

заМИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ОРЛОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ
ИМЕНИ Н.В. ПАРАХИНА»



**Рабочая программа дисциплины
Теория расчета и проектирования**

Направление подготовки **08.04.01 Строительство**

Направленность **Промышленное и гражданское строительство**

Квалификация **Магистр**

Форма обучения **заочная**

Год начала подготовки 2019

Орел 2019 год

Составитель: Коробко Андрей Викторович

«09» 04 2019 г.

Рецензент: ген. директор ООО «Ремстройкомплект» Григорьев Геннадий Сергеевич

«09» 04 2019 г.

Программа разработана в соответствии с ФГОС ВО по направлению подготовки 08.04.01 Строительство квалификация (степень) – магистр.

Программа обсуждена на заседании кафедры агропромышленного и гражданского строительства протокол № 20 от «09» 04 2019 г.

Зав. кафедрой: Фетисова Мария Александровна, к.т.н.

«09» 04 2019 г.

Программа рассмотрена и одобрена на заседании Ученого совета инженерно-строительного института протокол № 8 от «23» 04 2019 г.

Директор ИСИ: Мысишин Игорь Сергеевич, к.п.н.

«23» 04 2019 г.

Программа принята учебно-методической комиссией по направлению подготовки 08.04.01 Строительство протокол № 6 от «23» 04 2019 г.

Председатель УМК по направлению подготовки:

Питель Татьяна Семеновна, к.э.н.

«23» 04 2019 г.

Директор научной библиотеки:

Ишханова Евгения Владимировна

«23» 04 2019 г.

Оглавление

	стр.
Введение.....	4
1 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины).....	4
2 Место дисциплины в структуре образовательной программы.....	8
3 Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу (во взаимодействии с преподавателем) обучающихся (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся.....	9
4 Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий.....	10
4.1. Содержание модулей и разделов дисциплины.....	10
4.2. Разделы дисциплины и виды занятий.....	12
4.3. Тематический план лекций.....	14
4.4. Практические занятия.....	16
4.5. Лабораторный практикум.....	17
4.6. Самостоятельная работа обучающихся.....	17
5 Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю).....	18
6 Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю).....	18
7 Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля).....	19
8 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины (модуля).....	20
9 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля).....	21
10 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости).....	21
11 Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю).....	22
12 Критерии оценки знаний обучающихся.....	23
Лист согласования изменений.....	25
ПРИЛОЖЕНИЕ 1.....	18

Введение

Рабочая программа (РП) составлена для обучающихся по направлению 08.04.01 «Строительство» в соответствии с учебным планом инженерно-строительного института ФГБОУ ВО Орловский ГАУ. Предлагаемая РП выстроена с учётом требований ФГОС ВО, обязательных при реализации основных образовательных программ магистратуры по направлению подготовки «Строительство».

РП может быть использована преподавателями и обучающимися при подготовке к занятиям (лекционным, практическим, самостоятельным) по дисциплине «Теория расчета и проектирования»; обучающимися, изучающими курс экстерном; преподавателями для разработки испытательных педагогических материалов по данному курсу.

Обучение обучающихся магистратуры ведется по модульной технологии обучения.

Изучение дисциплины осуществляется по модульному принципу, сущность которого состоит в делении учебного материала на отдельные логически завершённые блоки (модули). Качество их освоения определяется с помощью специальных контрольных мероприятий. Модульное формирование курса позволяет осуществлять перераспределение времени, отводимого учебным планом на отдельные виды учебного процесса, расширяя долю самостоятельной работы студентов. В начале семестра сообщается: количество модулей в семестре, какие разделы дисциплины входят в каждый модуль, график проведения отчета по модулю, условия допуска к отчету по теме модуля. Все это также утверждается на заседании кафедры в начале семестра. Безупречное усвоение изучаемых студентом в семестре разделов дисциплины «Теория расчета и проектирования» оценивается в 100 баллов. Использование 100-бальной шкалы обеспечивает более высокую степень дифференциации оценки.

1 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины)

Целями освоения дисциплины «Теория расчета и проектирования» формирование у студентов

- современных представлений о принципах и методах расчёта зданий, сооружений и их несущих конструкций на устойчивость и при динамических воздействиях в связи с актуальностью этих аспектов состояния и поведения строительных инженерных систем вследствие усложнения их конструктивных решений, условий эксплуатации и характера воздействий;

- знаний, умений и навыков, позволяющих принимать обоснованные инженерные решения в практической профессиональной деятельности по проектированию, возведению и эксплуатации зданий и сооружений.

Задачи дисциплины:

- дать обучающимся системное представление о современном состоянии теории и практических методах расчётов зданий и сооружений на динамические воздействия и на устойчивость;

- сформировать понимание физической сущности явлений и процессов, характеризующих динамическое поведение и устойчивость либо неустойчивость состояния зданий, сооружений и строительных конструкций;

- подготовить к применению в практической инженерной деятельности теоретических знаний и прикладных результатов решения характерных задач динамики и устойчивости деформируемых систем;

- создать основу для дальнейшего профессионального развития специалиста в области теории инженерных сооружений и расчётов строительных конструкций. Процесс изучения дисциплины

направлен на формирование элементов следующих компетенций в соответствии с ФГОС ВО и ОПОП ВО по данному направлению подготовки:

Таблица 1 – Профессиональные компетенции выпускников и индикаторы их достижения.

Задача ПД	Объект или область знания	Код и наименование профессиональной компетенции	Код и наименование индикатора достижения профессиональной компетенции	Основание (ПС, анализ опыта)
Тип задач профессиональной деятельности: экспертно-аналитический				
Экспертиза инженерных решений	здания, сооружения промышленного, гражданского назначения	ПК-1. Способность проводить экспертизу проектных решений объектов промышленного и гражданского строительства	ПК-1.1. Выбор и анализ нормативных документов, регламентирующих предмет экспертизы ПК-1.2. Выбор методики и системы критериев оценки проведения экспертизы ПК-1.3. Оценка соответствия технических и технологических решений в сфере промышленного и гражданского строительства требованиям нормативных документов ПК-1.4. Составление проекта заключения результатов экспертизы	16.126 Специалист в области проектирования металлических конструкций зданий и сооружений промышленного и гражданского назначения 10.004 Специалист в области оценки качества и экспертизы для градостроительной деятельности
Тип задач профессиональной деятельности: изыскательский				
Осуществление технического руководства проектно-изыскательским и работами	здания, сооружения промышленного, гражданского назначения	ПК-2. Способность осуществлять и организовывать проведение испытаний, обследований строительных конструкций объектов промышленного и гражданского назначения	ПК-2.1. Разработка нормативно-методических документов организации, регламентирующих проведение испытаний строительных конструкций объектов промышленного и гражданского назначения ПК-2.2. Составление планов проведения испытаний и/или обследований	10.003 Специалист в области инженерно-технического проектирования для градостроительной деятельности 16.126 Специалист в области проектирования металлических

			<p>строительных конструкций</p> <p>ПК-2.3. Проведение инструктажа работников и контроль порядка проведения испытаний</p> <p>ПК-2.4. Составление плана организации работ по метрологическому контролю оборудования для испытаний строительных конструкций</p> <p>ПК-2.5. Контроль проведения, оценка результатов испытаний обследований строительных конструкций</p> <p>ПК-2.6. Проведение визуального осмотра и инструментальных измерений параметров строительных конструкций</p> <p>ПК-2.7. Оценка соответствия параметров строительных конструкций требованиям нормативных документов</p> <p>ПК-2.8. Подготовка отчетных документов по результатам испытаний, обследований строительных конструкций</p> <p>ПК-2.9. Контроль выполнения технологической дисциплины и требований охраны труда при испытаниях и обследованиях строительных конструкций</p> <p>ПК-2.10. Выбор мер по борьбе с коррупцией при организации проведения испытаний,</p>	<p>конструкций зданий и сооружений промышленного и гражданского назначения</p>
--	--	--	---	--

			обследований строительных конструкций объектов промышленного и гражданского назначения	
Тип задач профессиональной деятельности: проектный				
Разработка проектных решений и организация проектирования. Обоснование проектных решений: выполнение и контроль	здания, сооружения промышлен ного, гражданско го назначения	ПК-3. Способность разрабатывать проектные решения и организовывать проектирование в сфере промышленного и гражданского строительства	ПК-3.1. Разработка и представление предпроектных решений для промышленного и гражданского строительства ПК-3.2. Оценка исходной информации для планирования работ по проектированию объектов промышленного и гражданского строительства ПК-3.3. Составление технического задания на подготовку проектной документации объектов промышленного и гражданского строительства ПК-3.4. Выбор архитектурно- строительных и конструктивных решений для разработки проектной документации объектов промышленного и гражданского строительства ПК-3.5. Выбор архитектурно- строительных и конструктивных решений, обеспечивающих формирование безбарьерной среды для инвалидов и других маломобильных групп населения ПК-3.6. Контроль	10.003 Специалист в области инженерно- технического проектирования для градостроительн ой деятельности 16.126 Специалист в области проектирования металлических конструкций зданий и сооружений промышленного и гражданского назначения 16.114 Организатор проектного производства в строительстве

			<p>разработки проектной документации объектов промышленного и гражданского строительства</p> <p>ПК-3.7. Подготовка технического задания и контроль разработки рабочей документации объектов промышленного и гражданского строительства</p> <p>ПК-3.8. Подготовка технических заданий и требований для разделов проектов инженерного обеспечения объектов строительства</p> <p>ПК-3.9. Оценка соответствия проектной документации объектов промышленного и гражданского строительства нормативно-техническим документам</p> <p>ПК-3.10. Оценка основных технико-экономических показателей проектов объектов промышленного и гражданского строительства</p> <p>ПК-3.11. Выбор мер по борьбе с коррупцией при разработке проектных решений и организации проектирования в сфере промышленного и гражданского строительства</p>	
Тип задач профессиональной деятельности: проектный				
Разработка проектных решений и организация проектирования. Обоснование	здания, сооружения промышленного, гражданского	ПК-4. Способность осуществлять и контролировать выполнение расчётного обоснования проектных решений объектов	ПК-4.1. Выбор исходной информации и нормативно-технических документов для выполнения расчётного обоснования проектных	10.003 Специалист в области инженерно-технического проектирования

проектных решений: выполнение и контроль	назначения	промышленного и гражданского строительства	решений объектов промышленного и гражданского строительства ПК-4.2. Выбор метода и методики выполнения расчётнообоснования проектного решения объекта промышленного и гражданского строительства, составление расчётной схемы ПК-4.3. Выполнение расчетного обоснования проектного решения объекта промышленного и гражданского строительства и документирование его результатов ПК-4.4. Оценка соответствия результатов расчетного обоснования объекта строительства требованиям нормативно-технических документов, оценка достоверности результатов расчётного обоснования ПК-4.5. Составление аналитического отчета о результатах расчетного обоснования объектов промышленного и гражданского строительства	для градостроительн ой деятельности 16.126 Специалист в области проектирования металлических конструкций зданий и сооружений промышленного и гражданского назначения
---	------------	--	--	--

В результате изучения дисциплины обучающийся должен:

знать:

- основные принципы работы элементов строительных конструкций при динамических воздействиях;
- основные принципы работы элементов строительных конструкций в задачах устойчивости её элементов;
- принципы расчета таких конструкций;
- методы расчета элементов конструкций цельного сечения, их соединений, а также элементов составного сечения на податливых связях, упругом основании;
- конкретные виды и методы расчета плоскостных конструкций и способы решения их узлов и соединений;
- методы обеспечения пространственной неизменяемости конструкций и принципы расчета связей;

- основы эксплуатации и усиления строительных конструкций.

уметь:

- выбирать, обосновывая свой выбор, материал для строительных конструкций (СК), типы сечения элементов СК, расчетную схему конструкций;
- проектировать балочные конструкции и узлы их соединений;
- проектировать элементы СК, работающие на различные виды напряженно деформированного состояния;
- проектировать фермы и другие рамные конструкции различного очертания, назначения и с различными сечениями элементов;
- компоновать конструктивную и расчетную схемы каркасов промышленных зданий;
- проектировать пространственные конструкции и их узлы;
- выполнять чертежи СК на всех стадиях проектирования конструкций;
- использовать прикладные программы при проектировании СК.

владеть: практическими навыками выполнения расчетов конструкции по предельным состояниям, в том числе с использованием стандартных программных комплексов.

2 Место дисциплины в структуре образовательной программы

Дисциплина относится к вариативной части учебного цикла ОПОП ВО.

Предшествующими дисциплинами, на которые непосредственно опирается дисциплина являются: физика, математика, сопротивление материалов, начертательная геометрия, инженерная графика, информатика, теоретическая механика, сопротивление материалов, основы архитектуры, строительная механика.

«Входные» знания, умения и опыт деятельности обучающихся, необходимые при освоении дисциплины «Теория расчета и проектирования» и приобретенные в результате освоения перечисленных предшествующих дисциплин:

Физика (знать: физические явления, законы, зависимости и формулы, относящиеся к механическому поведению деформируемых твердых тел и систем; основы термодинамики, аэро и гидродинамики; уметь: применять полученные знания по физике при построении и анализе расчётных моделей сооружений и конструкций; понимать физическую сущность процессов их деформирования при различных видах воздействий).

Математика (знать: дифференциальное и интегральное исчисления и анализ функций одного и нескольких переменных; теорию обыкновенных дифференциальных уравнений и уравнений в частных производных; линейную алгебру; численные методы решения нелинейных уравнений; основы теории вероятностей и математической статистики; уметь: привлекать математический аппарат, необходимый для решения задач расчёта деформируемых систем методами строительной механики).

Начертательная геометрия (знать: виды плоских и аксонометрических изображений геометрических объектов; способы построения сечений; уметь: строить плоские и аксонометрические расчётные схемы конструкций и их элементов).

Инженерная графика (знать: правила выполнения чертежей и построения графиков, в том числе с применением компьютерных средств; уметь: давать графическую интерпретацию результатам расчётов в виде эпюр и графиков).

Теоретическая механика (знать: терминологию, понятийный аппарат, общие положения и уравнения статики, кинематики и динамики; принципы Лагранжа и Д'Аламбера; уметь: использовать знания, полученные по теоретической механике, для постановки и решения задач о равновесии и движении деформируемых систем).

Информатика (знать: основные понятия информатики, современные средства вычислительной техники, технологии составления алгоритмов и программ; правила работы с базами данных и информационными сетями; апробированные универсальные и профессионально ориентированные программные продукты; уметь: работать на персональном компьютере, пользоваться операционной системой и осваивать специализированное программное обеспечение; использовать современные

компьютеры и программные продукты для реализации численных решений инженерных задач расчёта строительных конструкций)

Сопротивление материалов – (знать: физико-механические свойства основных конструкционных строительных материалов; виды простых и сложных деформаций, методы и способы определения внутренних силовых факторов, напряжений, перемещений и деформаций в типовых элементах деформируемых систем от различных видов воздействий; принципы и гипотезы (Сен-Венана, отвердевания, суперпозиции, плоских сечений или прямых нормалей и др.), на которых основана техническая теория сопротивления материалов; основные формулы для нахождения напряжений, дифференциальные уравнения равновесия и разрешающие уравнения в перемещениях для простых деформаций прямолинейных стержней; уметь: определять внутренние силовые факторы (ВСФ) в элементах стержневых систем при известных нагрузках и усилиях в концевых сечениях; строить и проверять эпюры ВСФ).

Основы архитектуры и строительных конструкций (знать: основные конструктивные схемы зданий и сооружений различного назначения; виды строительных конструкций и их элементов из разных материалов, принципиальные особенности их работы; уметь: ассоциировать расчётные схемы деформируемых систем с реальными сооружениями и конструкциями; качественно оценивать характер работы их элементов).

Строительная механика – навыки статического расчета, расчета на устойчивость и определение перемещений плоских стержневых систем; навыки построения линий влияния.

Дисциплина «Теория расчета и проектирования» связана с дисциплинами «Теория пластин и оболочек», «Техническая эксплуатация и реконструкция зданий и сооружений», дополняет их по учету особенностей расчета, конструирования и эксплуатации зданий и сооружений различного назначения, и т.п.

3 Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества академических часов, выделенных на контактную работу (во взаимодействии с преподавателем) обучающихся (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся

Таблица 2 – Общая трудоемкость дисциплины 3 зачетных единицы

Виды учебной нагрузки	Всего час/зач.ед	I
Контактная работа (всего) в том числе	10	10
Лекции (Л)	4	4
из них активные формы обучения	4	4
Практические занятия (ПЗ)	6	6
из них активные формы обучения	6	6
Лабораторные занятия (ЛЗ)	-	-
из них активные формы обучения	-	-
Самостоятельная работа	89	89
Контроль	9	9
Вид промежуточной аттестации		экзамен
Общая трудоемкость, час/зач.ед	108/3	108/3

4 Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических или астрономических часов и видов учебных занятий

4.1 Содержание модулей и разделов дисциплины

Таблица 2 – Содержание модулей и разделов дисциплины

Семестр I (количество модулей 2)			
Модуль I. Динамика стержневых систем (ПК-1, ПК-2, ПК-3, ПК-4.)			
<i>Цель: изучение динамики стержневых систем</i>			
№ п/п	Наименование раздела дисциплины, входящей в данный модуль	Содержание раздела	
		Контактная работа	СРС
1	2	3	4
1	Введение	Понятие о динамических воздействиях. Динамика зданий и сооружений как часть теории инженерных сооружений и как учебная дисциплина. Предмет и объект динамики. Сведения из истории развития теории динамических расчётов сооружений и конструкций; вклад отечественных учёных. Современные проблемы динамического поведения строительных инженерных систем и управления им. Классификация динамических воздействий. Основные понятия и термины динамики. Расчётные модели масс (распределённые, сосредоточенные, точечные). Виды механических движений деформируемых систем (вынужденное и свободное движение, колебания, собственные колебания, автоколебания). Задачи динамических расчётов сооружений и конструкций. Общие методы решения задач динамики – кинетостатический и энергетический, их сущность (принцип Д'Аламбера, экстремальные свойства полной механической энергии движущейся системы). Классификация частных методов динамики сооружений. Степени свободы в динамике. Обобщённые координаты; приведённые массы. Практические приёмы определения числа степеней свободы масс в расчётной схеме сооружения.	Решение задач Тест
2	Динамика систем с одной степенью свободы, конечным и бесконечным числом степеней свободы	Обобщённая расчётная модель деформируемой системы с одной степенью свободы масс, её характеристики – масса (приведённая), жёсткость/податливость, параметры демпфирования; гипотезы и предпосылки. Определение расчётных характеристик модели по параметрам рассчитываемой деформируемой системы. Получение кинетостатическим методом	Решение задач Тест

		<p>дифференциальных уравнений относительно перемещения массы расчётной модели в случаях свободного и вынужденного движений. Понятие о нелинейных и линейных задачах динамики для систем с одной степенью свободы масс. Решения линейных дифференциальных уравнений с не зависящими от времени параметрами упругости и демпфирования при свободном движении и для характерных случаев вынужденного движения (внезапно приложенная нагрузка, прямоугольный импульс, вибрационное воздействие). Частота собственных колебаний, возможности её регулирования. Понятие о динамическом расчёте при произвольном динамическом воздействии (интеграл Дюамеля; численные решения; приведение кинематических воздействия к эквивалентным силовым). Динамические коэффициенты (общее понятие, частный случай при установившихся гармонических вынужденных колебаниях). Резонанс и возможные пути борьбы с ним. Определение силовых факторов (усилий и напряжений) в рассчитываемой деформируемой системе. Особенности оценки прочности и устойчивости элементов конструкций при динамических воздействиях (с переменными во времени напряжениями)..</p> <p>Расчётная схема прямолинейного стержня с распределённой массой; собственная и присоединённая массы. Исходные гипотезы и предпосылки линейной теории динамических расчётов. Дифференциальные уравнения свободного и вынужденного движения прямолинейного стержня с распределённой массой при плоском прямом поперечном изгибе (вывод кинетостатическим методом); понятие об их решении методом Фурье и численными методами; частные случаи для стержня постоянного сечения с равномерно распределённой массой – свободные, собственные и вынужденные колебания. Собственные изгибные колебания прямолинейного стержня постоянного сечения с равномерно распределённой массой – уравнение амплитуд прогибов, его представление в форме метода начальных параметров (МНП) с использованием функций А.Н. Крылова; учёт влияния сосредоточенных масс и силовых факторов; вектор основных неизвестных МНП; основные уравнения по МНП (из статических и кинематических граничных условий); уравнение частот</p>	
--	--	--	--

		<p>собственных колебаний; спектр частот; выявление главных форм колебаний, их свойства. Понятие о решении дифференциального уравнения динамического изгиба стержня с распределенной массой при произвольных динамических воздействиях. Установившиеся вынужденные колебания прямолинейного стержня постоянного сечения с равномерно распределённой массой в случае вибрационных воздействий – выражения амплитуд перемещений и внутренних усилий по методу начальных параметров с применением функций А.Н. Крылова; основные уравнения по МНП; определение амплитуд перемещений и силовых факторов; динамические коэффициенты. Продольные и крутильные свободные и вынужденные динамические деформации прямолинейных стержней с распределённой массой – дифференциальные уравнения; частные случаи собственных и гармонических вынужденных колебаний; стержни постоянного сечения с равномерно распределённой массой – решения в форме метода начальных параметров. Учёт симметрии в динамике стержней с распределёнными массами. Общие сведения о динамических расчётах стержневых систем с распределёнными массами методом перемещений и методом конечных элементов. Использование аналитических и численных решений типовых задач динамики прямолинейных стержней для получения матриц динамической жёсткости элементов системы. Понятие о динамике систем с пластинчато-оболочечными и трёхмерными конечными элементами с распределёнными массами. Формирование расчётной модели инерционной деформируемой системы с применением приёма сосредоточения масс. Исходные гипотезы и предпосылки линейной теории; расчётная схема системы с конечным числом степеней свободы сосредоточенных масс в динамическом расчёте кинетостатическим методом. Система дифференциальных уравнений движения масс, общий вид её решения в случаях свободного и вынужденного движения. Уравнения собственных колебаний в амплитудах перемещений или инерционных силовых факторов (обычная и матричная</p>	
--	--	---	--

		<p>формы). Матрица динамической податливости системы как обобщённая характеристика деформационных и инерционных свойств движущейся системы. Тривиальное и нетривиальное решения системы уравнений собственных колебаний. Уравнение частот собственных колебаний. Спектр частот. Собственные векторы инерционных силовых факторов и перемещений масс. Главные формы колебаний, их ортогональность и другие свойства. Особенности главных форм колебаний симметричных систем. Принципиальные возможности управления собственными частотными характеристиками зданий, сооружений и строительных конструкций как инерционных деформируемых систем. Приближённые способы оценки минимальной частоты собственных колебаний. Установившиеся (гармонические) колебания систем с конечным числом степеней свободы масс при вибрационных воздействиях – расчётная схема кинетостатического метода; уравнения в амплитудах инерционных силовых факторов или перемещений масс (обычная и матричная формы); особенности матрицы динамической податливости; определение основных неизвестных и амплитуд динамических усилий в рассчитываемой системе. Динамические коэффициенты по перемещениям и силовым факторам. Особенности резонанса в системах с конечным числом степеней свободы масс. Расчётные усилия и расчётные характеристики циклических напряжений в сечениях элементов. Решение задач динамики в случаях гармонических колебаний (собственных и установившихся вынужденных) методом перемещений (МП). Особенности назначения расчётных узлов и формирования основной системы МП для динамического расчёта. Канонические уравнения в амплитудах перемещений расчётных узлов. Матрица динамической жёсткости основной системы МП. Вариант уравнений метода перемещений в амплитудах перемещений масс, с использованием матрицы динамической жёсткости рассчитываемой системы (способ её получения из матрицы жёсткости ОСМП).</p> <p>Использование групповых неизвестных и учёт симметрии в динамических расчётах систем с конечным числом степеней свободы масс.</p>	
--	--	--	--

		<p>Определение приведённых масс, соответствующих групповым (в частности, симметричным/обратносимметричным) неизвестным. Особенности частотных уравнений и главных форм собственных колебаний. Упрощения в расчётах на динамические воздействия.</p>	
<p>Модуль II. Основные положения по расчету зданий и сооружений на устойчивость (ПК-1, ПК-2, ПК-3, ПК-4.)</p> <p><i>Цель: изучение работы элементов конструкций на устойчивость под действием различного вида нагрузжений, принципов проектирования элементов конструкций на устойчивость.</i></p>			
1	Устойчивость сооружений	<p>Понятие о возможности существования различных равновесных состояний зданий, сооружений и конструкций, их устойчивости или неустойчивости. Устойчивость положения и устойчивость равновесия деформируемых систем. Теория устойчивости зданий и сооружений как раздел теории инженерных сооружений и как учебная дисциплина; её предмет и объект. Сведения из истории развития теории устойчивости; вклад отечественных учёных. Современные проблемы обеспечения устойчивости состояния строительных инженерных систем.</p> <p>Основные понятия и термины теории устойчивости – форма равновесия и её статическое и кинематическое описание, качество равновесия, критическое состояние, критический параметр воздействия, потеря устойчивости первого и второго рода, «в малом» и «в большом», бифуркация форм равновесия, форма потери устойчивости (ФПУ). График равновесных состояний.</p> <p>Общие задачи расчёта устойчивости и методы их решения – статический (Эйлера), энергетический и динамический; их сущность. Принцип малых возмущений. Учёт нелинейностей.</p> <p>Классификация задач и частных методов теории устойчивости; типичные примеры для строительных конструкций.</p> <p>Линейная теория устойчивости равновесия деформируемых систем – предпосылки, гипотезы, сущность. Общий алгоритм решения задач устойчивости статическим методом.</p> <p>Расчёт сжатых прямолинейных стержней на устойчивость методом начальных параметров (МНП) Расчётная схема первоначально сжатого прямолинейного стержня; проектная форма равновесия; исходные гипотезы и предпосылки. Бифуркационная формулировка задачи. Применение</p>	<p>Решение задач</p> <p>Тест</p> <p>Домашняя контрольная работа</p>

		<p>принципа малых возмущений; альтернативное состояние стержня. Варианты поведения нагрузки (консервативная, следящая). Вывод статическим методом дифференциальных уравнений равновесия возмущённого (альтернативного) состояния стержня. Разрешающее дифференциальное уравнение прогибов стержня при продольно-поперечном изгибе (общий случай – переменное сечение, произвольные первоначально продольные нагрузки); понятие о его аналитических и численных решениях. Частный случай – равномерно сжатый стержень постоянного сечения: решение дифференциального уравнения продольно-поперечного изгиба в форме метода начальных параметров; учёт реакций неконцевых связей. Вектор основных неизвестных МНП. Правила записи кинематических и статических граничных условий для получения основных уравнений метода НП. Тривиальное и нетривиальное решения системы основных уравнений МНП. Уравнение устойчивости (уравнение бифуркации), определение его минимального корня и критической нагрузки. Выявление формы потери устойчивости. Однопролетный равномерно сжатый стержень постоянного сечения в общем случае упругоподатливого закрепления его концов. Уравнение устойчивости. Частные случаи закреплений (типовые задачи) – критические значения коэффициента продольной силы, коэффициенты приведения длины. Обобщённая формула Эйлера. Оценка границ диапазона возможных значений коэффициента продольной силы. Учёт симметрии многопролётных сжатых стержней. Понятие об определении критической продольной силы (или напряжения) с использованием коэффициента продольного изгиба (по нормативной методике). Расчёт на устойчивость стержневых систем со сжатыми прямолинейными элементами методом перемещений (МП) Предпосылки и гипотезы расчёта по линейной теории (в бифуркационной постановке). Формирование расчётной схемы путём приведения нагрузок к расчётным сосредоточенным узловым. Применение принципа малых возмущений. Описание альтернативного состояния системы перемещениями расчётных узлов – основными неизвестными Основная система и канонические уравнения метода перемещений (ОСМП и КУМП), их особенности в задачах устойчивости. Способы определения</p>	
--	--	--	--

		<p>компонентов матрицы внешней жёсткости ОСМП. Типовые задачи для стержневых сжато-изогнутых элементов плоской ОСМП. Тривиальное и нетривиальное решения системы КУМП, их смысл (особенность тривиального решения). Уравнение устойчивости; алгоритм поиска его минимального корня; определение критического параметра нагрузки. Выявление формы потери устойчивости. Определение коэффициентов приведения длины стержневых элементов. Классификация форм потери устойчивости – общая и локальная, явная и скрытая. Совершенная и несовершенная ОСМП. Выявление скрытых ФПУ. Спектральная функция, её использование для определения критического параметра нагрузки. Общий алгоритм расчёта стержневых систем на устойчивость методом перемещений. Использование групповых неизвестных и симметрии системы. Устойчивость пространственных рам. Деформационный расчёт стержневых систем методом перемещений и методом конечных элементов. Расчёт стержней и стержневых систем на устойчивость с учётом деформации сдвига. Классификация признаков и примеры необходимости учёта влияния сдвига в элементах строительных конструкций. Определение критической силы сжатого прямолинейного стержня с учётом сдвига: вывод дифференциального уравнения продольно-поперечного изгиба со сдвигом; жёсткость сечения при продольно-поперечном изгибе со сдвигом; вычисление характеристики единичного сдвига для стержней сплошностенчатого типа и со сквозными сечениями (решётчатых и двухветвевых на планках); формула для критической продольной силы одиночного равномерно сжатого прямолинейного стержня. Учёт сдвига в расчётах методом перемещений на устойчивость стержневых систем со сплошностенчатыми и решётчатыми элементами – итерационный алгоритм. Устойчивость криволинейных стержней – колец и арок. Круговые кольца и арки при равномерной гидростатической нагрузке: продольные силы в исходном равновесном состоянии; определение изгибающих моментов в возмущённом состоянии для двухшарнирной и бесшарнирной арок;</p>	
--	--	---	--

		<p>дифференциальное уравнение продольно-поперечного изгиба стержня первоначально кругового очертания; граничные условия; уравнение устойчивости для бесшарнирной, двухшарнирной и трёхшарнирной круговых арок; формулы для расчёта критической интенсивности нагрузки. Приближённое определение критических нагрузок круговых арок при различных граничных условиях по аналогии со сжатыми прямолинейными стержнями (по типовым коэффициентам приведения длины).</p> <p>Параболические арки при равномерной вертикальной нагрузке: понятие о дифференциальном уравнении продольно-поперечного изгиба и его использовании для получения и численного решения уравнения устойчивости (результаты А.Н. Динника). Приближённое вычисление критических нагрузок параболических арок с различными условиями закрепления.</p> <p>приближённое определение бифуркационных критических нагрузок при произвольных схемах загрузки арок (аналогия со сжатыми прямолинейными стержнями; способ заменяющей рамы).</p>	
--	--	--	--

4.2 Тематический план лекций

Таблица 4 – Тематический план лекций

	Раздел дисциплины, входящей в данный модуль	Наименование темы лекции	Трудоемкость (час.)
Семестр I			
М о д у л ь И	Динамика систем с одной степенью свободы, конечным и бесконечным числом степеней свободы	Основные понятия, задачи и методы динамики Динамика систем с одной степенью свободы масс. Динамические расчёты систем с распределёнными массами. Динамика систем с конечным числом степеней свободы масс. Энергетический метод в динамике сооружений. инженерные приложения методов динамики в специальных расчётах зданий, сооружений и элементов конструкций.	2
М о д у л ь И И	Устойчивость сооружений	Основные понятия, принципы, задачи и методы теории устойчивости деформируемых систем. Расчёт сжатых прямолинейных стержней на устойчивость методом начальных параметров (МНП). Расчёт на устойчивость стержневых систем со сжатыми прямолинейными элементами методом перемещений (МП). Расчёт стержней и стержневых систем на устойчивость с учётом деформации сдвига	2
	Итого:		6
	<i>в т.ч. в активной форме</i>		6

4.3 Практические занятия

Таблица 5 – Тематический план практических занятий

	Раздел дисциплины, входящей в данный модуль	Тема практического занятия	Трудоем- кость (час.)
Семестр I			
Мо- дуль I	Динамика сооружений	<p>Расчёты стержневых систем с одной степенью свободы масс (и приводящихся к ним) с определением частот собственных колебаний, динамических коэффициентов, динамических и полных усилий и перемещений</p> <p>Собственные изгибные колебания прямолинейных стержней постоянного сечения с равномерно распределённой массой. Определение частот и главных форм колебаний</p> <p>Установившиеся вынужденные колебания прямолинейных стержней постоянного сечения с равномерно распределённой массой при вибрационных воздействиях. Определение амплитуд динамических перемещений и внутренних силовых факторов</p> <p>Расчёт статически определимых балок и плоских рам как систем с конечным числом степеней свободы масс на собственные колебания с определением частот и главных форм колебаний</p> <p>Расчёт плоской статически неопределимой стержневой системы с конечным числом степеней свободы масс на собственные колебания с определением частот и главных форм колебаний</p> <p>Расчёт плоской статически неопределимой стержневой системы с конечным числом степеней свободы масс на установившиеся вынужденные колебания при вибрационных воздействиях с определением амплитуд силовых факторов, перемещений масс и динамических коэффициентов.</p> <p>Вычисление расчётных изгибающих моментов</p>	4
Мо- дуль II	Устойчивость сооружений	<p>Задачи расчёта плоских стержневых систем на устойчивость, приводящиеся к применению обобщённой формулы Эйлера</p> <p>Расчёт на устойчивость плоской рамы методом перемещений</p> <p>Расчёты на устойчивость методом перемещений симметричных систем со сжатыми прямолинейными элементами</p> <p>Расчёты на устойчивость методом перемещений симметричных систем со сжатыми прямолинейными элементами</p> <p>Определение энергетическим методом с использованием формулы Рэлея и метода Рэлея–</p>	2

		Ритца критических параметров нагрузок сжатых прямолинейных стержней и простых рам	
		Итого: <i>в т.ч. в активной форме</i>	6 6

4.4.Лабораторный практикум

Лабораторный практикум учебным планом не предусмотрен.

4.6 Самостоятельная работа обучающихся

Таблица 6 – Тематический план самостоятельной работы обучающихся

	Самостоятельное изучение теоретического материала	Подготовка к отчету по темам модулей	Подготовка к экзамену	Выполнение КП	Контроль	Подготовка отчета по лабораторным работам	Дополнительные расчеты в КП	Написание реферата, подготовка доклада	Подготовка к ПЗ, ЛР	Научно-исследовательская работа	Трудоемкость (час.)
	Семестр I										
Модуль I	16	4	5						10	6	41
Модуль II	14	4	14						10	6	48
	Всего:										89

5 Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)

- Обучающийся имеет неограниченный доступ к информационно-образовательной среде университета http://80.76.178.26/user/edit/card/user_id/14132

6 Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю)

Фонд оценочных средств представлен в приложении 1 к рабочей программе дисциплины и включает в себя:

- перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы;
- описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания;
- типовые контрольные задания и материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы.

7 Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

7.1 Основная литература

1. Парлашкевич, В. С. Проектирование и расчет металлических конструкций рабочих площадок : учебное пособие / В. С. Парлашкевич, А. А. Василькин, О. Е. Булатов. — М. : Московский государственный строительный университет, Ай Пи Эр Медиа, ЭБС АСВ, 2016. — 239 с. — ISBN 978-5-7264-1250-4. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/42909.html> . — Режим доступа: для авторизир. пользователей.
2. Ганджунцев, М. И. Нелинейные задачи строительной механики : учебное пособие / М. И. Ганджунцев, Петраков А.А.. — М. : Московский государственный строительный университет, Ай Пи Эр Медиа, ЭБС АСВ, 2017. — 101 с. — ISBN 978-5-7264-1513-0. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/64535.html> — Режим доступа: для авторизир. пользователей.

7.2 Дополнительная литература

- Себешев В.Г. Расчёт стержневых систем на устойчивость методом перемещений: учеб. пособие [Электронный ресурс]. – 2-е из., стер., – Новосибирск: НГАСУ (Сибстрин), 2014. – 84 с.
- Леонтьев Н.Н. Основы строительной механики стержневых систем : учеб. / Н.Н. Леонтьев, Д.Н. Соболев, А.А. Амосов. – М. : Изд-во Ассоциации строительных вузов, 1996. – 541 с.
- Роев В.И. Расчёт статически и динамически нагруженных систем с использованием программного комплекса «Динам» : учеб. пособие / В. И. Роев ; Новосиб. гос. архитектур.-строит. ун-т (Сибстрин). – Новосибирск: НГАСУ (Сибстрин), 2007. – 96 с.
- Масленников А.М. Основы динамики и устойчивости стержневых систем : учеб. пособие для студ. строит. спец. – М.; СПб : Изд-во АСВ, 2002. – 204 с.
- Себешев В.Г. Строительная механика. Ч. III. Динамика и устойчивость сооружений : иллюстративный конспект лекций [Электронный ресурс] / В.Г. Себешев ; Новосиб. гос. архитектур.-

строит. ун-т (Сибстрин). – Новосибирск : НГАСУ (Сибстрин), 2012.

7.3 Периодические издания

1. АРХИТЕКТУРА И СТРОИТЕЛЬСТВО РОССИИ. – М., 2006-2020, 1-12 (в год).
2. ВЕСТНИК МГСУ. – М., 2015-2020, 1-12 (в год)
3. ВЫСШЕЕ ОБРАЗОВАНИЕ В РОССИИ. – М., 2005-2020, 1-12 (в год)
4. ПРОМЫШЛЕННОЕ И ГРАЖДАНСКОЕ СТРОИТЕЛЬСТВО. – М., 2005-2020 1-12 (в год)
5. СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ, ОБОРУДОВАНИЕ, ТЕХНОЛОГИИ XXI ВЕКА. – М., 2016-2020, 1-12 (в год)
6. АРХИТЕКТУРА И СТРОИТЕЛЬСТВО РОССИИ. – М., 2015-2020, № 1-4 (в год)

8. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины (модуля).

1. Полнотекстовые базы данных и ресурсы, доступ к которым обеспечен из кампусной сети ФГБОУ ВО Орловский ГАУ имени Н.В. Парахина (сайт научной библиотеки с доступом к электронному каталогу и полнотекстовым базам данных) Режим доступа: <http://library.orelsau.ru/els-remote-access-by-subscription.php>. Неограниченный доступ

2. Научная электронная библиотека. «КиберЛенинка». Режим доступа: <http://cyberleninka.ru/> (10.04.19) Открытый доступ

3. ЭБС Издательства «Лань». Режим доступа: <http://lanbook.com/ebs.php> Неограниченный доступ

4. ЭБС Национальный цифровой ресурс «Руконт». Режим доступа: <http://rucont.ru/> Неограниченный доступ

5. Электронная библиотека eLIBRARY.RU. Режим доступа: <http://elibrary.ru/defaultx.asp> Открытый доступ (10.04.19)

6. ЭБС «ТД ЮРАЙТ». Режим доступа: <https://biblio-online.ru/> Неограниченный доступ

Современные профессиональные базы данных (в том числе международные реферативные базы данных научных изданий) и информационные справочные системы

1. Polpred.com обзор СМИ. [Электронный ресурс]. - www.polpred.com. Неограниченный доступ

2. Scopus. [Электронный ресурс]. - www.scopus.com, сублицензионный договор № Scopus/845 от 10 мая 2018 г. Неограниченный доступ

3. Springer. [Электронный ресурс]. - www.springer.com, www.link.springer.com, Неограниченный доступ

4. Web of Science. [Электронный ресурс]. - apps.webofknowledge.com, сублицензионный договор № WoS/845 от 02 апреля 2018 г., Неограниченный доступ

5. Техэксперт. Профессиональная справочная система <https://cntd.ru/> Ведущий бренд рынка нормативно-технической информации (подписное издание). Неограниченный доступ

6. Консультант плюс www.consultant.ru (10.04.19) открытый доступ.

• 9 Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)

Приступая к изучению дисциплины, обучающимся необходимо внимательно ознакомиться с тематическим планом занятий, списком рекомендованной научной литературы.

• Преподавание дисциплины предусматривает:

- лекции
- практические занятия
- лабораторные занятия
- самостоятельную работу
- консультации преподавателя.

Лекции по дисциплине читаются как в традиционной форме, так и с использованием активных форм обучения. Главной задачей каждой лекции является раскрытие сущности темы и анализ ее главных положений. Рекомендуется на первой лекции довести до внимания обучающихся структуру курса и его разделы, а также рекомендуемую литературу. В дальнейшем указывать начало каждого

раздела, суть и его задачи, а, закончив изложение, подводить итог по этому разделу, чтобы связать его со следующим.

Содержание лекций определяется рабочей программой курса. Каждая лекция должна охватывать определенную тему курса и представлять собой логически вполне законченную работу.

Для максимального усвоения дисциплины рекомендуется изложение лекционного материала с элементами обсуждения. Лекционный материал может сопровождаться конкретными примерами.

Целями проведения практических и лабораторных занятий являются:

- ☐ установление связей теории с практикой;
 - ☐ развитие логического мышления;
 - ☐ умение выбирать оптимальный метод решения;
 - ☐ приобретение навыков анализа полученных результатов;
 - ☐ владение практическими навыками проектирования и выполнения расчетов конструкции из дерева и пластмасс по предельным состояниям, в том числе с использованием стандартных программных комплексов.
- ☐ контроль самостоятельной работы обучающихся по освоению курса.

Каждое практическое занятие целесообразно начинать с повторения теоретического материала (устный опрос).

На практических занятиях могут проводиться предусмотренные рабочей программой деловые игры, контрольные работы, выполнение кейс-заданий и практикующих упражнений, тестирование и др.

На практических и лабораторных занятиях преподаватель принимает решенные и оформленные надлежащим образом задания, должен проверить правильность решения задач, оценить глубину знаний данного теоретического материала, умение анализировать и решать поставленные задачи, выбирать эффективный способ решения, умение делать выводы.

Самостоятельная работа обучающихся предусматривает:

- ☐ *Самостоятельное изучение теоретического материала.*

Теоретический материал по тем темам, которые вынесены на самостоятельное изучение, обучающийся прорабатывает в соответствии с вопросами для подготовки к экзамену или зачету. При возникновении затруднений в ходе самостоятельного изучения тем, обучающийся может обратиться за консультацией к преподавателю.

- ☐ *Подготовка к практическим и лабораторным занятиям.*

В ходе подготовки к практическим и лабораторным занятиям обучающимся следует внимательно ознакомиться с планом, вопросами, вынесенными на обсуждение, изучить соответствующий лекционный материал, предлагаемую учебно-методическую и научную литературу. Нельзя ограничиваться только имеющейся учебной литературой (учебниками и учебными пособиями). Обращение к монографиям, статьям из специальных журналов, хрестоматийным выдержкам, а также к материалам средств массовой информации позволит в значительной мере углубить проблему, что разнообразит процесс ее обсуждения.

С другой стороны, обучающимся следует помнить, что они должны не просто воспроизводить сумму полученных знаний по заданной теме, но и творчески переосмыслить существующее в современной науке подходы к пониманию тех или иных проблем, явлений, событий продемонстрировать и убедительно аргументировать собственную позицию.

В целом же активное заинтересованное участие обучающихся в практической работе способствует более глубокому изучению дисциплины, повышению уровня культуры будущих специалистов и формированию основ профессионального мышления. В ходе занятий отрабатываются умения применять полученные теоретические знания в различных экономических ситуациях.

- ☐ *Выполнение домашних заданий.*

Для закрепления теоретического материала и получения практических навыков обучающиеся выполняют домашние задания. Выполнение домашних заданий призвано обратить внимание

обучающихся на наиболее сложные, ключевые и дискуссионные аспекты изучаемой темы, помочь систематизировать и лучше усвоить пройденный материал.

Контроль самостоятельной работы обучающихся по выполнению домашних заданий осуществляется преподавателем с помощью выборочной и фронтальной проверок письменных и устных индивидуальных заданий на практических и лабораторных занятиях.

Пакет заданий для самостоятельной работы рекомендуется выдавать в начале семестра, определив предельные сроки их выполнения и сдачи. Результаты самостоятельной работы контролируются преподавателем и учитываются при аттестации обучающегося (при сдаче зачета, экзамена).

Задания для самостоятельной работы составляются, как правило, по темам и вопросам, по которым не предусмотрены аудиторские занятия, либо требуется дополнительно проработать и проанализировать рассматриваемый преподавателем материал в объеме запланированных часов.

Консультации преподавателя для обучающихся проводятся в соответствии с утвержденным на кафедре графиком. Консультации могут быть индивидуальными или групповыми, проводиться в соответствующих аудиториях или в информационно-образовательной среде вуза.

Обучающийся получает допуск к экзамену (зачету) при успешном выполнении всех видов учебных занятий.

- **10 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)**

1. eLearning Server 4G. Договор покупки: № б/н от 11.06.2013 г. (ООО "Ленвэа"), срок действия: бессрочно

2. 1С: Университет ПРОФ. Регистрационный номер: 10920092. Договор покупки: № ФГБОУ ВПО ОРЕЛ ГАУ –Л-12/14 от 23.12.2014 г. (ООО НПФ «ПРОМАВТОМАТИКА»). Договор поддержки: №1705/18 от 03.12.2018 г. (ООО «СГУ-Инфоком»).

3. Microsoft Windows Professional 8 версия 8. Sku: FQC-06435, число лицензий: 35, авторизационный номер лицензиата: 91766136ZZE1504, номер лицензии: 61760053, дата выдачи настоящей лицензии: 05.04.2013.

4. Microsoft Office 2013 Russian Academic версия 2013. Sku: O21-10232, число лицензий: 42, авторизационный номер лицензиата: 91766136ZZE1504, номер лицензии: 61760053, дата выдачи настоящей лицензии: 05.04.2013.

5. Kaspersky Endpoint Security для бизнеса — Стандартный Russian Edition число лицензий: 600 авторизационный номер лицензиата: KL4863RAUFQ номер лицензии: 17E0-190903-121915-383-1099 дата выдачи настоящей лицензии: с 03.09.2019 до 10.09.2020

6. AutoCAD LT 2018, License Type: Education Multi-seat Stand-alone. Access Type: Single-user. Authorized Usage: Installation on up to 1250 devices. No network server required*. Product Key: 057J1. Serial Number: 562-84006511.

Term: 3-year term. Licensee: "Орловский Государственный Аграрный Университет"

- **11 Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)**

• Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы
Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, занятий семинарского типа, курсового проектирования, групповых и	Столы, стулья на 72 посадочных места, доска настенная, рабочее место преподавателя: - Ноутбук Dell;

индивидуальных консультаций текущего контроля и промежуточной аттестации	- Рулонный настенный экран Draper; - Кабели коммутации; - Колонки Microlab.
Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, занятий семинарского типа, курсового проектирования, групповых и индивидуальных консультаций текущего контроля и промежуточной аттестации	Столы, стулья на 36 посадочных мест, ноутбук, проектор BenQ DLP, учебно-методические материалы по дисциплине, доска настенная
Помещение для самостоятельной работы обучающихся с возможностью подключения к Интернету и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду Орловского ГАУ	Столы, стулья на 11 посадочных мест; комплект компьютерной техники в сборе (Рабочая станция в составе: ПЭВМ Intel Pentium G860 / ОЗУ4 Гб/500Гб/ DVD-RW/450W, монитор ACER S221HQ, клавиатура, мышь) в количестве 11 единиц с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечения доступа в электронную информационно-образовательную среду Орловского ГАУ

12 Критерии оценки знаний обучающихся

Количество промежуточных этапов контроля учебной работы студентов, их форму, сроки и максимальную оценку их в рейтинговых баллах устанавливает на заседании кафедры АПГС.

Безупречное усвоение изучаемых бакалавром в семестре разделов оценивается в 100 рейтинговых баллов (в таблице 8 дано соответствие рейтинговых баллов академическим оценкам).

Таблица 8 – Шкала пересчета рейтинговых баллов в традиционные академические оценки

Бальная оценка	от 0 до 54	от 55 до 69	от 70 до 84	от 85 до 100
Академическая оценка	Неудовлетворительно	Удовлетворительно	Хорошо	Отлично
Зачет	Не зачтено	Зачтено	Зачтено	Зачтено

По результатам промежуточных этапов контроля в семестре (отчетам по темам модулей, КР, КП, отчетам по лабораторным работам) максимальное количество рейтинговых баллов, которое может набрать обучающийся равно 60. Также обучающийся в течение семестра может набрать дополнительно еще 25 баллов за домашнее решение задач, защиту реферата, активное участие в занятиях, проводимых в активной форме.

Кроме того, предусматривается система поощрительных баллов (всего 15) за участие обучающихся в научно-исследовательской и творческой работе.

Если суммарный результат, набранный в течение семестра, равен 55 баллам и выше, то обучающийся имеет право получить зачет или экзаменационную оценку (по шкале) без участия в итоговом испытании.

Обучающийся, по уважительной причине пропустивший контрольные мероприятия в течение семестра, может сдать отчет по индивидуальному графику на зачетной неделе в конце семестра.

Использование 100-бальной шкалы обеспечивает более высокую степень дифференциации оценки (например, оценке «отлично» соответствует диапазон от 85 до 100 баллов). Особенно это заметно при изучении разделов, завершающихся зачетом.

Таблица 9 – Распределение баллов в семестре

№ п/п	Наименование баллов	Количество баллов
	Основные баллы	
1	Отчеты по темам модулей	≤30
2	Выполнение домашних контрольных задач/курсового	≤30

	проекта	
	<i>Итого</i>	≤ 60
	Дополнительные баллы	
4	Домашнее решение задач / дополнительные расчеты в КП	≤ 10
5	Написание реферата	≤ 5
6	Подготовка доклада в формате Microsoft PowerPoint (не менее 20 слайдов)	≤ 5
7	Активное участие в занятиях, проводимых в активной форме	≤ 5
	<i>Итого</i>	≤ 20
	Поощрительные баллы	
8	Выступление на конференциях, круглых столах и т.п.	≤ 5
9	Публикация статей	≤ 5
10	Выполнение индивидуальных творческих заданий	≤ 5
	<i>Итого</i>	≤ 15

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ
ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

Динамика и устойчивость сооружений

Направление подготовки **08.04.01 Строительство**

Направленность **Промышленное и гражданское строительство**

Квалификация **магистр**

Форма обучения **очная**

1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы

Код контролируемой компетенции (или ее части) и ее формулировка	Контролируемые разделы дисциплины	Уровни освоения компетенции	Наименование оценочного средства	
			Текущий контроль	Промежуточная аттестация
ПК-1. Способность проводить оценку технических и технологических решений в сфере промышленного и гражданского строительства	основные принципы работы элементов строительных конструкций при динамических воздействиях; основные принципы работы элементов строительных конструкций в задачах устойчивости её элементов; аналитические, вариационные и численные методы расчета таких конструкций и получение не только количественных показателей, но и показателей качественных связанных с вариационным проектированием таких конструкций; основы эксплуатации и усиления строительных конструкций.	Пороговый	Отчеты по модулям	Экзамен
		Повышенный	Решение домашних контрольных задач	
		Высокий	Выступление на конференциях Публикация статей	
ПК-2. Способность осуществлять и организовывать проведение испытаний, обследований строительных конструкций объектов промышленного и	выбирать, обосновывая свой выбор, материал для строительных конструкций (СК), типы сечения элементов СК, расчетную схему конструкций; проектировать балочные конструкции и узлы их соединений; проектировать	Пороговый	Отчеты по модулям	Экзамен
		Повышенный	Решение домашних контрольных задач	
		Высокий	Выполнение курсового проекта Выступление на конференциях Публикация статей	

гражданского назначения	элементы СК, работающие на различные виды напряженно деформированного состояния; проектировать фермы и другие рамные конструкции различного очертания, назначения и с различными сечениями элементов; компоновать конструктивную и расчетную схемы каркасов промышленных зданий; проектировать пространственные конструкции и их узлы; выполнять чертежи СК на всех стадиях проектирования конструкций;			
ПК-3. Способность разрабатывать проектные решения и организовывать проектирование в сфере промышленного и гражданского строительства	практическими навыками выполнения расчетов конструкции по предельным состояниям, в том числе с использованием стандартных программных комплексов. использовать прикладные программы при проектировании СК.	Пороговый	Отчеты по модулям	Экзамен
		Повышенный	Решение домашних контрольных задач	
		Высокий	Выступление на конференциях Публикация статей	
ПК-4. Способность осуществлять и контролировать выполнение расчётного обоснования проектных решений	проектировать фермы и другие рамные конструкции различного очертания, назначения и с различными сечениями элементов; компоновать конструктивную и	Пороговый	Отчеты по модулям	Экзамен
		Повышенный	Решение домашних контрольных задач	
		Высокий	Выступление на конференциях	

объектов промышленного и гражданского строительства	расчетную схемы каркасов промышленных зданий; проектировать пространственные конструкции и их узлы; выполнять чертежи СК на всех стадиях проектирования конструкций;		Публикация статей	
--	---	--	----------------------	--

2. Описание показателей и критериев оценивания уровня приобретенных компетенций на различных этапах их формирования

Код контролируемой компетенции	Критерии в соответствии с уровнем освоения основной профессиональной образовательной программы			Технологии формирования
	пороговый (базовый) (удовлетворительно) 55-69 баллов	повышенный (хорошо) 70-84 баллов	высокий (отлично) 85-100 баллов	
ПК-1. Способность проводить экспертизу проектных решений объектов промышленного и гражданского строительства	ПК-1.1. Выбор и систематизация информации об основных параметрах технических и технологических решений в сфере промышленного и гражданского строительства	ПК-1.2. Выбор нормативно-технических документов, устанавливающих требования к зданиям (сооружениям) промышленного и гражданского назначения	ПК-1.3. Оценка технических и технологических решений в сфере промышленного и гражданского строительства на соответствие нормативно-техническим документам	Лекции. Практические занятия и лабораторные занятия с использованием активных и интерактивных приёмов обучения. Самостоятельная работа
ПК-2. Способность осуществлять и организовывать проведение испытаний, обследований строительных конструкций объектов промышленного и гражданского назначения	ПК-2.1. Разработка нормативно-методических документов организации, регламентирующих проведение испытаний строительных конструкций объектов промышленного и гражданского назначения ПК-2.2. Составление планов проведения испытаний и/или обследований строительных конструкций	ПК-2.3. Проведение инструктажа работников и контроль порядка проведения испытаний ПК-2.4. Составление плана организации работ по метрологическому контролю оборудования для испытаний строительных конструкций ПК-2.5. Контроль проведения, оценка результатов испытаний обследований строительных конструкций	ПК-2.7. Оценка соответствия параметров строительных конструкций требованиям нормативных документов ПК-2.8. Подготовка отчетных документов по результатам испытаний, обследований строительных конструкций	Лекции. Практические занятия и лабораторные занятия с использованием активных и интерактивных приёмов обучения. Самостоятельная работа
ПК-3. Способность разрабатывать проектные решения и	ПК-3.1. Разработка и представление предпроектных решений для	ПК-3.3. Составление технического задания на подготовку	ПК-3.7. Подготовка технического задания и контроль	Лекции. Практические занятия и лабораторные занятия с использованием

<p>организовывать проектирование в сфере промышленного и гражданского строительства</p>	<p>промышленного и гражданского строительства ПК-3.2. Оценка исходной информации для планирования работ по проектированию объектов промышленного и гражданского строительства</p>	<p>проектной документации объектов промышленного и гражданского строительства ПК-3.4. Выбор архитектурно-строительных и конструктивных решений для разработки проектной документации объектов промышленного и гражданского строительства ПК-3.5. Выбор архитектурно-строительных и конструктивных решений, обеспечивающих формирование безбарьерной среды для инвалидов и других маломобильных групп населения</p>	<p>разработки рабочей документации объектов промышленного и гражданского строительства ПК-3.8. Подготовка технических заданий и требований для разделов проектов инженерного обеспечения объектов строительства ПК-3.9. Оценка соответствия проектной документации объектов промышленного и гражданского строительства нормативно-техническим документам</p>	<p>м активных и интерактивных приёмов обучения. Самостоятельная работа</p>
<p>ПК-4. Способность осуществлять и контролировать выполнение расчётного обоснования проектных</p>	<p>ПК-4.1. Выбор исходной информации и нормативно-технических документов для выполнения расчётного обоснования проектных</p>	<p>ПК-4.3. Выполнение расчетного обоснования проектного решения объекта промышленного и гражданского строительства и</p>	<p>ПК-4.5. Составление аналитического отчета о результатах расчетного обоснования объектов промышленного и гражданского</p>	<p>Лекции. Практические занятия и лабораторные занятия с использованием активных и интерактивных приёмов обучения. Самостоятельная работа</p>

<p>решений объектов промышленного и гражданского строительства</p>	<p>решений объектов промышленного и гражданского строительства ПК-4.2. Выбор метода и методики выполнения расчётнообоснования проектного решения объекта промышленного и гражданского строительства, составление расчётной схемы</p>	<p>документирование его результатов ПК-4.4. Оценка соответствия результатов расчётного обоснования объекта строительства требованиям нормативно-технических документов, оценка достоверности результатов расчётного обоснования</p>	<p>строительства</p>	
--	--	---	----------------------	--

3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения основной профессиональной образовательной программы

3.1 Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

Промежуточная аттестация осуществляется в конце учебного семестра. Учебным планом предусмотрено проведение экзамена в I семестре.

При проведении промежуточной аттестации учитываются результаты текущего контроля знаний, а также итоги выполнения, домашних контрольных работ.

3.1.1 Экзамен (I семестр)

К экзамену допускаются студенты, имеющие положительные результаты по модульному контролю успеваемости. При подготовке к сдаче экзамена рекомендуется пользоваться материалами лекционных занятий и материалами, изученными в ходе текущей самостоятельной работы. Экзамен проводится в устной форме, включает подготовку и ответы студента на теоретические вопросы, и практическое решение задач. По итогам экзамена выставляется оценка (отлично, хорошо, удовлетворительно, неудовлетворительно).

Аттестационные испытания в форме экзамена проводятся преподавателем, ведущим лекционные занятия по данной дисциплине. Присутствие посторонних лиц в ходе проведения аттестационных испытаний без разрешения ректора или проректора не допускается (за исключением работников университета, выполняющих контролирующие функции в соответствии со своими должностными обязанностями).

Инвалиды и лица с ограниченными возможностями здоровья, имеющие нарушения опорно-двигательного аппарата, допускаются на аттестационные испытания в сопровождении ассистентов-сопровождающих.

Во время аттестационных испытаний обучающиеся могут пользоваться программой учебной дисциплины, а также с разрешения преподавателя справочной и нормативной литературой, калькуляторами.

Время подготовки ответа при сдаче зачета в устной форме должно составлять не менее 40 минут (по желанию обучающегося ответ может быть досрочным). Время ответа – не более 15 минут.

При подготовке к устному экзамену экзаменуемый, как правило, ведёт записи в лице устного ответа, который затем (по окончании экзамена) сдаётся экзаменатору. Экзаменатору предоставляется право задавать экзаменуемому дополнительные вопросы в рамках программы дисциплины текущего семестра, а также, помимо теоретических вопросов, давать задачи, которые изучались на практических занятиях и в работе над курсовым проектом.

Оценка результатов устного аттестационного испытания объявляется обучающимся в день его проведения. При подведении результата экзамена используется пятибалльная система оценки.

Экзаменационный билет содержит два теоретических вопроса (уровень ЗНАТЬ), одно практическое задание (уровень УМЕТЬ) и одну задачу (уровень ВЛАДЕТЬ)

Вопросы для подготовки к экзамену ПКО-1,2,3,4

1. Понятия устойчивости сооружений.

- цель расчета на устойчивость.
- переход от реального сооружения к расчетной схеме.
- что является результатом расчета на устойчивость.
- где и как в дальнейшем используются эти данные.
- в чем заключается опасность потери устойчивости.
- дайте определение “критической нагрузки”. - в чем отличие потери устойчивости 1го и 2го рода.

- какие виды равновесия существуют. - физический смысл уравнения устойчивости. - сколько критических сил можно найти из уравнения устойчивости.

- какие из них и почему интересуют инженера в первую очередь.
- 2. Метод начальных параметров в расчетах на устойчивость.
 - идея метода начальных параметров.
 - формирование уравнения устойчивости.
 - методы решения этого уравнения.
- 3. Метод перемещений в расчетах на устойчивость.
 - гипотезы, применяемые при расчете рам на устойчивость.
 - в чем особенность построения единичных эпюр.
 - как формируется уравнение устойчивости.
 - каков физический смысл единичных коэффициентов МП.
 - чем объясняется криволинейность эпюр М.
 - как построить форму потери устойчивости.
 - почему определитель системы уравнений МП нужно приравнять нулю.
 - использование симметрии в расчетах на устойчивость МП.
 - почему в расчетах на устойчивость система уравнений является однородной. - где учтено действие нагрузки.
- 4. Основные понятия динамики сооружений.
 - степень свободы.
 - собственные колебания.
 - вынужденные колебания.
 - виды динамических нагрузок.
- 5. Свободные колебания системы с 1 степенью свободы.
 - уравнение, его решение и график, важнейшие характеристики.
- 6. Свободные колебания системы с конечным числом степеней свободы.
 - система канонических уравнений.
 - физический смысл входящих в нее величин.
 - почему система уравнений является однородной.
 - при каком условии она будет иметь ненулевое решение.
 - сколько частот собственных колебаний можно найти из уравнения колебаний.
 - какая частота в первую очередь интересует инженера и почему.
 - как построить форму колебаний.
 - использование симметрии в динамических расчетах.
- 7. Вынужденные колебания систем с конечным числом степеней свободы.
 - система канонических уравнений.
 - физический смысл величин, входящих в эти уравнения.
 - определение амплитудных значений внутренних усилий.
 - при каких условиях возможен резонанс.
- 8. Свободные колебания систем с бесконечным числом степеней свободы.
 - дифференциальное уравнение.
 - решение в форме метода начальных параметров.
 - функции Крылова.
- 9. Расчет балки на упругом основании.
 - дифференциальное уравнение.
 - решение в форме метода начальных параметров.
 - функции Крылова.
- Задача 1. Выполнить расчет рамы на устойчивость МП.
 - определить степень кинематической неопределимости.
 - выбрать основную систему.
 - определить соотношение критических параметров.
 - записать систему канонических уравнений.
 - построить единичные эпюры. - вычислить любые 2 коэффициента.
 - наметить ход дальнейшего расчета.
- Задача 2. Выполнить динамический расчет рамы.

- определить число степеней свободы. - выбрать основную систему.
- записать систему “вековых” уравнений.
- построить единичные эпюры.
- вычислить любые 2 коэффициента.
- наметить ход дальнейшего расчета.

Критерии оценки (в баллах):

Максимальное количество баллов за ответ на один вопрос 5.

5 баллов выставляется, если:

Обучающийся глубоко и прочно усвоил программный материал, исчерпывающе, последовательно, чётко и логически стройно его излагает, причём не затрудняется с ответом при видоизменении заданий.

3 балла выставляется, если:

Обучающийся знает материал, грамотно и по существу излагает его, но допускает некоторые неточности в ответе на вопрос.

1 балл выставляется, если:

Обучающийся имеет знания только основного материала, с большими затруднениями отвечает на дополнительные вопросы.

Максимальное количество баллов – 10

Уровень УМЕТЬ – максимальное количество баллов 5

5 баллов выставляется, если:

Обучающийся умеет тесно увязывать теорию с практикой, свободно справляется с задачами, вопросами и другими видами применения знаний.

3 балла выставляется, если:

Умеет правильно применять теоретические положения при проектировании конструкций зданий и сооружений.

1 балл выставляется, если:

Недостаточно владеет необходимыми навыками и приёмами решения поставленных задач

Уровень ВЛАДЕТЬ – максимальное количество баллов 5

5 баллов выставляется, если:

Знает технологию проектирования конструкций зданий и сооружений. Обучающийся умеет тесно увязывать теорию с практикой, свободно справляется с задачами, вопросами и другими видами применения знаний. Способен проводить технико-экономическое обоснование проектных решений. В ответе ссылается на нормативную литературу.

3 балла выставляется, если:

Знает технологию проектирования конструкций зданий и сооружений. Умеет правильно применять теоретические положения при проектировании конструкций зданий и сооружений, проводить предварительное технико-экономическое обоснование проектных решений. Владеет необходимыми навыками и приёмами выполнения практических расчётов.

1 балл выставляется, если:

Недостаточно владеет необходимыми навыками и приёмами решения поставленных задач и технико-экономическим обоснованием проектных решений. Затрудняется в использовании нормативной литературы.

- Максимальное количество баллов за ответ – 20.

3.2 Оценочные средства для проведения текущего контроля знаний студентов

Текущий контроль знаний служит для проверки усвоения учебного материала и его закрепления. Контроль проводится на протяжении всего учебного года посредством тестирования (сдачей модулей) по всем разделам изучаемой дисциплины, решением домашних контрольных задач.

3.2.1 Отчеты по модулям

Освоение дисциплины разбито на четыре модуля в каждом из которых предусмотрен контроль за освоением знаний:

I семестр

- Модуль I. Динамика сооружений

- Модуль II. Устойчивость сооружений

При подведении результата используется рейтинговая система оценки.

Тестовые задания для отчета по модулю I

Пример Определить спектр частот колебаний невесомой консольной балки, изображённой на рисунке а. Возможные формы колебаний заданной системы представлены на схемах б) и в).

Решение. Приложим по направлению движения масс единичные силы и построим в балке эпюры изгибающих моментов \bar{M}_i (рис. -г, д). Перемножая эти эпюры, найдём коэффициенты векового уравнения:

$$\delta_{11} = \frac{1}{EI} \frac{1}{2} \cdot d \cdot d \cdot \frac{2}{3} d = \frac{d^3}{3EI}; \quad \delta_{22} = \frac{1}{EI} \frac{1}{2} \cdot 2d \cdot 2d \cdot \frac{2}{3} 2d = \frac{8d^3}{3EI};$$

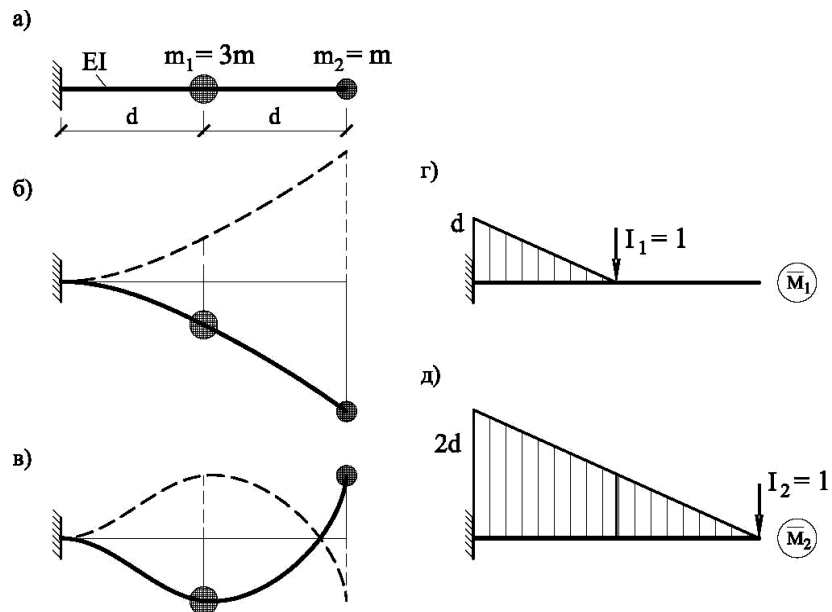
$$\delta_{12} = \delta_{21} = \frac{d}{6EI} \cdot (2 \cdot d \cdot 2d + d \cdot d) = \frac{5d^3}{6EI}.$$

С учётом полученных результатов вековое уравнение примет следующий вид:

$$D = \begin{vmatrix} (m_1 \delta_{11} - \lambda_k) & m_2 \delta_{12} \\ m_1 \delta_{21} & (m_2 \delta_{22} - \lambda_k) \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} \left(m_1 \frac{d^3}{3EI} - \lambda_k \right) & m_2 \frac{5d^3}{6EI} \\ m_1 \frac{5d^3}{6EI} & \left(m_2 \frac{8d^3}{3EI} - \lambda_k \right) \end{vmatrix} = 0.$$

Раскрывая определитель, получим квадратное уравнение относительно параметра λ_k :

$$\begin{aligned} & \left(m_1 \frac{d^3}{3EI} - \lambda_k \right) \cdot \left(m_2 \frac{8d^3}{3EI} - \lambda_k \right) - m_1 m_2 \left(\frac{5d^3}{6EI} \right)^2 = \\ & = \left(3m \frac{d^3}{3EI} - \lambda_k \right) \cdot \left(m \frac{8d^3}{3EI} - \lambda_k \right) - 3m^2 \left(\frac{5d^3}{6EI} \right)^2 = \end{aligned}$$



• **Рисунок**

$$= \left(\frac{md^3}{EI} - \lambda_k \right) \left(\frac{8md^3}{3EI} - \lambda_k \right) - 3m^2 \left(\frac{5d^3}{6EI} \right)^2 = 0;$$

$$\lambda_k^2 - \frac{11md^3}{3EI} \lambda_k + \frac{7}{12} \frac{m^2 d^6}{(EI)^2} = 0.$$

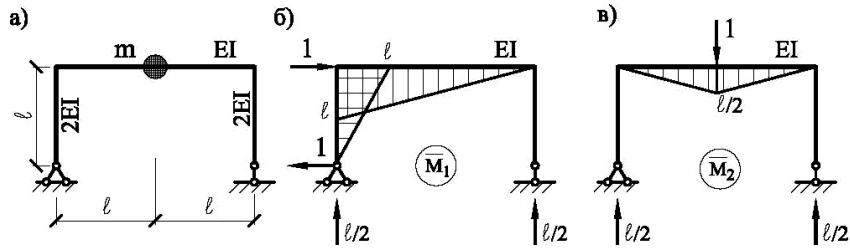
Решая это уравнение, найдём: $\lambda_1 = 3,5 \frac{md^3}{EI}$; $\lambda_2 = \frac{1}{6} \frac{md^3}{EI}$.

Отсюда $\omega_1 = \sqrt{\frac{2}{7} EI / (md^3)} = 0,535 \sqrt{EI / (md^3)}$;

$$\omega_2 = \sqrt{6 EI / (md^3)} = 2,449 \sqrt{EI / (md^3)}.$$

Здесь меньшая частота колебаний соответствует движению обеих масс в одном направлении, а большая – во встречном направлении.

Пример. Определить спектр частот колебаний рамы, изображённой на рисунке -а.



• **Рисунок**

Решение. Приложим по направлению возможного движения масс единичные силы (рис. б и в) и построим эпюры моментов \bar{M}_1 и \bar{M}_2 . Перемножая эти эпюры, получим:

$$\delta_{11} = \frac{1}{2EI} \cdot \frac{1}{2} \cdot \ell \cdot \ell \cdot \frac{2}{3} \ell + \frac{1}{EI} \cdot \frac{1}{2} \cdot \ell \cdot 2\ell \cdot \frac{2}{3} \ell = \frac{5}{6} \frac{\ell^3}{EI};$$

$$\delta_{22} = 2 \frac{1}{EI} \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{\ell}{2} \cdot \ell \cdot \frac{2}{3} \frac{\ell}{2} = \frac{1}{6} \frac{\ell^3}{EI};$$

$$\delta_{12} = \delta_{21} = \frac{1}{EI} \cdot \frac{1}{2} \cdot \ell \cdot \frac{\ell}{2} \cdot \frac{2}{3} \frac{\ell}{2} + \frac{\ell}{6EI} \left(2 \cdot \frac{\ell}{2} \cdot \frac{\ell}{2} + \ell \cdot \frac{\ell}{2} \right) = \frac{1}{4} \frac{\ell^3}{EI}.$$

Подставим эти значения единичных перемещений в вековые уравнения:

$$D = \begin{vmatrix} (m\delta_{11} - \lambda_k) & m\delta_{12} \\ m\delta_{21} & (m\delta_{22} - \lambda_k) \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} \left(m \frac{5\ell^3}{6EI} - \lambda_k \right) & m \frac{\ell^3}{4EI} \\ m \frac{\ell^3}{4EI} & \left(m \frac{\ell^3}{6EI} - \lambda_k \right) \end{vmatrix} = 0.$$

Раскрывая определитель, получим квадратное уравнение относительно параметра λ_k :

$$\begin{aligned} & \left(m \frac{5\ell^3}{6EI} - \lambda_k \right) \cdot \left(m \frac{\ell^3}{6EI} - \lambda_k \right) - \left(m \frac{\ell^3}{4EI} \right)^2 = \\ & = \left(\frac{5m\ell^3}{6EI} - \lambda_k \right) \left(\frac{m\ell^3}{6EI} - \lambda_k \right) - \left(m \frac{\ell^3}{4EI} \right)^2 = 0; \end{aligned}$$

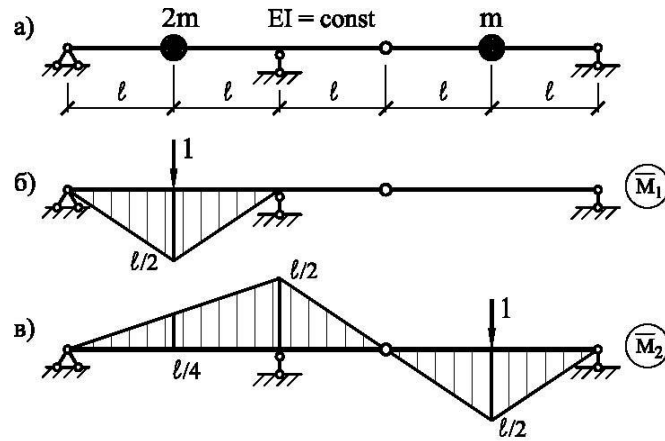
$$\lambda_k^2 - \frac{m\ell^3}{EI} \lambda_k + \frac{11}{144} \frac{m^2 \ell^6}{(EI)^2} = 0.$$

Решая это уравнение, найдём:

$$\lambda_1 = \frac{11}{12} \frac{m\ell^3}{EI}; \quad \lambda_2 = \frac{1}{12} \frac{m\ell^3}{EI}.$$

Отсюда $\omega_1 = 1,044\sqrt{EI/(m\ell^3)}$; $\omega_2 = 3,464\sqrt{EI/(m\ell^3)}$.

Пример. Определить спектр частот колебаний многопролётной балки, изображённой на рисунке -а.



Рисунок

Решение. Приложим по направлению возможного движения масс единичные силы и построим эпюры моментов \bar{M}_1 и \bar{M}_2 . Перемножая эти эпюры, получим:

$$\delta_{11} = \frac{2}{EI} \cdot \frac{1}{2} \cdot \ell \cdot \frac{\ell}{2} \cdot \frac{2}{3} \cdot \frac{\ell}{2} = \frac{1}{6} \frac{\ell^3}{EI};$$

$$\delta_{22} = \frac{1}{EI} \left(\frac{1}{2} \cdot \frac{\ell}{2} \cdot 2\ell \cdot \frac{2}{3} \cdot \frac{\ell}{2} + 3 \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{\ell}{2} \cdot \ell \cdot \frac{2}{3} \cdot \frac{\ell}{2} \right) = \frac{5}{12} \frac{\ell^3}{EI};$$

$$\delta_{12} = \delta_{21} = -\frac{1}{EI} \cdot \frac{1}{2} \cdot \frac{\ell}{2} \cdot \ell \cdot \frac{2}{3} \cdot \frac{\ell}{4} - \frac{\ell}{6EI} \left(2 \cdot \frac{\ell}{2} \cdot \frac{\ell}{4} + \frac{\ell}{2} \cdot \frac{\ell}{2} \right) = -\frac{1}{8} \frac{\ell^3}{EI}.$$

Подставим параметры δ_{ij} в вековые уравнения:

$$D = \begin{vmatrix} (2m\delta_{11} - \lambda_k) & m\delta_{12} \\ 2m\delta_{21} & (m\delta_{22} - \lambda_k) \end{vmatrix} = \begin{vmatrix} \left(2m \frac{\ell^3}{6EI} - \lambda_k \right) & -m \frac{\ell^3}{8EI} \\ -2m \frac{\ell^3}{8EI} & \left(m \frac{5\ell^3}{12EI} - \lambda_k \right) \end{vmatrix} = 0.$$

Раскрывая определитель, получим квадратное уравнение относительно параметра λ_k :

$$\left(m \frac{\ell^3}{3EI} - \lambda_k \right) \cdot \left(m \frac{5\ell^3}{12EI} - \lambda_k \right) - m^2 \frac{1}{32} \left(\frac{\ell^3}{EI} \right)^2 = 0;$$

$$\lambda_k^2 - \frac{3}{4} \frac{m\ell^3}{EI} \lambda_k + \frac{31}{288} \frac{m^2 \ell^6}{(EI)^2} = 0.$$

Решая это уравнение, найдём:

$$\lambda_1 = 0,557 \frac{m\ell^3}{EI}; \quad \lambda_2 = 0,193 \frac{m\ell^3}{EI}.$$

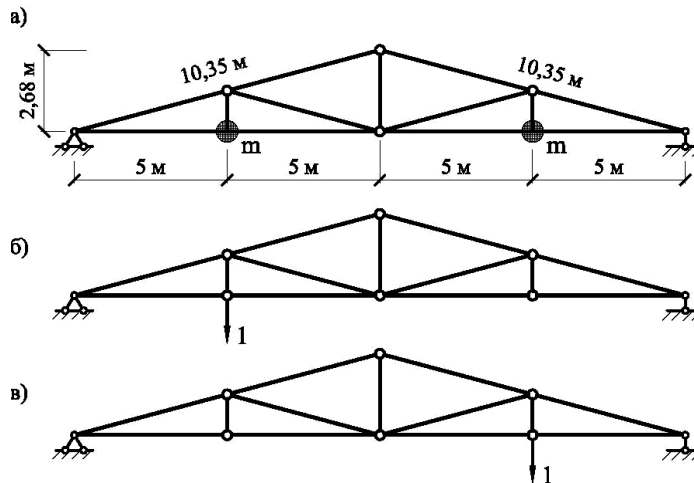
Отсюда $\omega_1 = 1,340 \sqrt{EI/(m\ell^3)}$; $\omega_2 = 2,276 \sqrt{EI/(m\ell^3)}$.

Здесь меньшая частота колебаний соответствует движению обеих масс в одном направлении, а большая – во встречном направлении.

Пример Определить частоты колебаний фермы, изображённой на рисунке 3.9. Элементы фермы выполнены из парных стальных уголков $75 \times 75 \times 8$ ($A = 2 \times 11,5 = 23,0 \text{ см}^2$, $E = 2 \times 10^5 \text{ МПа}$). В первой и третьей четвертях пролёта фермы по нижнему поясу приложены сосредоточенные массы $m = 10$ тонн. Длины элементов фермы указаны на рисунке. Массой фермы ввиду её малости по сравнению с массой сосредоточенных грузов можно пренебречь.

Решение. Для ферм единичные перемещения определяются по формуле Мора:

$$\delta_{11} = \sum_{i=1}^n \frac{\bar{N}_{1i}^2 \ell_i}{EA_i}; \quad \delta_{11} = \sum_{i=1}^n \frac{\bar{N}_{2i}^2 \ell_i}{EA_i}; \quad \delta_{11} = \sum_{i=1}^n \frac{\bar{N}_{1i} \bar{N}_{2i} \ell_i}{EA_i},$$



Рисунок

где \bar{N}_{1i} – усилие в i -м стержне от единичной вертикальной силы, приложенной в узле 7; \bar{N}_{2i} – усилие в i -м стержне от единичной вертикальной силы, приложенной в узле 5; ℓ_i и A_i – соответственно длина и площадь поперечного сечения i -го стержня.

Расчёт проведём в табличной форме.

Таблица.1 – **Определение частот колебаний фермы**

ℓ_i	\bar{N}_{1i}	\bar{N}_{2i}	$\bar{N}_{1i}^2 \ell_i$	$\bar{N}_{2i}^2 \ell_i$
----------	----------------	----------------	-------------------------	-------------------------

$$\ell_i$$

$$\overline{N}_{Ii}$$

$$\overline{N}_{2i}$$

$$\overline{N}_{Ii}^2\ell_i$$

$$\overline{N}_{2i}^2\ell_i$$

Используя табличные данные, найдём:

$$\delta_{11} = \delta_{22} = \frac{\sum \bar{N}_{li}^2 \ell_i}{EA} = \frac{320,567}{2 \cdot 10^5 \cdot 23 \cdot 10^{-4}} = 0,697 \text{ м/МН};$$

$$\delta_{12} = \frac{\sum \bar{N}_{li} \bar{N}_{2i} \ell_i}{EA} = \frac{22,992}{2 \cdot 10^5 \cdot 23 \cdot 10^{-4}} = 0,050 \text{ м/МН}.$$

С учётом полученных единичных перемещений составим вековое уравнение:

$$D = \begin{vmatrix} (m \cdot 0,697 - \lambda_k) & m \cdot 0,050 \\ m \cdot 0,050 & (m \cdot 0,697 - \lambda_k) \end{vmatrix} = 0.$$

Раскрывая определитель, получим:

$$(m \cdot 0,697 - \lambda_k)^2 - (m \cdot 0,050)^2 = 0;$$

$$\lambda_1 = 0,747m, \quad \lambda_2 = 0,647m.$$

Откуда следует:

$$\omega_1 = 1,157\sqrt{1/m} = 11,57 \text{ с}^{-1}; \quad \omega_2 = 1,243\sqrt{1/m} = 12,43 \text{ с}^{-1}.$$

Пример Необходимо построить эпюру приращений изгибающих моментов от действия динамических сил ΔM_d для металлической балки с двумя сосредоточенными массами, одна из которых представляет собой двигатель с неуравновешенной массой (рис.)¹.

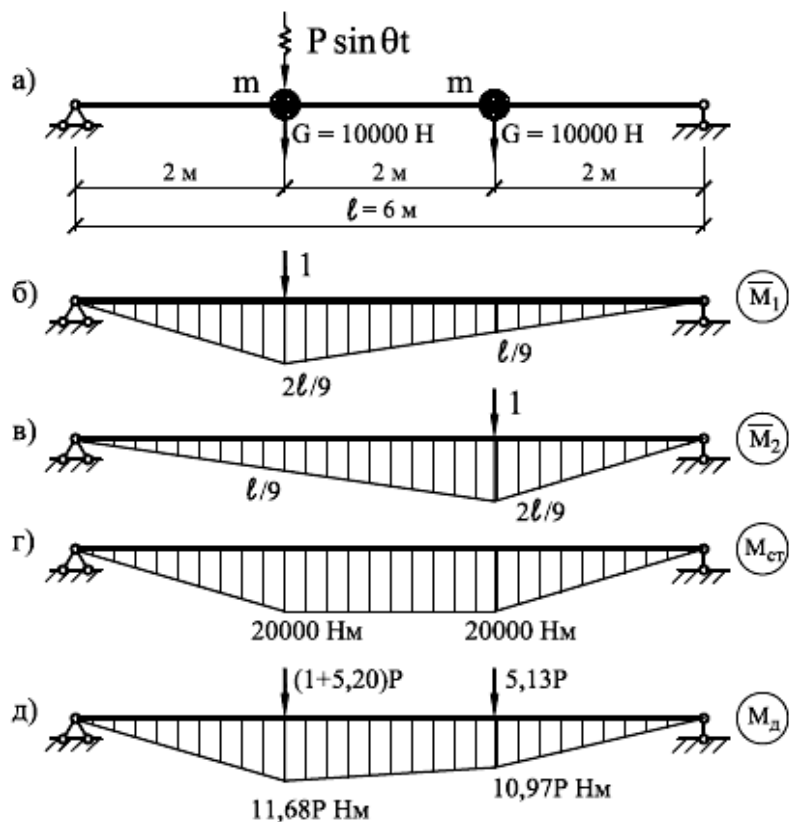
Исходные данные: вес грузов 10000 Н ; $\ell = 6 \text{ м}$; момент инерции сечения $I = 8880 \cdot 10^{-8} \text{ м}^4$; ускорение силы тяжести $g = 9,81 \text{ м/с}^2$; модуль упругости материала $E = 2,1 \cdot 10^5 \text{ МПа}$; число оборотов двигателя $n = 480 \text{ об/мин}$.

Решение. Неуравновешенная масса даёт центробежную силу P . Будем учитывать только её вертикальную составляющую.

Частота вынужденных колебаний балки:

$$\theta = \frac{480 \cdot 2\pi}{60} = 50,27 \text{ с}^{-1};$$

масса грузов: $m_1 = m_2 = G/g = 10000/9,81 = 1020 \text{ кг}$.



• **Рисунок**

•

Для определения частоты собственных колебаний найдём перемещения δ_{ij} , для чего построим эпюры моментов от действия единичных сил в сечениях, где приложены массы, и перемножим их:

$$\delta_{11} = \delta_{22} = \frac{1}{EI} \left(\frac{1}{2} \cdot \frac{\ell}{3} \cdot \frac{2\ell}{9} \cdot \frac{2}{3} \cdot \frac{2\ell}{9} + \frac{1}{2} \cdot \frac{2\ell}{3} \cdot \frac{2\ell}{9} \cdot \frac{2}{3} \cdot \frac{2\ell}{9} \right) = \frac{8\ell^3}{486EI} =$$

$$= \frac{8}{486} \cdot \frac{6^3}{2,1 \cdot 10^{11} \cdot 8880 \cdot 10^{-8}} = 1,908 \cdot 10^{-7} \text{ м/Н};$$

$$\delta_{12} = \delta_{21} = \frac{1}{EI} \left[2 \left(\frac{1}{2} \cdot \frac{\ell}{3} \cdot \frac{2\ell}{9} \cdot \frac{2}{3} \cdot \frac{\ell}{9} \right) + \frac{\ell}{9} \cdot \frac{\ell}{3} \cdot \frac{\ell + 2\ell}{2 \cdot 9} + \frac{1}{2} \cdot \frac{\ell}{9} \cdot \left(\frac{\ell}{9} + \frac{\ell}{3 \cdot 9} \right) \right] =$$

$$= \frac{7\ell^3}{486EI} = \frac{7}{486} \cdot \frac{6^3}{2,1 \cdot 10^{11} \cdot 8880 \cdot 10^{-8}} = 1,670 \cdot 10^{-7} \text{ м/Н};$$

Подставляя эти значения перемещений в формулу найдём:

$$\omega_{1,2}^2 = \frac{(m_1\delta_{11} + m_2\delta_{22}) \mp \sqrt{(m_1\delta_{11} - m_2\delta_{22})^2 + 4m_1m_2\delta_{12}^2}}{2m_1m_2(\delta_{11}\delta_{22} - \delta_{12}^2)} =$$

$$= \frac{\left(m \frac{8\ell^3}{486EI} + m \frac{8\ell^3}{486EI} \right) \mp \sqrt{\left(m \frac{8\ell^3}{486EI} - m \frac{8\ell^3}{486EI} \right)^2 + 4m^2 \left(\frac{7\ell^3}{486EI} \right)^2}}{2m^2 \frac{8\ell^3}{486EI} \cdot \frac{8\ell^3}{486EI} - \left(\frac{7\ell^3}{486EI} \right)^2}.$$

Отсюда $\omega_1 = \sqrt{\frac{486EI}{15m\ell^3}} = \sqrt{\frac{486 \cdot 2,1 \cdot 10^{11} \cdot 8880 \cdot 10^{-8}}{15 \cdot 1020 \cdot 6^3}} = 52,37 \text{ с}^{-1};$

$$\omega_2 = \sqrt{\frac{486EI}{m\ell^3}} = \sqrt{\frac{486 \cdot 2,1 \cdot 10^{11} \cdot 8880 \cdot 10^{-8}}{1020 \cdot 6^3}} = 202,83 \text{ с}^{-1}.$$

Первая форма колебаний соответствует движению обеих масс в одном направлении, а вторая – в противоположных направлениях.

Для определения инерционных сил найдём перемещения Δ_{1P} и Δ_{2P} :

$$\Delta_{1P} = \delta_{11} \cdot P \sin(\theta \cdot t) = 1,908 \cdot 10^{-7} \cdot P \sin(\theta \cdot t) \text{ м};$$

$$\Delta_{2P} = \delta_{21} \cdot P \sin(\theta \cdot t) = 1,670 \cdot 10^{-7} \cdot P \sin(\theta \cdot t) \text{ м}.$$

Подставим перемещения в систему канонических уравнений:

$$\begin{cases} \left(1,908 \cdot 10^{-7} - \frac{I}{1020 \cdot 50,27^2} \right) I_1 + 1,670 \cdot 10^{-7} \cdot I_2 + P \cdot 1,908 \cdot 10^{-7} \sin(\theta \cdot t) = 0; \\ 1,670 \cdot 10^{-7} \cdot I_1 + \left(1,908 \cdot 10^{-7} - \frac{I}{1020 \cdot 50,27^2} \right) \cdot I_2 + P \cdot 1,670 \cdot 10^{-7} \sin(\theta \cdot t) = 0 \end{cases} \quad \text{или}$$

$$\begin{cases} -2,016I_1 + 1,670I_2 = -1,908P \sin(\theta \cdot t); \\ 1,670I_1 - 2,016I_2 = -1,670P \sin(\theta \cdot t). \end{cases}$$

Решая эти уравнения, находим:

$$I_1 = 5,196P \sin(\theta \cdot t), \quad I_2 = 5,130P \sin(\theta \cdot t).$$

Определяем перемещения масс:

$$y_1 = \frac{I_1}{m\theta^2} = \frac{5,196 \cdot P \sin(\theta \cdot t)}{1020 \cdot 50,27^2} = 0,000002016 \cdot P \sin(\theta \cdot t);$$

$$y_2 = \frac{I_2}{m\theta^2} = \frac{5,130 \cdot P \sin(\theta \cdot t)}{1020 \cdot 50,27^2} = 0,000001990 \cdot P \sin(\theta \cdot t).$$

Эпюру изгибающих моментов от статических сил получим по формуле

$$M_{cm} = \bar{M}_1 G + \bar{M}_2 G$$

(см. рис. -г). Приращение изгибающих моментов от действия динамических сил ΔM_0 получим по формуле

$$M_0 = \bar{M}_1(\bar{D} + I_1) + \bar{M}_2 I_2.$$

(см. рис -д). Окончательную эпюру моментов $M_{ок}$ строим, используя формулу

Критерии оценки (в баллах):

Количество баллов за каждое правильно выполненное задание части А – 1. Максимальное количество баллов – 10.

Количество баллов за каждое задание части Б– 2. Максимальное количество баллов – 4.

2 балла выставляется, если:

задание выполнено полностью в логических рассуждениях и обосновании решения, нет пробелов и ошибок, возможна одна неточность, описка, не являющаяся следствием незнания или непонимания учебного материала;

1 балл выставляется, если:

задание выполнено полностью, но обоснования шагов решения недостаточны, допущена одна ошибка или два-три недочета в выкладках, чертежах или графиках; допущены более одной ошибки или более двух-трех недочетов в выкладках, чертежах или графиках, но студент владеет обязательными умениями.

Количество баллов за задание части В – 6.

6 баллов выставляется, если:

задание выполнено полностью в логических рассуждениях и обосновании решения, нет пробелов и ошибок; в решении нет ошибок, возможна одна неточность, описка, не являющаяся следствием незнания или непонимания учебного материала;

4 балла выставляется, если:

задание выполнено полностью, но обоснования шагов решения недостаточны, допущена одна ошибка или два-три недочета;

2 балла выставляется, если:

допущены более одной ошибки или более двух-трех недочетов, но студент владеет обязательными умениями.

Максимальное количество баллов за полную работу – 20.

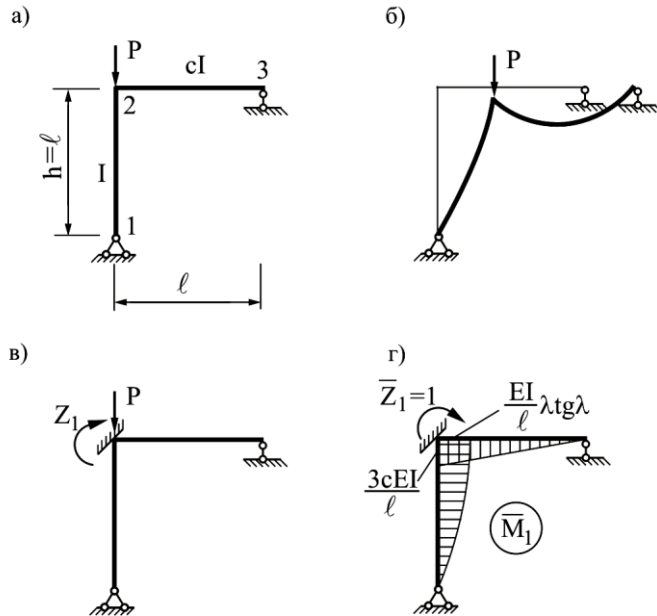
Модуль II

Письменная работа проводится в тестовой форме (2 заданий). На ее выполнение отводится 60 минут.

При подведении результата используется рейтинговая система оценки.

Тестовые задания для отчета по модулю II

Пример Рассмотрим раму, изображённую на рисунке -а. Необходимо определить критическую силу.



Рисунок

Решение. Схема потери устойчивости рамы изображена на рисунке -б, а основная система метода перемещений – на рисунке в. В основной системе введена только одна жёсткая заделка, поскольку горизонтальный стержень не нагружен продольной силой. На рисунке г представлена эпюра моментов единичного состояния \bar{M}_1 , а необходимые данные для её построения взяты из таблицы 11.2. Для построения эпюры \bar{M}_1 на ригеле использованы таблицы из общего курса строительной механики.

Вырезая узел 2 из эпюры \bar{M}_1 , найдём:

$$r_{11} = -\frac{EI}{\ell} \lambda \operatorname{tg} \lambda + \frac{3cEI}{\ell} = 0.$$

Из канонического уравнения $Z_1 r_{11} = 0$ получим:

$$\lambda \operatorname{tg} \lambda = 3c.$$

Рассмотрим ряд частных случаев:

- при $c = 1 \Rightarrow \lambda \operatorname{tg} \lambda = 3, \quad \lambda = 1,193, \quad P_{кр} = 1,423 \cdot EI / \ell^2$;
- при $c = 10 \Rightarrow \lambda \operatorname{tg} \lambda = 30, \quad \lambda = 1,521, \quad P_{кр} = 2,313 \cdot EI / \ell^2$;
- при $c = \infty \Rightarrow \lambda \operatorname{tg} \lambda = \infty, \quad \lambda = \pi/2, \quad P_{кр} = 2,465 \cdot EI / \ell^2$.

Пример Рассмотрим раму, изображённую на рисунке -а. Необходимо определить критическую силу.

Решение. Основная система представлена на рисунке 11.15-б. Эпюры единичных моментов \bar{M}_1 , \bar{M}_2 , \bar{M}_3 изображены соответственно на схемах «в», «г», «д». Необходимые данные для построения эпюр моментов единичных состояний взяты из таблицы Для построения эпюр моментов \bar{M}_1 , \bar{M}_2 , \bar{M}_3 на ригеле использованы таблицы из общего курса строительной механики.

Вырезая узел 1 из эпюры \bar{M}_1 (рис. -а), найдём:

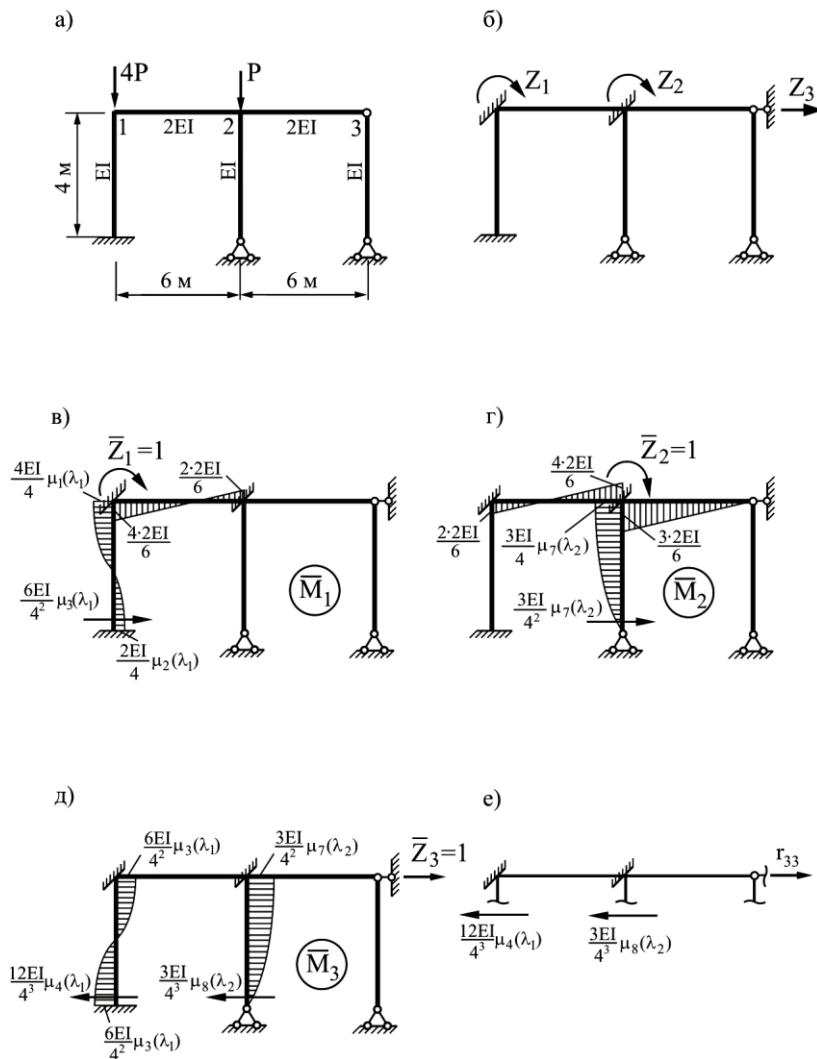
$$r_{11} = \frac{4 \cdot 2EI}{6} + \frac{4EI}{4} \mu_1(\lambda_1) = \frac{4EI}{3} + EI\mu_1(\lambda_1);$$

вырезая узел 2 из эпюры \bar{M}_1 (рис. 11.15-б), найдём:

$$r_{21} = r_{12} = \frac{2 \cdot 2EI}{6} = \frac{2EI}{3};$$

из уравнения равновесия рамы с обрезанными стойками в эпюре \bar{M}_1 (рис. -в) найдём:

$$r_{31} = r_{13} = -\frac{6EI}{4^2} \mu_3(\lambda_1) = -\frac{3EI}{8} \mu_3(\lambda_1);$$



Рисунок

вырезая узел 2 из эпюры \overline{M}_2 (рис. -г), найдём:

$$r_{22} = \frac{4 \cdot 2EI}{6} + \frac{3 \cdot 2EI}{6} + \frac{3EI}{4} \mu_7(\lambda_2) = \frac{7EI}{3} + \frac{3EI}{4} \mu_7(\lambda_2);$$

вырезая узел 2 из эпюры \overline{M}_3 (рис. 11.15-д), найдём:

$$r_{23} = r_{32} = -\frac{3EI}{4^2} \mu_7(\lambda_2) = -\frac{3EI}{16} \mu_7(\lambda_2);$$

из уравнения равновесия рамы с обрезанными стойками в эпюре \overline{M}_3 (рис. 11.15-е) найдём:

$$r_{33} = \frac{12EI}{4^3} \mu_4(\lambda_1) + \frac{3EI}{4^3} \mu_8(\lambda_2) = \frac{3EI}{16} \mu_4(\lambda_1) + \frac{3EI}{64} \mu_8(\lambda_2).$$

Найдём значения параметров λ_i :

$$\lambda_2 = \ell \sqrt{P/(EI)} = \lambda; \quad \lambda_1 = \ell \sqrt{4P/(EI)} = 2\lambda.$$

Подставим полученные выражения для r_{ij} в определитель (11.18) и, сокращая все члены на EI , получим:

$$D = \begin{vmatrix} 1,333 + \mu_1(\lambda_1) & 0,667 & -0,375\mu_3(\lambda_1) \\ 0,667 & 2,333 + 0,75\mu_7(\lambda_2) & -0,1875\mu_7(\lambda_2) \\ -0,375\mu_3(\lambda_1) & -0,1875\mu_7(\lambda_2) & 0,1875\mu_4(\lambda_1) + 0,0469\mu_8(\lambda_2) \end{vmatrix} =$$

$$= \begin{vmatrix} 1,333 + \mu_1(2\lambda) & 0,667 & -0,375\mu_3(2\lambda) \\ 0,667 & 2,333 + 0,75\mu_7(\lambda) & -0,1875\mu_7(\lambda) \\ -0,375\mu_3(2\lambda) & 0,1875\mu_7(\lambda) & 0,1875\mu_4(2\lambda) + 0,0469\mu_8(\lambda) \end{vmatrix} = 0.$$

Раскрывая определитель, получим уравнение:

$$D = [1,333 + \mu_1(2\lambda)] \times \begin{vmatrix} 2,333 + 0,75\mu_7(\lambda) & -0,1875\mu_7(\lambda) \\ -0,1875\mu_7(\lambda) & 0,1875\mu_4(2\lambda) + 0,0468\mu_8(\lambda) \end{vmatrix} +$$

$$+ 0,667 \times \begin{vmatrix} 0,667 & -0,1875\mu_7(\lambda) \\ -0,375\mu_3(2\lambda) & 0,1875\mu_4(2\lambda) + 0,0468\mu_8(\lambda) \end{vmatrix} -$$

$$- 0,375\mu_3(2\lambda) \times \begin{vmatrix} 0,667 & 2,333 + 0,75\mu_7(\lambda) \\ -0,375\mu_3(2\lambda) & -0,1875\mu_7(\lambda) \end{vmatrix} =$$

$$= [1,333 + \mu_1(2\lambda)] \times \{ [2,333 + 0,75\mu_7(\lambda)] \times$$

$$\times [0,1875\mu_4(2\lambda) + 0,0468\mu_8(\lambda)] - [0,1875\mu_7(\lambda)]^2 \} +$$

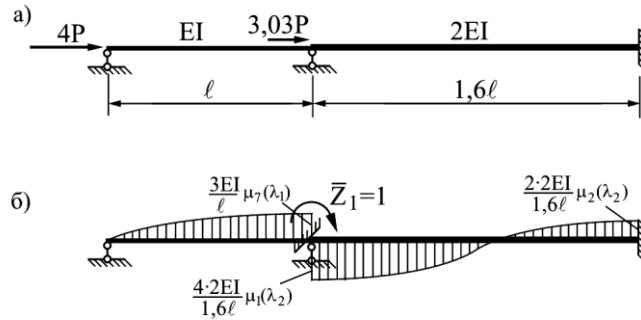
$$+ 0,667 \{ 0,667 \times [0,1875\mu_4(2\lambda) + 0,0468\mu_8(\lambda)] - 0,375\mu_3(2\lambda) \cdot 0,1875\mu_7(\lambda) \} -$$

$$- 0,375\mu_3(2\lambda) \times \{ 0,667 \times [-0,1875\mu_7(\lambda)] + 0,375\mu_3(2\lambda) [2,333 + 0,75\mu_7(\lambda)] \}.$$

Решая это уравнение приближённо, найдём:

$$\lambda = 1,456; \quad \lambda^2 = k^2 \ell^2 = \frac{P}{EI} \ell^2 = 1,456^2; \quad P_{кр} = \frac{2,12EI}{\ell^2}.$$

Пример Рассмотрим балку, изображённую на рисунке а. Необходимо определить критическую силу.



Рисунок

Решение. Основная система метода перемещений и эпюра \bar{M}_I представлены на рисунке -б. Необходимые данные для построения эпюр моментов единичных состояний взяты из таблицы 11.2.

Вырезая узел 1 из эпюры моментов \bar{M}_I , получим:

$$r_{11} = \frac{3EI}{\ell} \mu_7(\lambda_1) + \frac{4 \cdot 2EI}{1,6\ell} \mu_1(\lambda_2).$$

Тогда уравнение устойчивости примет следующий вид:

$$r_{11} = \frac{3EI}{\ell} \mu_7(\lambda_1) + \frac{4 \cdot 2EI}{1,6\ell} \mu_1(\lambda_2) = 0; \quad 3\mu_7(\lambda_1) = -5\mu_1(\lambda_2).$$

Найдём значения параметров λ_i :

$$\lambda_1 = \ell \sqrt{4P/(EI)} = \lambda, \quad \lambda_2 = 1,6\ell \sqrt{7P/(2EI)} = 1,5\lambda.$$

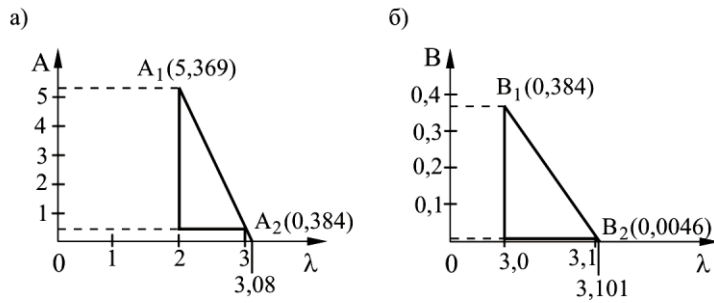
Тогда

$$3\mu_7(\lambda) = -5\mu_1(1,5\lambda).$$

Подставим в это уравнение два значения параметра λ : $\lambda = 2$ и $\lambda = 3$. Из таблицы 3П.2 Приложения 3 к учебнику найдём значения функций $\mu_7(\lambda)$ и $\mu_1(1,5\lambda)$:

$$\text{при } \lambda = 2 \Rightarrow \mu_7(\lambda) = -0,63719 \text{ и } \mu_1(1,5\lambda) = 0,65605;$$

$$\text{при } \lambda = 3 \Rightarrow \mu_7(\lambda) = -2,86392 \text{ и } \mu_1(1,5\lambda) = -0,00477.$$



Рисунок

Построим приближённый график изменения функции

$$A = 3\mu_7(\lambda) + 5\mu_1(1.5\lambda)$$

в зависимости от изменения параметра λ (рис. 11.17). При $\lambda = 2 \rightarrow A_1 = 5,369$; при $\lambda = 3 \rightarrow A_2 = 0,384$. Соединяя точки A_1 и A_2 прямой линией (рис. -а), из подобия треугольников найдём значение координаты $\lambda = 2,14$. В окрестности этой координаты вновь выберем два других значения параметра λ : $\lambda = 2,00$ и $\lambda = 2,20$ и проделаем рассмотренное выше построение ещё раз (рис. 11.17-б). Из этого рисунка окончательно находим $\lambda \approx 2,12$. Отсюда

$$\lambda^2 = k^2 \ell^2 = \frac{P}{EI} \ell^2 = 2,12^2; \quad P_{кр} = \frac{4,494EI}{\ell^2}.$$

3.2.4 Решение домашних контрольных задач

Домашние контрольные задачи выполняются студентами в I семестре, в процессе изучения модуля II «Основные положения по расчету деревянных элементов и их соединений».

Всего студент выполняет три домашние контрольные работы (2 задач) по следующим темам:

- Расчет элементов конструкций на динамическую нагрузку - 1 задача;
- Расчет рамы на устойчивость- 1 задача.

Цель выполнения студентами домашних контрольных задач - закрепление и углубление теоретических знаний, полученных в процессе изучения модуля дисциплины «Динамика и устойчивость сооружений», а также приобретение практических навыков расчетов и конструирования конструкций. В процессе выполнения расчетов студенты должны показать умение самостоятельно работать с научно-технической литературой, грамотно применять полученные знания.

Домашние контрольные задачи выполняются студентами по индивидуальному заданию. Студент, получивший задание, должен детально ознакомиться с ним, проработать соответствующие разделы модуля и, при необходимости, обратиться за разъяснениями к своему преподавателю.

Содержание домашних контрольных задач и требования к их оформлению

Контрольные задачи состоят только из пояснительной записки объемом до 10 страниц на стандартных листах размером А4, выполненных в текстовом редакторе Microsoft Word. Страницы должны иметь поля и сквозную нумерацию (первой страницей считается титульный лист). Все контрольные работы сшиваются в одну пояснительную записку. При необходимости некоторые задачи дополняются расчетными схемами и рисунками.

Все расчеты необходимо выполнять в системе СИ в соответствии с указаниями СНиП II-25-80 «Нормы проектирования».

Расчетно-пояснительная записка должна включать:

- задание;
- краткие пояснения по выполнению расчетов;
- непосредственно расчеты;
- выводы по результатам расчета;
- список литературы.

Номер варианта определяется по сумме двух последних цифр учебного шифра студента.

3.3. Оценочные средства для проверки остаточных знаний

Письменная работа проводится в тестовой форме (2 заданий). На ее выполнение отводится 60 минут.

1. Понятия устойчивости сооружений.
 - цель расчета на устойчивость.
 - переход от реального сооружения к расчетной схеме.
 - что является результатом расчета на устойчивость.
 - где и как в дальнейшем используются эти данные.
 - в чем заключается опасность потери устойчивости.
 - дайте определение “критической нагрузки”. - в чем отличие потери устойчивости 1го и 2го рода.
 - какие виды равновесия существуют. - физический смысл уравнения устойчивости. - сколько критических сил можно найти из уравнения устойчивости.
 - какие из них и почему интересуют инженера в первую очередь.
2. Метод начальных параметров в расчетах на устойчивость.
 - идея метода начальных параметров.
 - формирование уравнения устойчивости.
 - методы решения этого уравнения.
3. Метод перемещений в расчетах на устойчивость.
 - гипотезы, применяемые при расчете рам на устойчивость.
 - в чем особенность построения единичных эпюр.
 - как формируется уравнение устойчивости.
 - каков физический смысл единичных коэффициентов МП.
 - чем объясняется криволинейность эпюр М.
 - как построить форму потери устойчивости.
 - почему определитель системы уравнений МП нужно приравнять нулю.
 - использование симметрии в расчетах на устойчивость МП.
 - почему в расчетах на устойчивость система уравнений является однородной. - где учтено действие нагрузки.
4. Основные понятия динамики сооружений.
 - степень свободы.
 - собственные колебания.
 - вынужденные колебания.
 - виды динамических нагрузок.
5. Свободные колебания системы с 1 степенью свободы.
 - уравнение, его решение и график, важнейшие характеристики.
6. Свободные колебания системы с конечным числом степеней свободы.
 - система канонических уравнений.
 - физический смысл входящих в нее величин.
 - почему система уравнений является однородной.
 - при каком условии она будет иметь ненулевое решение.
 - сколько частот собственных колебаний можно найти из уравнения колебаний.
 - какая частота в первую очередь интересует инженера и почему.
 - как построить форму колебаний.
 - использование симметрии в динамических расчетах.
7. Вынужденные колебания систем с конечным числом степеней свободы.
 - система канонических уравнений.
 - физический смысл величин, входящих в эти уравнения.
 - определение амплитудных значений внутренних усилий.
 - при каких условиях возможен резонанс.
8. Свободные колебания систем с бесконечным числом степеней свободы.

- дифференциальное уравнение.
- решение в форме метода начальных параметров.
- функции Крылова.

9. Расчет балки на упругом основании.

- дифференциальное уравнение.
- решение в форме метода начальных параметров.
- функции Крылова.

Критерии оценки (в баллах):

Количество баллов за каждое правильно выполненное задание – 1. Максимальное количество баллов – 20.

4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций

Основным критерием оценки знаний является способность обучающегося самостоятельно работать с изучаемыми методами, применять их практически, в том числе свободно владеть компьютером и прикладными программами, уметь интерпретировать и анализировать полученные результаты. Дополнительным критерием является четкость и глубина понимания методов, в их практическом применении. Важным критерием также является способность самостоятельно разбираться в современной литературе, в том числе зарубежной.

В процессе обучения студент должен выполнить лабораторные работы согласно плану, индивидуальное домашнее задание, написать тесты и решить курсовой проект по соответствующему разделу.

Промежуточная аттестация обучающегося проводится по результатам проверки на экзамене уровня усвоения им учебной дисциплины. Экзамен проводится устно (по теоретическим и практическим вопросам). Кроме того, по спорным вопросам проводится собеседование с преподавателем.

На экзамене от обучающегося требуется ответить на вопросы состоящие из трех частей – теоретической («знание») и практической («умение» и «владение»). Если такое деление не содержится в самой формулировке вопроса, то всегда подразумевается: обучающийся должен быть готов проиллюстрировать на конкретном примере теоретическое положение, знание которого он хочет продемонстрировать. Таким образом, любой ответ должен в обязательном порядке содержать две составляющие: а) формулировки определений понятий и теоретических посылок, и б) фактические примеры, иллюстрирующие приводимые положения.

Написание и представление письменной работы не является полным основанием для вынесения оценки, хотя может учитываться преподавателем. В любом случае обучающийся должен продемонстрировать глубокое знание вопроса, изложенного в письменной работе, и быть готовым поддержать дискуссию с преподавателем по теме работы.

Обучающийся должен продемонстрировать уверенное владение лексическим аппаратом данной дисциплины – дать ясное и точное определение всех использованных в ответе терминов и понятий, показать их происхождение и развитие в истории науки, привести примеры использования.

Основным методом оценки знаний обучающихся является применяемая во время обучения балльно-рейтинговая система. Учебный материал разделяется на логически завершённые части (модули), после изучения которого предусматривается аттестация в форме контрольной работы, теста. Каждый модуль включает обязательные виды работ – лекционные и практические занятия, домашние самостоятельные работы. Качество работы обучающихся в рейтинговой системе оценивается в баллах, оценка является накопительной (сумма баллов даёт рейтинг каждого учащегося) и используется для структурирования системной работы обучающихся в течение всего периода обучения.

Качество полученных обучающимися знаний осуществляется с применением дифференцированной балльной оценки. Максимально за работу в семестре обучающийся может набрать 100 баллов.

•

ЛИСТ РЕГИСТРАЦИИ ИЗМЕНЕНИЙ

Номер изменения	Текст изменения	Приказ, протокол заседания Ученого совета Университета	
		№	Дата