты тензоров напряжений и деформаций. Основные уравнения нелинейно-упругого и упругопластического тела. Простое и сложное нагружения. Активная и пассивная деформации.

О теориях деформирования.

Метод упругих решений (МУР). Метод переменных параметров упругости (МППУ). Метод дополнительных деформаций. Метод Ньютона–Рафсона. Модифицированный метод Ньютона–Канторовича. Метод последовательного

нагрузки (МПН). Учет последовательности возведения наращиваемых сооружений.

Основы расчета нелинейно-упругих балок. Примеры расчета физически нелинейных стержневых систем приближенными методами

Особенности расчета по деформированному состоянию. Точный расчет по деформированному состоянию. Расчет по деформированному состоянию способом последовательных приближений. Расчет рам по деформированному состоянию последовательными приближениями. Продольно-поперечный изгиб.

Типы конечных элементов для учета физической и геометрической нелинейностей. Программные расчетные комплексы Лира, SCAD, ANSYS, для решения нелинейных задач конструкций на ПЭВМ. Создание конечно-элементных моделей конструкций. Управление нелинейным расчетом с использованием шаговых и шагово-итерационных решателей, последовательность выполнения расчетов в ПК SCAD, Лира, ANSYS.

Учёт геометрической, физической и генетической нелинейности при расчёте стержневых систем методом конечных элементов.

Расчет геометрически нелинейных большепролетных конструкций - вантовых и висячих систем.

Занятие № 3. Основные постановки при решении задач нелинейной строительной механики. Основные теоремы строительной механики нелинейных стержневых систем (4 час.)

Метод конечных элементов для анализа устойчивости геометрически нелинейных систем.

Занятие № 4. Тензоры напряжений, деформаций и скоростей деформаций. Инварианты тензоров напряжений и деформаций. Основные уравнения нелинейно-упругого и упругопластического тела (4 час.).

Основы расчета конструкций по предельному состоянию. Статический и кинематический методы решения задач предельного равновесия.

Занятие № 5. Метод упругих решений (МУР). Метод переменных параметров упругости (МППУ) (4 час.).

Растяжение и сжатие. Кручение прямого бруса круглого поперечного сечения.

Занятие № 6. Метод дополнительных деформаций. Метод Ньютона–Рафсона. Модифицированный метод Ньютона–Канторовича (4 час.).

Предельное равновесие многопролетных неразрезных балок. Особенности расчета изгибаемых конструкций методом предельного равновесия.

Занятие № 7. Метод последовательного нагружения (МПН). Учет последовательности возведения наращиваемых сооружений (4 час.).

Применения статической и кинематической теорем.

Занятие № 8. Примеры расчета физически нелинейных стержневых систем приближенными методами (4 час.).

Расчет рам и арок.

Занятие № 9. Расчёт по деформированному состоянию способом последовательных приближений. Расчёт рам по деформированному состоянию последовательными приближениями (4 час.).

Расчет ферм.

Семестр 9. Темы практических занятий (16 час.)

Занятие № 1. Программные расчетные комплексы Лира, SCAD, ANSYS, для решения нелинейных задач конструкций на ПЭВМ. Создание конечно-элементных моделей конструкций (4 час.).

Влияние упругости и смещений опор на величину предельной нагрузки.

Занятие № 2. Управление нелинейным расчетом с использованием шаговых и шагово-итерационных решателей, последовательность выполнения расчетов в ПК SCAD, Лира, ANSYS (4 час.).

Предельное равновесие изгибаемых пластин.

Занятие № 3. Расчет геометрически нелинейных большепролетных конструкций - вантовых и висячих систем (2 час.).

Применение методов математического программирования для задач предельного равновесия.

Занятие № 4. Расчет по предельному равновесию рам, арок и ферм (2 час.).

Понятие о приспособляемости конструкций.

Занятие № 5. Предельное равновесие изгибаемых пластин (2 час.).

Оценка предельного равновесия для изгибаемых пластин.

Занятие № 6. Применение методов математического программирования для задач предельного равновесия (2 час.).

Оценка предельного равновесия методом математического программирования..

III. КОНТРОЛЬ ДОСТИЖЕНИЯ ЦЕЛЕЙ КУРСА

Формы текущего и промежуточного контроля

№	Контролируемые	Коды и этапы формирования компе-	Оценочные средства
---	----------------	----------------------------------	--------------------

	модули/ разделы / темы	тенций		текущий контроль	промежуточная аттестация
1	Раздел 1. Постановка и методы решения задачи теории упругости .	ПК-4	Знает обобщенный закон Гука Имеет навыки (начального уровня) решения задач на упругость	Устный опрос (УО-1)	Экзамен вопросы 1-16
2	Раздел 2. Метод конечных элементов в применении к упругим системам	ПК-4	Знает метод конечных элементов Имеет навыки (начального уровня) применения метода конечных элементов к упругим системам	Устный опрос (УО-1)	Экзамен вопросы 20-22
3	Раздел 3. Основы теории пластичности и ползучести	ПК-4	Знает основы теории пластичности Имеет навыки (начального уровня) использования теории ползучести	Устный опрос (УО-1)	Экзамен вопросы 17-19

IV. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ

План-график выполнения самостоятельной работы по дисциплине

№	Дата/сроки выполнения	Вид самостоятельной работы	Примерные нормы времени на выполнение	Форма контроля
1	В течение семестра	Работа с теоретическим материалом	54 час	УО-1 ПР-1
2	январь	Подготовка к экзамену	36 час	Экзамен

Рекомендации к самостоятельной работе на лекции

Студенту необходимо быть готовым к лекции до прихода лектора в аудиторию, так как именно в первую минуту объявляется тема, формулируется основная цель, дается перечень важнейших вопросов. Без этого дальнейшее понимание лекции затрудняется.

Эффективность познавательной деятельности студента при слушании всецело зависит от направленности его внимания. Внимание обусловлено единством субъективных и объективных причин. В зависимости от действия этих причин оно может быть произвольным, т.е. возникает помимо сознательного

намерения человека, и произвольным, сознательно регулируемым, направляемым. Работа студента на лекции – сложный процесс, включающий в себя слушание, осмысливание и собственно конспектирование (запись).

Умение студента слышать на лекции преподавателя является лишь первым шагом в процессе осмысленного слушания, который включает в себя несколько этапов, начиная от восприятия речи и кончая оценкой сказанного.

Лекцию необходимо записывать, вести краткие конспекты, где формулировались бы наиболее важные моменты, основные положения, излагаемые лектором. Обычно запись производится в специальной тетради. При оформлении конспекта лекции необходимо оставлять поля, где студент может записать свои собственные мысли, возникающие параллельно с мыслями, высказанными лектором, а также вопросы, которые могут возникнуть в процессе слушания, чтобы получить на них ответы при самостоятельной проработке материала лекции, при изучении рекомендованной литературы или непосредственно у преподавателя в конце лекции.

Основное отличие конспекта от текста – отсутствие или значительное снижение избыточности, то есть удаление отдельных слов или частей текста, не выражающих значимой информации, а также замена развернутых оборотов текста более лаконичными словосочетаниями (свертывание). При конспектировании основную информацию следует записывать подробно, а дополнительные и вспомогательные сведения, примеры – очень кратко. Умение отделять основную информацию от второстепенной – одно из основных требований к конспектирующему. Хорошие результаты в выработке умения выделять основную информацию дает известный приём, названный условно приемом фильтрации и сжатия текста, который включает в себя две операции:

1. Разбивку текста на части по смыслу.
2. Нахождение в каждой части текста одного слова краткой фразы или обобщающей короткой формулировки, выражающих основу содержания этой части.

Рекомендуется применять систему условных сокращений. В первую очередь сокращаются длинные слова и те, что повторяются в речи лектора чаще всего. При этом само сокращение должно быть по возможности кратким. Основные термины, повторяющиеся наиболее часто, могут быть выделены как ключевые слова и обозначены начальными заглавными буквами этих слов (сокращение, называемое аббревиатурой). Ключевые слова записываются первый раз полностью, после чего в скобках дается их аббревиатура. Процесс записи значительно облегчается при использовании сокращений общепринятых вспомогательных слов. В самостоятельной работе над лекцией целесообразным является использование студентами логических схем. Они в наглядной форме раскрывают содержание и взаимосвязь категорий, законов, понятий, наиболее важных фактов.

Прослушанный материал лекции студент должен проработать. Насколько эффективно он это сделает, зависит и прочность усвоения знаний. Опыт показывает, что только многоразовая, планомерная и целенаправленная обработка лекционного материала обеспечивает его надежное закрепление в долговременной памяти человека.

Повторение нужно разнообразить. При первом повторении изучаются все параграфы и абзацы, при втором, возможно, будет достаточно рассмотреть только отдельные параграфы, а в дальнейшем лишь тему лекции.

Необходимым является подготовка студента к предстоящей лекции. Основным требованием, предъявляемым к такой работе, является, прежде всего, систематичность ее проведения. Она включает ряд важных познавательно-практических этапов: чтение записей, сделанных в процессе слушания и конспектирования предыдущей лекции, вынесение на поля всего, что требуется при дальнейшей работе с конспектом и учебником; техническое оформление записей (подчеркивание, выделение главного, выводов, доказательств); выполнение практических заданий преподавателя; знакомство с материалом предстоящей лекции по учебнику и дополнительной литературе.

Рекомендации к практическим занятиям

1. Студент должен изучить все вопросы семинара, предлагаемые по данной теме, но ответить развернуто может по одному из вопросов, наиболее интересному на его взгляд. Работа над докладом прививает навыки исследовательской деятельности, способствует опыту работы с аудиторией на более высоком методическом и научном уровне.

2. Студент может приготовить информационный или проблемный доклад. Первый связан с анализом статьи, книги, знакомством с конкретным философским течением и т.п. Докладчик должен доходчиво и внятно передать информацию, которой он овладел, раскрывая значение неизвестных студентам понятий и категорий, встреченных при изучении определённого вопроса. Такой доклад является аналитическим, в нём должна прослеживаться позиция выступающего, его видение темы. Второй тип доклада – проблемный, носит поисковый характер, в нём анализируются разнообразные подходы к проблеме, докладчик должен сделать свой выбор и обосновать его.

3. Студент должен свободно ориентироваться в проблеме, которая лежит в основе его доклада, для этого необходимо тщательно ознакомиться с литературой, предлагаемой к данному семинару, отобрать нужную для раскрытия исследуемого вопроса, внимательно изучить и проанализировать её. Необходимо вести тщательный конспект изучаемого материала, в котором должны быть зафиксированы материалы источников, кроме того, следует обращать внимание на сноски, на страницы или иные части произведения (глава, пункт, строка и др.). Рекомендуется, перед тем как излагать доклад в аудитории пересказать текст и определить время его изложения, не более 10-15 минут.

4. Нужно помнить, что непрерывное чтение ослабляет внимание слушателей, ведет к потере контакта с ними, поэтому к написанному тексту лучше обращаться только для отдельных справок, воспроизведения цитат, выводов и т.п. Выступление значительно выигрывает, если оно сопровождается наглядными материалами: репродукциями, схемами и т.д. В конце доклада нужно быть готовым не только к ответам на вопросы слушателей, но и уметь задавать вопросы аудитории с целью проверки её понимания поставленной проблемы.

5. На семинарских занятиях студент должен иметь конспект лекций и сделанные конспекты первоисточников к изучаемой теме.

6. Для самоконтроля студентов после каждого семинара предлагаются тесты. Вопросы тестов предполагают однозначные ответы: нужно указать пункт с правильным ответом. При этом следует учитывать, что правильных ответов может быть не один, а несколько.

V. СПИСОК УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ И ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Основная литература

1. Агапов В.П. Строительная механика, курс лекций [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Агапов В.П. Электрон. текст. дан. М.: Московский государственный строительный университет, Ай Пи Эр Медиа, ЭБС АСВ, 2016. 179 с. 6 экз. <http://www.iprbookshop.ru/58215.html>
<https://lib.dvfu.ru:8443/lib/item?id=chamo:699524&theme=FEFU>

2. Петров В.В. Нелинейная строительная механика. Ч. 2. Геометрическая нелинейность [Электронный ресурс]: учебное пособие / Петров В.В. Электрон. текст. дан. Саратов: Саратовский гос. технич. ун-т им. Ю.А. Гагарина, ЭБС АСВ, 2016. 152 с. <http://www.iprbookshop.ru/76492.html>.

Дополнительная литература

1. Метод конечных элементов в расчёте сооружений. Теория, алгоритм, примеры расчётов в программном комплексе SIMULIA Abaqus [Электронный ресурс]: учебное пособие / Сидоров В.Н., Вершинин В.В. М.: Издательство АСВ, 2015. 6 экз. <http://www.studmedlib.ru/book/ISBN9785432300904.html>

2. Петров В.В. Нелинейная инкрементальная строительная механика [Электронный ресурс]/ Петров В.В. Электрон. текст. дан. М.: Инфра-Инженерия, 2014. 480 с. <http://www.iprbookshop.ru/23318.html>

3. Галабурда М.А. Строительная механика [Электронный ресурс]: методические рекомендации по проведению практических занятий. Электрон. текст.

дан. М.: Московская гос. академия вод. транспорта, 2011. 46 с.
<http://www.iprbookshop.ru/46765.html>

4. Перельмутер А.В. Расчетные модели сооружений и возможность их анализа [Электронный ресурс]: руководство / А.В. Перельмутер, В.И. Сливкер. Электрон. дан. М.: АСВ, 2020. 736 с. <https://fb2lib.ru/obshchie-voprosy/raschetnye-modeli-sooruzheniy-i-vozmozhnost-ikh-analiza/>

Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

Федеральная университетская компьютерная сеть России
<http://www.runnet.ru/>

Информационная система "Единое окно доступа к образовательным ресурсам" <http://window.edu.ru/>

Научная электронная библиотека <http://elibrary.ru/defaultx.asp?>

Электронная библиотечная система Международной ассоциации строительных высших учебных заведений <http://www.iprbookshop.ru/>

Электронная библиотечная система «Лань» <http://e.lanbook.com>

Электронная библиотека "Консультант студента"
<http://www.studentlibrary.ru/>

Научная библиотека ДВФУ <http://lib.dvfu.ru:8080/search/query?theme=FEFU>

Строительная механика и расчёт сооружений (научно-технический журнал) <http://stroy-mex.narod.ru/>

Строительная механика инженерных конструкций и сооружений (научно-технический журнал). <http://journals.rudn.ru/structural-mechanics>

Перечень информационных технологий и программного обеспечения

Место расположения компьютерной техники, на котором установлено программное обеспечение, количество рабочих мест	Перечень программного обеспечения
690922, г. Владивосток, о. Русский, пос. Аякс, 10, корп. Е, ауд. Е708. Компьютерный класс с мультимедийным оборудованием 18 мест, БТИ № 880	– Microsoft Office Professional Plus 2016 – офисный пакет, включающий программное обеспечение для работы с различными типами документов (текстами, электронными таблицами, базами данных и др.); – 7Zip 9.20 - свободный файловый архиватор с высокой степенью сжатия данных; – АBBYY FineReader 11 - программа для оптического

	распознавания символов; – Adobe Acrobat XI Pro – пакет программ для создания и просмотра электронных публикаций в формате PDF; – AutoCAD Electrical 2015 Language Pack – English - трёхмерная система автоматизированного проектирования и черчения; – Revit Architecture – система для работы с чертежами; – SCAD Office – система для расчёта строительных конструкций – MS Project- автоматизированная система для календарных планов строительства объектов – Альт-инвест пакет прикладных программ по оценке эффективности инвестиционных проектов – Гранд смета - программный комплекс для расчета сметной стоимости строительства
--	---

VI. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

Рекомендации по ведению конспектов

Успешное изучение дисциплины требует от студентов посещения аудиторных занятий, активной работы на практических занятиях, выполнения всех учебных заданий преподавателя, ознакомления с основной, дополнительной и нормативной литературой.

Запись конспекта лекций или практических занятий – одна из основных форм активной работы студентов, требующая навыков и умения кратко, схематично, последовательно и логично фиксировать основные положения, выводы, обобщения, формулировки. Работа над текстом лекции или практического занятия способствует более глубокому пониманию материала лекции ее содержание, позволяет развивать аналитическое мышление. В конце лекции преподаватель оставляет время (5-10 минут) для того, чтобы студенты имели возможность задать уточняющие вопросы по изучаемому материалу.

При формировании конспекта студенту рекомендуется придерживаться некоторых правил графического дизайна оформления текста. В частности, необходимо четко выделять заголовки различных уровней шрифтами одинакового для каждого уровня исполнения. Формулировки и определения выделять обозначением на полях, шрифтом, цветом или подчеркиванием. Текст одинаковой значимости должен быть выделен одним и тем же способом.

Предпочтительным является фиксирование лекционного материала в виде таблиц или, если это возможно, организационных диаграмм. Для наилучшего восприятия материала рекомендуется писать конспект разборчивым почерком и применять только общепринятые или понятные данному студенту сокращения.

Каждому студенту рекомендуется разработать индивидуальную систему понятных ему сокращений. При подготовке к занятиям студент должен просмотреть конспекты лекций или практических занятий, рекомендованную литературу по данной теме; подготовиться к ответу на контрольные вопросы.

В случае наличия неясных моментов, требующих дополнительного разъяснения преподавателем, подготовить список вопросов, которые необходимо будет задать преподавателю на следующей лекции или ближайшей консультации, попытаться найти ответы на затруднительные вопросы, используя рекомендуемую литературу. Постоянная активность на занятиях, готовность ставить и обсуждать актуальные проблемы курса - залог успешной работы и положительной оценки.

Рекомендации по использованию учебно-методических материалов

При изучении дисциплины рекомендуется пользоваться следующими учебно-методическими материалами: конспектом лекций и практических занятий по дисциплине; учебниками и учебными пособиями; государственными стандартами; периодическими изданиями по тематике изучаемой дисциплины, методическими рекомендациями по выполнению практических и курсовых работ.

Методические указания к выполнению практических работ содержат исходные данные, содержание и порядок выполнения работ, примеры выполнения. Пользуясь методическими указаниями к выполнению практических работ, следует избегать формализованного подхода к выполнению работы, основанного лишь на механической подстановке значений своего варианта задания в примеры выполнения работ без понимания сущности рассматриваемых процессов и алгоритма решаемой задачи.

Для подготовки отчета к защите следует проанализировать результаты, сопоставить их с известными теоретическими положениями или справочными данными, обобщить результаты исследований в виде выводов по работе, подготовить ответы на вопросы, приводимые в методических указаниях к выполнению практических работ. Отчет завершается выводами по результатам работы.

Полностью подготовленный и надлежаще оформленный отчет практической работы передается для проверки и защиты преподавателю, ведущему практические занятия по данной дисциплине.

Рекомендации по работе с литературой

Работу с литературой следует начинать со знакомства со списком рекомендуемой учебной литературы по дисциплине (см. раздел 5 рабочей программы), в которой перечислены основная, дополнительная и нормативная литература, иные издания, интернет-ресурсы, необходимые для работы на занятиях.

Выбрав нужный источник, следует найти в нем интересующий раздел по оглавлению или алфавитному указателю, сопоставив с соответствующим разделом собственного конспекта.

В случае возникших затруднений следует обратиться к другим источникам, где изложение может оказаться более доступным. Для полноты информации необходимо стремиться ознакомиться со всеми рекомендованными печатными и электронными источниками информации в необходимом для понимания темы полном объеме.

Рекомендации по подготовке к экзамену

Подготовка является завершающим этапом изучения дисциплины. Подготовку следует начинать с первой лекции и практического занятия, поскольку знания, умения и навыки формируются в течении всего периода, предшествующего экзаменационной сессии.

Перед сдачей студент должен защитить отчеты по всем предусмотренным учебным планом практическим работам, сдать тесты (при необходимости). Уточнить время и место проведения зачета.

При подготовке не позднее чем за неделю рекомендуется подготовить перечень экзаменационных вопросов и комплект источников для подготовки ответов на экзаменационные вопросы: конспект лекций, рекомендованные учебные пособия и учебно-методические материалы. При наличии интернет-источников обеспечить доступ в интернет и подготовить список необходимых сайтов.

Подготовку к зачету необходимо проводить не менее 3-4 полных дней без существенных перерывов и отвлечения на посторонние темы. При сдаче зачета необходимо учитывать, что при оценивании знаний студентов преподаватель руководствуется, прежде всего, следующими критериями:

- правильность ответов на вопросы;
- полнота и лаконичность ответа;
- умение толковать и применять нормативные акты;
- способность правильно квалифицировать факты и обстоятельства, разделять причины и следствия процесса;
- способность делать адекватные выводы и заключения;
- ориентироваться в нормативно-технической литературе;
- логика и аргументированность изложения;
- культура ответа.

Требования к допуску на экзамен

Для допуска студент должен:

- обязательно посещать занятия;
- иметь конспект лекций;
- иметь материалы по практическим занятиям,
- иметь материалы выполнения лабораторных работ (при наличии в учебном плане);
- выполнить в полном объеме задания к практическим занятиям (например, решенные задачи и прочие задания, предусмотренные учебным планом дисциплины в рамках практических занятий);

- защитить контрольные работы и тесты (при наличии в учебном плане).

Студент обязан не только представить комплект выполненных заданий и прочих материалов, необходимых для допуска к зачету/экзамену по изучаемой дисциплине, но и уметь ответить на вопросы преподавателя, касающиеся решения конкретной задачи или выполненного студентом задания. В случае невыполнения вышеизложенных требований студент *не допускается* к сдаче экзамен.

VII. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения. Реквизиты подтверждающего документа
690922, г. Владивосток, о. Русский, пос. Аякс, 10, корп. Е, ауд. Е708. Компьютерный класс с мультимедийным оборудованием 18 мест, БТИ № 880	Помещение укомплектовано специализированной учебной мебелью (30 посадочных мест) Оборудование: ЖК-панель 47", Full HD, LG M4716 CCBA – 1 шт. Доска аудиторная.	<ul style="list-style-type: none"> – Microsoft Office Professional Plus 2019 – офисный пакет для работы с различными типами документов; – 7Zip 9.20 - свободный файловый архиватор с высокой степенью сжатия данных; – ABBYY FineReader 11 - программа для оптического распознавания символов; – Adobe Acrobat XI Pro – пакет программ для создания и просмотра электронных публикаций в формате PDF; – Autodesk 3DS Max -трёхмерная система автоматизированного проектирования – AutoCAD 2018 – система автоматизированного проектирования и черчения; – Revit Architecture – система для работы с чертежами – Academic Mathcad License 14.0; – SCAD Office – система для расчёта строительных конструкций – Plaxis 2D, Plaxis 3D 2018 – конечноэлементный пакет для решения геотехнических задач, лицензия; – MS Project 2020 - автоматизированная система для календарных планов строительства объектов – Гранд смета версия Student –

VIII. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

ПЕРЕЧЕНЬ ФОРМ ОЦЕНИВАНИЯ

Текущая аттестация проводится в соответствии с локальными нормативными актами ДВФУ и является обязательной, проводится в форме контрольных мероприятий (*защиты практической работы*) по оцениванию фактических результатов обучения студентов и осуществляется ведущим преподавателем.

Объектами оценивания выступают:

- учебная дисциплина (активность на занятиях, своевременность выполнения различных видов заданий, посещаемость всех видов занятий по аттестуемой дисциплине);
- степень усвоения теоретических знаний;
- уровень овладения практическими умениями и навыками по всем видам учебной работы.

Промежуточная аттестация проводится в соответствии с локальными нормативными актами ДВФУ и является обязательной. Предусмотрена промежуточная аттестация в виде зачета.

При проведении текущей и промежуточной аттестации для студентов-инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья обеспечивается соблюдение следующих общих требований:

- пользование необходимыми обучающимся инвалидам техническими средствами при прохождении текущей и промежуточной итоговой аттестации с учетом их индивидуальных особенностей;
- обеспечение возможности беспрепятственного доступа обучающихся инвалидов в аудитории, туалетные и другие помещения, а также их пребывания

в указанных помещениях (наличие пандусов, поручней, расширенных дверных проемов, лифтов, при отсутствии лифтов аудитория должна располагаться на первом этаже, наличие специальных кресел и других приспособлений).

- форма проведения текущей и промежуточной аттестации для студентов-инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья устанавливается с учетом индивидуальных психофизических особенностей.

Перечень оценочных средств

№	Код ОС	Наименование оценочного средства	Краткая характеристика оценочного средства	Представление оценочного средства в фонде
1	УО-1	Собеседование	Средство контроля, организованное как специальная беседа преподавателя с обучающимся на темы, связанные с изучаемой дисциплиной, и рассчитанное на выяснение объема знаний, обучающегося по определенному разделу, теме, проблеме и т.п.	Вопросы по темам/разделам дисциплины
2	ПР-1	Тест	Система стандартизированных заданий, позволяющая автоматизировать процедуру измерения уровня знаний и умений обучающегося.	Фонд тестовых заданий

ШКАЛА ОЦЕНИВАНИЯ КАЖДОЙ ФОРМЫ, С ОПИСАНИЕМ ИНДИКАТОРОВ ДОСТИЖЕНИЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ СОГЛАСНО ЗАЯВЛЕННЫХ КОМПЕТЕНЦИЙ

Критерии оценки результатов обучения (тестирование/зачет/экзамен)

Баллы/шкала ECTS	Оценка	Критерии оценки результатов обучения
------------------	--------	--------------------------------------

Баллы/шка- ла ECTS	Оценка	Критерии оценки результатов обучения
100-83/A, B	отлично/ за- чтено (отлич- но)/ зачтено	<p>Выставляется обучающемуся, если он глубоко и прочно усвоил теоретический и практический материал, может продемонстрировать это на занятиях и в ходе промежуточной аттестации</p> <p>Обучающийся исчерпывающе и логически стройно излагает учебный материал, умеет увязывать теорию с практикой, справляется с решением задач профессиональной направленности высокого уровня сложности, правильно обосновывает принятые решения.</p> <p>Свободно ориентируется в учебной и профессиональной литературе.</p> <p>Оценка по дисциплине выставляется обучающемуся с учётом результатов текущей и промежуточной аттестации.</p> <p>Компетенции, закреплённые за дисциплиной, сформированы на уровне – «высокий».</p>
82-68/C	хорошо/ зачте- но (хорошо)/ зачтено	<p>Выставляется обучающемуся, если он знает теоретический и практический материал, грамотно и по существу излагает его на занятиях и в ходе промежуточной аттестации, не допуская существенных неточностей.</p> <p>Обучающийся правильно применяет теоретические положения при решении практических задач профессиональной направленности разного уровня сложности, владеет необходимыми для этого навыками и приёмами.</p> <p>Достаточно хорошо ориентируется в учебной и профессиональной литературе.</p> <p>Оценка по дисциплине выставляется обучающемуся с учётом результатов текущей и промежуточной аттестации.</p> <p>Компетенции, закреплённые за дисциплиной, сформированы на уровне – «хороший».</p>
67-50/D, E	удовлетвори- тельно/ зачтено (удовлетвори- тельно)/ зачте- но	<p>Выставляется обучающемуся, если он знает на базовом уровне теоретический и практический материал, допускает отдельные ошибки при его изложении на занятиях и в ходе промежуточной аттестации.</p> <p>Обучающийся испытывает определённые затруднения в применении теоретических положений при решении практических задач профессиональной направленности стандартного уровня сложности, владеет необходимыми для этого базовыми навыками и приёмами.</p> <p>Демонстрирует достаточный уровень знания учебной литературы по дисциплине.</p> <p>Оценка по дисциплине выставляется обучающемуся с учётом результатов текущей и промежуточной аттестации.</p> <p>Компетенции, закреплённые за дисциплиной, сформированы на уровне – «достаточный».</p>

Баллы/шка-ла ECTS	Оценка	Критерии оценки результатов обучения
49-0/F, FX	неудовлетворительно/не зачтено	<p>Выставляется обучающемуся, если он не знает на базовом уровне теоретический и практический материал, допускает грубые ошибки при его изложении на занятиях и в ходе промежуточной аттестации.</p> <p>Обучающийся испытывает серьезные затруднения в применении теоретических положений при решении практических задач профессиональной направленности стандартного уровня сложности, не владеет необходимыми для этого навыками и приемами.</p> <p>Демонстрирует фрагментарные знания учебной литературы по дисциплине.</p> <p>Оценка по дисциплине выставляется обучающемуся с учётом результатов текущей и промежуточной аттестации.</p> <p>Компетенции на уровне «достаточный», закреплённые за дисциплиной, не сформированы.</p>

100-балльная шкала	Традиционная шкала		Шкала ECTS
95 – 100	отлично	зачтено	A
83 – 94			B
68 – 82	хорошо		C
56 – 67	удовлетворительно		D
50 – 55		E	
20 – 49	неудовлетворительно	не зачтено	FX
0 – 19			F

Ниже приведены правила оценивания формирования компетенций по показателю оценивания «Знания».

Критерий оценивания	Уровень освоения и оценка			
	«2» (неудовлетв.)	«3» (удовлетвор.)	«4» (хорошо)	«5» (отлично)
Знание терминов и определений, понятий	Не знает терминов и определений	Знает термины и определения, но допускает неточности формулировок	Знает термины и определения	Знает термины и определения, может корректно сформулировать их самостоятельно
Знание основных закономерностей и соотношений, принципов	Не знает основные закономерности и соотношения, принципы построения знаний	Знает основные закономерности, соотношения, принципы построения знаний	Знает основные закономерности, соотношения, принципы построения знаний, их интерпретирует и использует	Знает основные закономерности, соотношения, принципы построения знаний, может самостоятельно их получить и использовать
Объём освоенного материала, усвоение всех дидактических	Не знает значительной части материала	Знает только основную материал дисциплины, не	Знает материал дисциплины в объёме	Обладает твёрдым и полным знанием материала дисциплины

единиц (разделов)	дисциплины	усвоил его детали		плины, владеет дополнительными знаниями
Полнота ответов на проверочные вопросы	Не даёт ответы на большинство вопросов	Даёт неполные ответы на все вопросы	Даёт ответы на вопросы, но не все - полные	Даёт полные, развернутые ответы на поставленные вопросы
Правильность ответов на вопросы	Допускает грубые ошибки при изложении ответа на вопрос	В ответе имеются существенные ошибки	В ответе имеются несущественные неточности	Ответ верен
Чёткость изложения и интерпретации знаний	Излагает знания без логической последовательности	Излагает знания с нарушениями в логической последовательности	Излагает знания без нарушений в логической последовательности	Излагает знания в логической последовательности, самостоятельно их интерпретируя и анализируя
	Не иллюстрирует изложение поясняющими схемами, рисунками и примерами	Выполняет поясняющие схемы и рисунки небрежно и с ошибками	Выполняет поясняющие рисунки и схемы корректно и понятно	Выполняет поясняющие рисунки и схемы точно и аккуратно, раскрывая полностью усвоенных знаний
	Неверно излагает и интерпретирует знания	Допускает неточности в изложении и интерпретации знаний	Грамотно и по существу излагает знания	Грамотно и точно излагает знания, делает самостоятельные выводы

Ниже приведены правила оценивания формирования компетенций по показателю оценивания «Навыки начального уровня».

Критерий оценивания	Уровень освоения и оценка			
	«2» (неудовлетв.)	«3» (удовлетвор.)	«4» (хорошо)	«5» (отлично)
Навыки выбора методики выполнения заданий	Не может выбрать методику выполнения заданий	Испытывает затруднения по выбору методики выполнения заданий	Без затруднений выбирает стандартную методику выполнения заданий	Применяет теоретические знания для выбора методики выполнения заданий
Навыки выполнения заданий различной сложности	Не имеет навыков выполнения учебных заданий	Имеет навыки выполнения только простых типовых учебных заданий	Имеет навыки выполнения только стандартных учебных заданий	Имеет навыки выполнения как стандартных, так и нестандартных учебных заданий

Навыки самопроверки. Качество сформированных навыков	Допускает грубые ошибки при выполнении заданий	Допускает ошибки при выполнении заданий, нарушения логики решения	Допускает ошибки при выполнении заданий, не нарушающие логику решения	Не допускает ошибок при выполнении заданий
Навыки анализа результатов выполнения заданий, решения задач	Делает некорректные выводы	Испытывает затруднения с формулированием корректных выводов	Делает корректные выводы по результатам решения задачи	Самостоятельно анализирует результаты выполнения заданий
Навыки представления результатов решения задач	Не может проиллюстрировать решение задачи поясняющими схемами, рисунками	Выполняет поясняющие схемы и рисунки небрежно и с ошибками	Выполняет поясняющие рисунки и схемы корректно и понятно	Выполняет поясняющие рисунки и схемы верно и аккуратно

ПРИМЕРЫ ЗАДАНИЙ ТЕКУЩЕГО И ПРОМЕЖУТОЧНОГО КОНТРОЛЯ

Расчетно-графические работы

Расчетно-графическая работа № 1. Расчет физически-нелинейной балки.

Расчетно-графическая работа № 2. Расчет геометрически нелинейной висячей системы по МКЭ.

Расчетно-графическая работа № 3. Расчет стержневой системы с учётом последовательности монтажа по МКЭ.

Расчетно-графическая работа № 4. Определение предельной нагрузки жесткопластической стержневой системы с применением линейного программирования.

Вопросы к экзамену (9-й семестр)

1. Какие основные принципы лежат в основе линейной строительной механики?
2. Какие методы расчета конструкций на прочность, жесткость и устойчивость разработаны в строительной механике?

3. В чем состоит основная идея расчета конструкций по методу допускаемых напряжений?
4. В чем состоит основная идея расчета конструкций по методу разрушающих нагрузок?
5. В чем состоит основная идея расчета конструкций по методу предельных состояний?
6. Какие виды нелинейности учитываются при прочностных расчетах инженерных сооружений и конструкций?
7. Что такое физическая нелинейность, для каких материалов она характерна?
8. Что такое геометрическая нелинейность?
9. Что такое конструктивная нелинейность, ее виды?
10. Какие гипотезы линейной строительной механики не соблюдаются при учете физической нелинейности материала?
11. То же, при учете геометрической нелинейности сооружений и конструкций?
12. То же, при учете конструктивной нелинейности сооружений и конструкций?
13. Какой вид имеют диаграммы деформирования упругого, упругопластического, жесткопластического и нелинейно-упругого тела?
14. Какие существуют классификации нелинейных задач теории упругости?
15. Какой вид имеют диаграммы деформирования физически нелинейного материала?
16. В чем состоит отличие между нелинейно-упругим и упругопластическим материалом?
17. В чем состоит особенность формулы для определения перемещений (Мора–Максвелла) применительно к расчету нелинейных задач строительной механики?

18. Какие четыре основные постановки задач нелинейной теории строительной механики возможны в практических расчетах?
19. В чем состоит основная предпосылка нелинейной теории упругости?
20. В чем состоит основная гипотеза в теории пластичности?
21. Что называется тензором напряжений, тензором деформаций и тензором скоростей деформаций?
22. Какой вид имеет тензор напряжений, тензор деформаций и тензор скоростей деформаций в главных осях напряжений?
23. На какие составляющие раскладывается тензор напряжений, тензор деформаций и тензор скоростей деформаций?
24. Какой вид имеют шаровые тензоры напряжений, деформаций и скоростей деформаций?
25. Какой вид имеют тензоры девиаторы напряжений, деформаций и скоростей деформаций?
26. С какой составляющей тензора напряжений связывают изменение объема, а с какой изменение формы тела?
27. По каким формулам подсчитываются средние напряжения, линейные деформации и скорости линейной деформации?
28. Какая величина характеризует скорость объемной деформации?
29. Из какого уравнения определяются главные напряжения?
30. Что называется инвариантами? Чему равны первый, второй и третий инварианты напряжений и деформаций?
31. Чему равны интенсивности нормальных и касательных напряжений?
32. Чему равны интенсивности линейных деформаций и деформаций сдвига?
33. Какие величины в теории упругости принято называть обобщенными напряжениями и деформациями?
34. Чему равны обобщенные напряжения и деформации при одноосном сжатии или растяжении, чистом сдвиге и всестороннем равномерном сжатии?

35. Какие основные уравнения описывают нелинейно-упругие тела? Их физический смысл?
36. Какой вид имеют уравнения равновесия?
37. Какие виды граничных условий применяются в теории упругости? Запишите уравнения статических граничных условий.
38. Какой вид имеют геометрические уравнения?
39. Какой вид имеют уравнения совместности или неразрывности деформаций и в каких плоскостях они связывают между собой составляющие деформаций?
40. Какой вид имеет реологическое уравнение состояния тела?
41. Как записываются законы изменения формы и объема?
42. Что такое простое и сложное нагружение?
43. Что такое активная и пассивная деформации?
44. Какие существуют основные группы теорий пластичности?
45. Какие приняты основные допущения теорий пластичности?
46. Как конкретно формулируются основные допущения в деформационной теории пластичности?
47. Что называется модулем пластичности?
48. Что такое параметры Надаи–Лоде?
49. Как записываются уравнения Генки?
50. Как определяются упругие и пластические составляющие деформации в деформационной теории пластичности?
51. Как учитывается процесс разгрузки в деформационной теории пластичности?
52. Как конкретно формулируются основные допущения в теории пластического течения?
53. Какой вид имеют уравнения Сен-Венана–Мизеса?
54. Что такое пластический потенциал, чему он равен?
55. Что такое ассоциированный закон течения?

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

86. Как осуществляется учет последовательности возведения наращиваемых сооружений?

87. Какие достоинства и недостатки имеют вышеизложенные методы?

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

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

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

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

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

93. Чему равен пластический момент сопротивления при изгибе?

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

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

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

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

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

99. Какие достоинства и недостатки имеют МППУ и МПН?

Вопросы к зачету (10-й семестр)

1. Какие системы относятся к геометрически нелинейным?

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

20. Какие фермы называются равнопрочными или не равнопрочными?
21. Какой вид имеют диаграммы при однократном и многократном нагружении равнопрочных и не равнопрочных ферм?
22. В каких фермах отсутствует явление приспособляемости и по каким причинам?
23. При каких условиях и в каких фермах возникает явление приспособляемости?
24. Какими особенностями обладают приспособившиеся фермы?