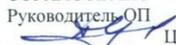




МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
**«Дальневосточный федеральный университет»**  
(ДФУ)  
**Политехнический институт (Школа)**

СОГЛАСОВАНО  
Руководитель ОП  
  
(подпись) Цимбельман Н.Я.  
«28» 01 2021 г. (ФИО)

УТВЕРЖДАЮ  
Заведующий департаментом ГИТ  
  
(подпись) Цимбельман Н.Я.  
«28» 01 2021 г. (ФИО)

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

Теория сооружений

**Направление подготовки 08.04.01 Строительство**

Программа «Технологии информационного моделирования в строительстве/BIM design technology»

Форма подготовки *очная*

курс 1 семестр 1  
лекции 18 час.  
практические занятия 54 час.  
лабораторные работы *не предусмотрены.*  
в том числе с использованием  
всего часов аудиторной нагрузки 72 час.  
самостоятельная работа 72 час.  
в том числе на подготовку к экзамену 36 час  
контрольные работы *не предусмотрены*  
курсовая работа / курсовой проект *не предусмотрены*  
зачет *не предусмотрен*  
экзамен 1 семестр

Основная образовательная программа высшего образования (ОПОП ВО) составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта по направлению подготовки 08.04.01 Строительство, утвержденного приказом Министерства образования и науки Российской Федерации от 31.05.2017 г. № 482.

Рабочая программа обсуждена на заседании департамента Геоинформационных технологий протокол № 5 от «28» 01 2021 г.

Директор департамента Геоинформационных технологий Цимбельман Н.Я.

Составитель: к.т.н., доцент Мальков Н.М.

Владивосток  
2021

**Оборотная сторона титульного листа РПУД**

**I. Рабочая программа пересмотрена на заседании департамента ГИТ:**

Протокол от « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_

Заведующий департаментом ГИТ \_\_\_\_\_  
(подпись) (И.О. Фамилия)

**II. Рабочая программа пересмотрена на заседании департамента ГИТ:**

Протокол от « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_

Заведующий департаментом ГИТ \_\_\_\_\_  
(подпись) (И.О. Фамилия)

**III. Рабочая программа пересмотрена на заседании департамента ГИТ:**

Протокол от « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_

Заведующий департаментом ГИТ \_\_\_\_\_  
(подпись) (И.О. Фамилия)

**IV. Рабочая программа пересмотрена на заседании департамента ГИТ:**

Протокол от « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_

Заведующий департаментом ГИТ \_\_\_\_\_  
(подпись) (И.О. Фамилия)

## Цели и задачи освоения дисциплины

Дисциплина «Теория сооружений» изучает методы и приемы расчета сооружений на прочность, жесткость, устойчивость и долговечность.

**Цель дисциплины** – восстановить знания инженерной теории сооружений в приложении к исследованию прочности строительных конструкций.

Для этого в курсе «Теория сооружений» решаются следующие **задачи**:

- освежить необходимые представления о методах и приемах расчета сооружений на статические воздействия;
- сформировать у магистрантов навыки владения средствами расчета сооружений на статические воздействия с применением современных проектно-вычислительных комплексов.

Для успешного изучения дисциплины «Теория сооружений» у магистрантов должны быть сформированы следующие предварительные компетенции:

- способностью к абстрактному мышлению, анализу, синтезу;
- способность выявить естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлечь для их решения соответствующий физико-математический аппарат;
- использованием основных законов естественнонаучных дисциплин в профессиональной деятельности, применением методов математического анализа и математического (компьютерного) моделирования, теоретического и экспериментального исследования;
- способностью выявить естественнонаучную сущность проблем, возникающих в ходе профессиональной деятельности, привлечь их для решения соответствующий физико-математический аппарат;

Приобретенные знания способствуют формированию у магистрантов навыков инженерного мышления. В результате изучения данной дисциплины у обучающихся формируются следующие профессиональные компетенции (индикаторы компетенций):

### **Профессиональные компетенции выпускников и индикаторы их достижения:**

Тип задач	Код и наименование профессиональной компетенции (результат освоения)	Код и наименование индикатора достижения компетенции
Проектные	ПК-4 Способен проектировать сооружения различного назначения и их конструктивные элементы с применением	ПК-4.1 Моделирование и расчётный анализ конструкций для проектных целей и обоснования надёжности и безопасности объектов капитального строительства

Тип задач	Код и наименование профессиональной компетенции (результат освоения)	Код и наименование индикатора достижения компетенции
	специальных программно-вычислительных комплексов	ПК-4.2 Создание конструкций в качестве компонентов для проектной информационной модели
		ПК-4.3 Автоматизация и сопровождение решения задач формирования, анализа и передачи данных об объекте капитального строительства средствами информационного моделирования

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Наименование показателя оценивания (результата обучения по дисциплине)
ПК - 4.1 Моделирование и расчётный анализ конструкций для проектных целей и обоснования надёжности и безопасности объектов капитального строительства	<b>Знает</b> как выбрать методику выполнения расчётного обоснования проектных решений зданий, сооружений промышленного и гражданского назначения, метод расчета несущих конструкций сооружений
	<b>Умеет</b> выбрать методику выполнения расчётного обоснования проектных решений зданий, сооружений промышленного и гражданского назначения, метод расчета несущих конструкций сооружений
	<b>Владеет</b> навыками расчета сооружений и анализом конструкций для проектных целей и обоснования надёжности и безопасности объектов капитального строительства
ПК - 4.2 Создание конструкций в качестве компонентов для проектной информационной модели	<b>Знает</b> как выполнять расчёты строительных конструкций зданий, сооружений промышленного и гражданского назначения по заданным методикам
	<b>Умеет</b> выполнять расчёты строительных конструкций зданий, сооружений промышленного и гражданского назначения по заданным методикам
	<b>Владеет</b> методами создания конструкций в качестве компонентов для проектной информационной модели
ПК - 4.3 Автоматизация и сопровождение решения задач формирования, анализа и передачи данных об объекте капитального строительства средствами информационного моделирования	<b>Знает</b> как применять прикладное программное обеспечение для выполнения численного моделирования и расчётного обоснования проектных решений
	<b>Умеет</b> применять прикладное программное обеспечение для выполнения численного моделирования и расчётного обоснования проектных решений с использованием современных проектно-вычислительных комплексов
	<b>Владеет</b> навыками составления и редактирования информационной модели объекта строительства с помощью прикладного программного обеспечения с использованием современных проектно-вычислительных комплексов

## Трудоёмкость дисциплины и видов учебных занятий по дисциплине

Общая трудоёмкость дисциплины составляет **4** зачётные единицы (**144** академических часов).

Видами учебных занятий и работы обучающегося по дисциплине могут являться:

Обозначение	Виды учебных занятий и работы обучающегося
Лек	Лекции
Пр	Практические занятия
ОК	Онлайн курс
СР	Самостоятельная работа обучающегося в период теоретического обучения
Контроль	Самостоятельная работа обучающегося и контактная работа обучающегося с преподавателем в период промежуточной аттестации

### Структура дисциплины:

Форма обучения – *очная*.

№	Наименование раздела дисциплины	Семестр	Формы промежуточной аттестации, текущего контроля успеваемости					
			Лек	Пр	ОК	СР	Контроль	
1	Концепция сил в строительной механике		6	16				УО-1, ПР-12
2	Расчет статически определимых стержневых систем		3	14	-	36	36	
3	Расчет статически неопределимых стержневых систем		9	24				
	Итого:		18	54	-	36	36	

## I. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА

### Лекции (18 часов)

#### Раздел 1. Концепция сил в строительной механике (6 часов)

##### Тема 1. Связи и силы (1 час)

Формирование системы взглядов на прочность сооружений. Основы концепции сил в оценке прочности. Основные практические задачи. Вычисление характеристик рабочего состояния. Характеристика предельного состояния.

Опорная база. Практические задачи теории сооружений.

##### Тема 2. Внешние силы (1 час.)

Нагрузки рабочего и предельного состояний. Гравитационная среда. Боковая нагрузка от несвязных сред. Аэродинамическая ветровая нагрузка. Нормативная и расчетная нагрузки (нагрузки рабочего состояния).

### **Тема 3. Внутренние силы. Напряжения (1 час)**

Напряжения. Соотношения между напряжениями на различных площадках. Главные напряжения. Уравнения равновесия. Физические соотношения. Геометрические уравнения.

### **Тема 4. Инженерные методы определения напряжений. Внутренние усилия (1 час)**

Геометрические допущения инженерных методов. Внутренние усилия. Статический способ определения внутренних усилий. Определение напряжений по внутренним усилиям.

### **Тема 5. Оценка эксплуатационных качеств сооружений по силовым характеристикам внутренних связей (1 час)**

Центрально загруженный стержень. Кручение круглого стержня. Поперечный изгиб призматического стержня. Критерии (теории) прочности. Критерий наибольших нормальных напряжений. Критерий наибольших линейных деформаций. Критерий наибольших касательных напряжений. Энергетический критерий. Примеры оценки прочности.

### **Тема 6. Классификация сооружений (1 час)**

Типы сооружений. Сооружения с растянутыми и сжатыми элементами. Сооружения с изгибаемыми элементами. Сооружения с элементами, работающими на растяжение-сжатие с изгибом.

## **Раздел 2. Расчет статически определимых стержневых систем (3 часа).**

### **Тема 7. Анализ геометрической структуры стержневых систем (1 час).**

Понятие диска, кинематической связи, кинематической цепи, степени свободы сооружения. Формулы подсчета степени свободы сооружения. Условие геометрической неизменяемости сооружения. Анализ геометрической структуры сооружения. Правила образования жестких дисков.

### **Тема 8. Особенности расчета отдельных классов стержневых сооружений на неподвижную и подвижную нагрузки (1 час).**

*Фермы.* Элементы и типы ферм. Классификация ферм. Способы вычисления усилий в стержнях ферм. Усилия рабочего состояния в стержнях ферм и оценка прочности стержней ферм.

*Балки.* Элементы и типы балок. Классификация балок. Расчет простых балок. Расчет шарнирно-консольных балок. Нахождение усилий рабочего состояния в шарнирно-консольных балках. Построение объемлющих эпюр в шарнирно-

консольных балках.

*Рамы и арки.* Особенности работы, элементы и типы рам и арок. Классификация рам и арок. Составление оптимального плана расчета статически определимых рам. Определение внутренних усилий в рамах и арках от заданной нагрузки. Расчет трехшарнирных арок на вертикальную нагрузку.

**Тема 9. Нахождение перемещений в статически определимых системах (1 час).**

Обозначения перемещений. Формула Максвелла-Мора для определения перемещений в стержневых системах. Техника вычисления интеграла Мора. Формула Симпсона, правило Верещагина.

### **Раздел 3. Расчет статически неопределимых стержневых систем (9 часов).**

**Тема 10. Классические методы расчета статически неопределимых систем (5 часов)**

Понятие о статически неопределимых системах. Свойства статически неопределимых систем. Основные методы решения задач строительной механики.

*Расчет статически неопределимых систем методом сил.* Идея метода сил. Канонические уравнения метода сил. Свойства системы канонических уравнений метода сил. Порядок расчета статически неопределимых систем методом сил. Задачи расчета сложных статически неопределимых систем методом сил. Основная задача расчета сложных СНС. Приемы выбора рациональной основной системы. Локализация эпюр. Учет симметрии системы. Группировка неизвестных. Рациональная расстановка шарниров. Получение ортогональных эпюр с помощью нескольких основных систем (конструирование ортогональных эпюр).

*Расчет статически неопределимых систем методом перемещений.* Допущения и неизвестные метода перемещений. Идея метода перемещений. Система канонических уравнений МП. Определение коэффициентов СКУ МП. Проверки хода расчета и окончательных усилий в МП. Порядок расчета СНС МП.

*Расчёт статически неопределимых систем комбинированным и смешанным способами.* Производные от основных методов строительной механики: смешанный и комбинированный методы. Смешанный метод расчета СНС. Область применения смешанного метода. Система канонических уравнений смешанного метода. Коэффициенты СКУ смешанного метода и их проверки. Порядок расчета сложных статически неопределимых систем смешанным методом. Комбинированный метод

расчета СНС. Области применения комбинированного метода. Порядок расчёта сложных статически неопределимых систем комбинированным методом. Расчет симметричных систем комбинированным методом.

### **Тема 11. Использование ЭВМ в расчетах сооружений (4 часа)**

*Матричная форма метода перемещений расчета стержневых систем (матричный метод перемещений).* Статическая матрица (уравнения равновесия). Деформационная матрица (связь деформаций и перемещений). Матрица податливости и матрица внутренней жёсткости (закон Гука).

*Метод конечных элементов в расчетах сооружений.* Понятие о методе конечных элементов. Общий алгоритм статического расчета МКЭ. Основные этапы статического расчета сооружений МКЭ. Применение ЭВМ в расчетах сооружений.

## **II. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ПРАКТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА И САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ**

### **II.1. Практические занятия (54 часа)**

#### **Раздел 1. Концепция сил в строительной механике (16 часов)**

**Занятие 1.** *Основы концепции сил в оценке прочности (2 часа).* Решение основных практических задач для заданных сооружений. Вычисление характеристик рабочего состояния. Характеристика предельного состояния. Опорная база условия прочности сооружения. Схема оценки прочности сооружения. Уровни оценки прочности: по нагрузке, по внутренним усилиям, по напряжениям. Решение практических задач теории сооружений.

**Занятие 2.** *Проблема внешних сил (4 часа).* Нагрузки рабочего и предельного состояний. Гравитационная среда. Боковая нагрузка от несвязных сред. Аэродинамическая ветровая нагрузка. Нормативная и расчетная нагрузки (нагрузки рабочего состояния). Решение задач по определению нагрузки от действия собственного веса, давления на подпорную стенку, воздействию ветра на сооружение. Сбор нагрузки.

**Занятие 3.** *Проблема внутренних сил. Напряжения (2 часа).* Дифференциальные характеристики внутренних связей. Напряжения. Соотношения между напряжениями на различных площадках. Главные напряжения. Уравнения равновесия. Физические соотношения. Геометрические уравнения.

**Занятие 4.** *Проблема внутренних сил. Внутренние усилия (4 часа).* Геометрические допущения инженерных методов. Внутренние усилия. Осевое растяжение Чистый изгиб. Сдвиг (срез). Кручение круглого стержня. Поперечный изгиб. Изгиб стержня в плоскости  $zoх$ . Изгиб в двух плоскостях ( $zoх$  и  $zoу$ ). Сдвиг с кручением Изгиб в плоскости  $zoу$  с кручением. Стати-

ческий способ определения внутренних усилий. Решение задач на нахождение внутренних усилий. Определение напряжений по внутренним усилиям.

**Занятие 5.** *Оценка эксплуатационных качеств сооружений по силовым характеристикам внутренних связей (2 часа).*

Центрально нагруженный стержень. Кручение круглого стержня. Поперечный изгиб призматического стержня. Критерии (теории) прочности. Критерий наибольших нормальных напряжений. Критерий наибольших линейных деформаций. Критерий наибольших касательных напряжений. Энергетический критерий. Примеры оценки прочности.

**Занятие 6.** *Классификация сооружений (2 часа).*

Примеры сооружений с растянутыми и сжатыми элементами. Примеры сооружений с изгибаемыми элементами. Примеры сооружений с элементами, работающими на растяжение-сжатие с изгибом.

## **Раздел 2. Расчет статически определимых стержневых систем (14 часов).**

**Занятие 7.** *Анализ геометрической структуры стержневых систем (2 часа).*

Формулы подсчета степени свободы сооружения. Примеры на определение степени свободы сооружения. Условие геометрической неизменяемости сооружения. Анализ геометрической структуры сооружения с помощью правил образования жестких дисков. Решение задач по анализу геометрической структуры сооружения

**Занятие 8.** *Особенности расчета отдельных классов стержневых сооружений на неподвижную и подвижную нагрузки (12 час).*

*Фермы (2 часа).* Способы вычисления усилий в стержнях ферм. Метод сечений и метод моментных точек. Расчет ферм на отдельные нагрузки. Определение усилий рабочего состояния в стержнях ферм и подбор сечений элементов ферм.

*Балки (2 часа).* Расчет простых балок. Расчет шарнирно-консольных балок. Построение линий влияния в балках. Нахождение усилий рабочего состояния в шарнирно-консольных балках. Построение объемлющих эпюр в шарнирно-консольных балках.

*Рамы и арки (4 часов).* Составление оптимального плана расчета статически определимых рам. Решение задач по определению внутренних усилий в рамах. Расчет трехшарнирной арки на вертикальную нагрузку.

**Занятие 9.** *Нахождение перемещений в статически определимых системах (4 часа).*

Формула Максвелла-Мора для определения перемещений в стержневых системах. Техника вычисления интеграла Мора. Формула Симпсона, правило

Верещагина. Решение задач по нахождению перемещений в рамах. Построение схемы изогнутой оси.

### **Раздел 3. Расчет статически неопределимых стержневых систем (24 часа).**

**Занятие 10.** *Классические методы расчета статически неопределимых систем (16 часов).*

*Расчет статически неопределимых систем методом сил (6 часов).* Канонические уравнения метода сил. Свойства системы канонических уравнений метода сил. Порядок расчета статически неопределимых систем методом сил. Решение задач расчета статически неопределимых балок и рам. Задачи расчета сложных статически неопределимых систем методом сил. Локализация эпюр. Учет симметрии системы. Группировка неизвестных. Решение задач расчета сложных статически неопределимых рам методом сил. Конструирование ортогональных эпюр для расчета сложной статически неопределимой рамы.

*Расчет статически неопределимых систем методом перемещений (4 часа).* Система канонических уравнений метода перемещений. Нахождение коэффициентов системы канонических уравнений метода перемещений. Порядок расчета СНС МП. Расчет статически неопределимой рамы методом перемещений.

*Расчёт статически неопределимых систем смешанным методом (2 часа).* Смешанный метод расчета СНС. Область применения смешанного метода. Система канонических уравнений смешанного метода. Коэффициенты СКУ смешанного метода и их проверки. Порядок расчета сложных статически неопределимых систем смешанным методом. Расчет сложной рамы смешанным методом.

*Расчёт статически неопределимых систем комбинированным методом (4 часа).* Комбинированный метод расчета СНС. Области применения комбинированного метода. Порядок расчёта сложных статически неопределимых систем комбинированным методом. Расчет сложной рамы комбинированным методом двумя вариантами. Расчет симметричных систем комбинированным методом.

**Занятие 11.** *Использование ЭВМ в расчетах сооружений (8 часов).*

Понятие о методе конечных элементов. Общий алгоритм статического расчета МКЭ. Основные этапы статического расчета сооружений МКЭ. Применение ЭВМ в расчетах сооружений. Расчет поперечника промздания в стальном и железобетонном вариантах с помощью ПВК СКАД. Расчет одноэтажного и

многоэтажного здания в ПК СКАД с проверкой прочности несущих конструкций и подбором сечений.

## **II.2. Самостоятельная работа обучающихся (36 часов)**

**Характеристика задания по самостоятельной работе для обучающихся.**

**Название:** Расчет сложной статически неопределимой рамы смешанным и комбинированным методами

**Цель работы:** Формирование навыков расчета сооружений смешанным и комбинированными методами, анализа результатов расчетов.

**Содержание работы, задания и исходная информация.**

Для заданной сложной статически неопределимой рамы необходимо:

- проанализировать расчетную схему;
- выбрать методы расчета;
- образовать основную систему смешанного метода для расчета на заданную нагрузку;
- решить задачу с использованием всех возможностей смешанного метода (построить окончательные эпюры  $M, Q, N$ );
- применить к расчету заданной рамы комбинированный метод в двух вариантах: на первом этапе метод сил (МС), на заключительном – метод перемещений (МП) и наоборот – первый этап МП, заключительный – МС;
- проанализировать трудоемкость расчета задачи двумя методами и сделать выводы.

Для расчета предлагаются расчетные схемы сложной статически неопределимой рамы.

## **III. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ**

Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся по дисциплине «Теория сооружений» представлено в приложении 1 и включает в себя:

- план-график выполнения самостоятельной работы по дисциплине, в том числе, примерные нормы времени на выполнение по каждому разделу работы;
- характеристика задания самостоятельной работы обучающихся и методические рекомендации по ее выполнению;
- требования к представлению и оформлению результатов самостоятельной работы;
- критерии оценки выполнения самостоятельной работы.

#### IV. КОНТРОЛЬ ДОСТИЖЕНИЯ ЦЕЛЕЙ КУРСА

№ п/п	Контролируемые разделы / темы дисциплины	Код и наименование индикатора достижения	Результаты обучения	Оценочные средства	
				текущий контроль	промежуточная аттестация
1	Раздел 1. Концепция сил в строительной механике	ПК - 4.1 Моделирование и расчётный анализ конструкций для проектных целей и обоснования надёжности и безопасности объектов капитального строительства	Знает как выбрать методику выполнения расчётного обоснования проектных решений зданий, сооружений промышленного и гражданского назначения, метод расчета несущих конструкций сооружений	УО-1 устный опрос	Вопросы к экзамену 1-11
			Умеет выбрать методику выполнения расчётного обоснования проектных решений зданий, сооружений промышленного и гражданского назначения, метод расчета несущих конструкций сооружений		
			Владеет навыками расчета сооружений и анализом конструкций для проектных целей и обоснования надёжности и безопасности объектов капитального строительства		
2	Раздел 2. Расчет статически определимых стержневых систем	ПК - 4.1 Моделирование и расчётный анализ конструкций для проектных целей и обоснования надёжности и безопасности объектов капитального строительства ПК - 4.2 Создание конструкций в качестве компонентов для проектной информационной модели	Знает как выбрать методику выполнения расчётного обоснования проектных решений зданий, сооружений промышленного и гражданского назначения, метод расчета несущих конструкций сооружений; как выполнять расчёты строительных конструкций зданий, сооружений промышленного и гражданского назначения по заданным методикам	УО-1 устный опрос,	Вопросы к экзамену 12-22
			Умеет выбрать методику выполнения расчётного обоснования проектных решений зданий, сооружений промышленного и гражданского назначения, метод расчета несущих конструкций сооружений; выполнять расчёты строительных конструкций зданий, сооружений промышленного и гражданского		

			<p>назначения по заданным методикам</p> <p>Владеет навыками расчета сооружений и анализом конструкций для проектных целей и обоснования надёжности и безопасности объектов капитального строительства;</p> <p>методами создания конструкций в качестве компонентов для проектной информационной модели</p>		
3	<p>Раздел 3. Расчет статически неопределимых стержневых систем</p>	<p>ПК - 4.1 Моделирование и расчётный анализ конструкций для проектных целей и обоснования надёжности и безопасности объектов капитального строительства</p> <p>ПК - 4.3 Автоматизация и сопровождение решения задач формирования, анализа и передачи данных об объекте капитального строительства средствами информационного моделирования</p>	<p>Знает как выбрать методику выполнения расчётного обоснования проектных решений зданий, сооружений промышленного и гражданского назначения, метод расчета несущих конструкций сооружений;</p> <p>как применять прикладное программное обеспечение для выполнения численного моделирования и расчётного обоснования проектных решений</p> <p>Умеет применять прикладное программное обеспечение для выполнения численного моделирования и расчётного обоснования проектных решений;</p> <p>применять прикладное программное обеспечение для выполнения численного моделирования и расчётного обоснования проектных решений с использованием современных проектно-вычислительных комплексов</p> <p>Владеет навыками расчета сооружений и анализом конструкций для проектных целей и обоснования надёжности и безопасности объектов капитального строительства;</p> <p>навыками расчета сооружений и анализом конструкций для проектных целей и обоснования надёжности и безопасности объектов капитального строительства;</p>	<p>УО-1 устный опрос, ПР-12 расчетно-проектировочная самостоятельная работа</p>	<p>Вопросы к экзамену 23-61</p>

Типовые контрольные задания, методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности, а также качественные критерии оценивания, которые описывают уровень достижения компетенций, представлены в разделе VI и приложении 1.

## **V. СПИСОК УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ И ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **Основная литература**

1. Строительная механика. Шапошников Н. Н., Кристалинский Р. Х., Дарков А. В.– М.: Изд-во Лань. 2018 г. 692 с. ЭК НБ ДВФУ: <https://e.lanbook.com/book/105987>

2. Анохин Н.Н. Строительная механика в примерах и задачах. Ч. III. – М. – АСВ. 2018. 344 с. Режим доступа:

<http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785432301741.html>

3. Курс теории сооружений. Строительная механика: в 3 частях : учебное пособие Ч. 1 / А. А. Стоценко, С. И. Доценко, Т. Ченз, С. Рудченко ; [под редакцией А. А. Стоценко] ; Дальневосточный государственный технический университет. 1994. 177 с. ЭК НБ ДВФУ:

<https://lib.dvfu.ru/lib/item?id=chamo:373382&theme=FEFU>

4. Курс теории сооружений. Строительная механика: учебник для строительных специальностей В 3 ч.: Ч. 1 . Теория сооружений в инженерном деле: раздел 2: Классификация, рабочее состояние и оценка прочности сооружений / А. А. Стоценко, С. И. Доценко, Н. М. Мальков [и другие]; [под редакцией А. А. Стоценко], Владивосток: Изд-во Дальневосточного технического университета, 2001. 215 с. ЭК НБ ДВФУ:

<https://lib.dvfu.ru/lib/item?id=chamo:400145&theme=FEFU>

### **Дополнительная литература**

1. Тухфатуллин, Б. А. Численные методы расчета строительных конструкций. Метод конечных элементов: учебное пособие для вузов / Б. А. Тухфатуллин. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2020. — 157 с. <https://lib.dvfu.ru/lib/item?id=Urait:Urait-455848&theme=FEFU>

2. Трушин, С. И. Строительная механика: метод конечных элементов: учеб. пособие / С.И. Трушин. — Москва: ИНФРА-М, 2017. — 305 с.

<https://lib.dvfu.ru/lib/item?id=Znanium:Znanium-970907&theme=FEFU>

3. Строительная механика. Компьютерные технологии и моделирование: учебник для вузов / В. А. Баженов, А. В. Перельмутер, О. В. Шишов ; под общ. ред. В. А. Баженова. Москва: СКАД СОФТ: Изд-во Ассоциации строительных вузов, 2014. 911 с.

<https://lib.dvfu.ru/lib/item?id=chamo:775659&theme=FEFU>

4. СП 20.13330.2016 Нагрузки и воздействия. - М.:Стандартинформ, 2019 год; М. <https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4293747/4293747667.pdf>

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

1. Научная электронная библиотека НЭБ  
<http://elibrary.ru/querybox.asp?scope=newquery>
2. Электронно-библиотечная система издательства «Лань»  
<http://e.lanbook.com/>
3. ЭБС «Консультант студента»  
<http://www.studentlibrary.ru/>
4. ЭБС znanium.com НИЦ «ИНФРА-М»  
<http://znanium.com/>
5. Научная библиотека ДВФУ публичный онлайн каталог  
<http://lib.dvfu.ru:8080/search/query?theme=FEFU>
6. Информационная система ЕДИНОЕ ОКНО доступа к образовательным ресурсам  
<http://window.edu.ru/resource>

### **Перечень информационных технологий и программного обеспечения**

В процессе изучения дисциплины «Теория сооружений» магистранты активно используют следующие прикладные программные документы:

AUTOCAD –автоматизированная система проектирования;

SCAD – автоматизированная система для расчёта строительных конструкций.

## **VI. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ**

**Планирование и организация времени, отведенного на изучение дисциплины.** Приступить к освоению дисциплины следует незамедлительно в самом начале учебного семестра. Рекомендуется изучить структуру и основные положения Рабочей программы дисциплины. Обратит внимание, что кроме аудиторной работы (лекции, практические занятия) планируется самостоятельная работа, итоги которой влияют на окончательную оценку по итогам освоения учебной дисциплины. Все задания (аудиторные и самостоятельные) необходимо выполнять и предоставлять на оценку в соответствии с графиком.

В процессе изучения материалов учебного курса предлагаются следующие формы работ: чтение лекций, лабораторные занятия, практические занятия, задания для самостоятельной работы.

*Лекционные занятия* ориентированы на освещение вводных тем в каждый раздел курса и призваны ориентировать студентов в предлагаемом материале, заложить научные и методологические основы для дальнейшей самостоятельной работы студентов.

В процессе освоения теоретического материала дисциплины необходимо вести конспект лекций и добавлять к лекционному материалу информацию, полученную из рекомендуемой литературы.

При этом желательно проводить анализ полученной дополнительной информации и информации лекционной, анализировать существенные дополнения, возможно на следующей лекции ставить вопросы, связанные с дополнительными знаниями.

*Практические занятия* акцентированы на наиболее принципиальных и проблемных вопросах курса и призваны стимулировать выработку практических умений.

Особо значимой для профессиональной подготовки студентов является *самостоятельная работа* по курсу. В ходе этой работы студенты отбирают необходимый материал по изучаемому вопросу и анализируют его. Студентам необходимо ознакомиться с основными источниками, без которых невозможно полноценное понимание проблематики курса.

Освоение курса способствует развитию навыков обоснованных и самостоятельных оценок фактов и концепций. Поэтому во всех формах контроля знаний, особенно при сдаче экзамена, внимание обращается на понимание проблематики курса, на умение практически применять знания и делать выводы.

**Работа с литературой.** Рекомендуется использовать различные возможности работы с литературой: фонды научной библиотеки ДВФУ и электронные библиотеки (<http://www.dvfu.ru/library/>), а также доступные для использования другие научно-библиотечные системы.

**Подготовка к экзамену.** К сдаче экзамена допускаются обучающиеся, выполнившие все самостоятельные задания, предусмотренные учебной программой дисциплины, посетившие не менее 85% аудиторных занятий. Рекомендации по подготовке к экзамену: на зачётной неделе необходимо иметь полный конспект лекций и проработанные практические занятия. Перечень вопросов к экзамену помещён в фонде оценочных средств (приложение 2), поэтому подготовиться к сдаче экзамена лучше систематически,

## VII. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Учебные занятия по дисциплине проводятся в помещениях, оснащенных соответствующим оборудованием и программным обеспечением.

Перечень материально-технического и программного обеспечения дисциплины приведен в таблице.

### Материально-техническое и программное обеспечение дисциплины

Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения. Реквизиты подтверждающего документа
690922, Приморский край, г. Владивосток, остров Русский, полуостров Саперный, поселок Аякс, 10, корпус Е, ауд. Е 709.. Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации	Помещение укомплектовано специализированной учебной мебелью (посадочных мест – 20) Оборудование: Моноблок Lenovo C360G-i34164G500UDK – 20 шт. Интегрированный сенсорный дисплей Polymedia FlipBox -	<b>AUTOCAD</b> –автоматизированная система проектирования; <b>SCAD</b> – автоматизированная система для расчёта строительных конструкций.

## VIII. ФОНДЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

Фонды оценочных средств включают: перечень форм оценивания, применяемых на различных этапах формирования компетенций в ходе освоения дисциплины модуля, шкалу оценивания каждой формы, с описанием индикаторов достижения освоения дисциплины согласно заявленным компетенций, примеры заданий текущего и промежуточного контроля. Фонды оценочных средств размещены в приложении 2.



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования

«Дальневосточный федеральный университет»  
(ДФУ)

---

---

ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (ШКОЛА)

**УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ  
РАБОТЫ СТУДЕНТОВ**

*Теория сооружений*

**Направление подготовки 08.04.01 Строительство**

Программа «Технологии информационного моделирования в строительстве»

Форма подготовки *очная*

**Владивосток  
2021**

## План-график выполнения самостоятельной работы по дисциплине

№ п/п	Дата/сроки выполнения	Вид самостоятельной работы	Примерные нормы времени на выполнение	Форма контроля
1	В течение семестра	Работа с теоретическим материалом	18 часов	УО-1
2	В течение семестра	Выполнение расчетно-проектировочной самостоятельной работы	18 часов	ПР-12
4	Зачётная неделя	Подготовка к экзамену	36 час	Экзамен

### Методические указания к выполнению самостоятельной работы

#### **Название: Расчет сложной статически неопределимой рамы смешанным и комбинированным методами**

1. *Анализируем расчетную схему рамы.* При анализе расчетной схемы заданной рамы, можно выделить две части схемы: в одной много связей и мало перемещений, а в другой части наоборот мало связей, но много перемещений. следовательно.

2. *Выбираем методы расчета.* В результате анализа расчетной схемы рамы можно сделать вывод, что для расчета подходят смешанный и комбинированный метод. Вначале применяем смешанный метод.

3. *Образуем основную систему смешанного метода для расчета на заданную нагрузку.* В части рамы, где мало связей, выбираем какие из них можно отбросить и прикладываем неизвестные метода сил по направлению отброшенных связей. В части рамы, где мало перемещений узлов, накладываем связи, устраняющие возможные перемещения.

4. *Рассчитываем раму смешанным методом с использованием всех его возможностей.* Составляем эквивалентное состояние смешанного метода: к основной системе (ОС) прикладываем неизвестные, нагрузку и записываем систему канонических уравнений (СКУ) смешанного метода. Строим эпюры от действия единичных неизвестных и нагрузки в ОС отдельно. Находим коэффициенты СКУ и проверяем их. Решаем СКУ смешанного метода, находим неизвестные и проверяем правильность их нахождения. Строим окончательную эпюру моментов в заданной раме суммируя «исправленные» эпюры

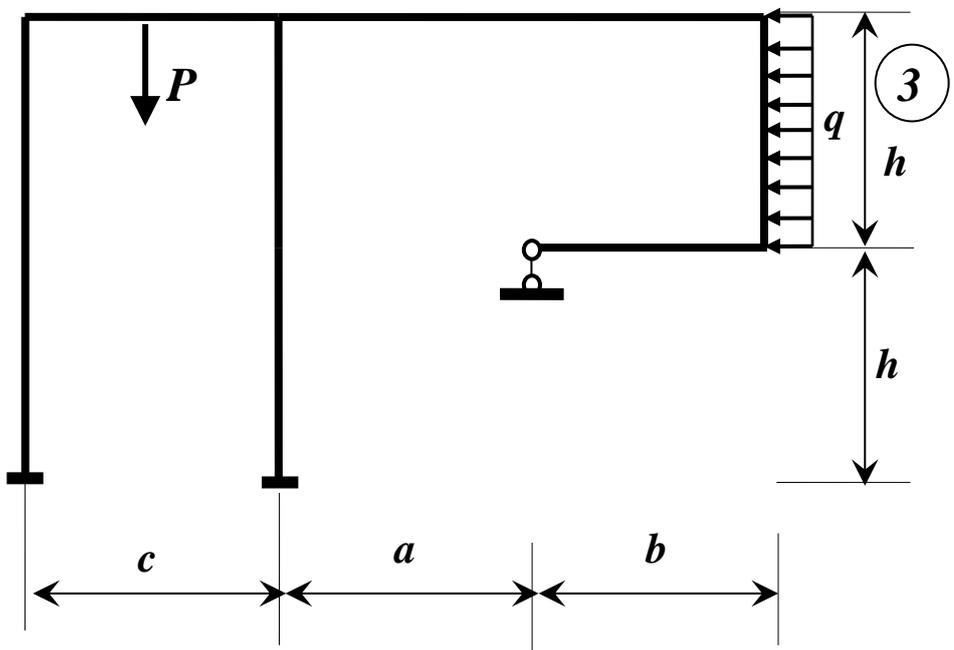
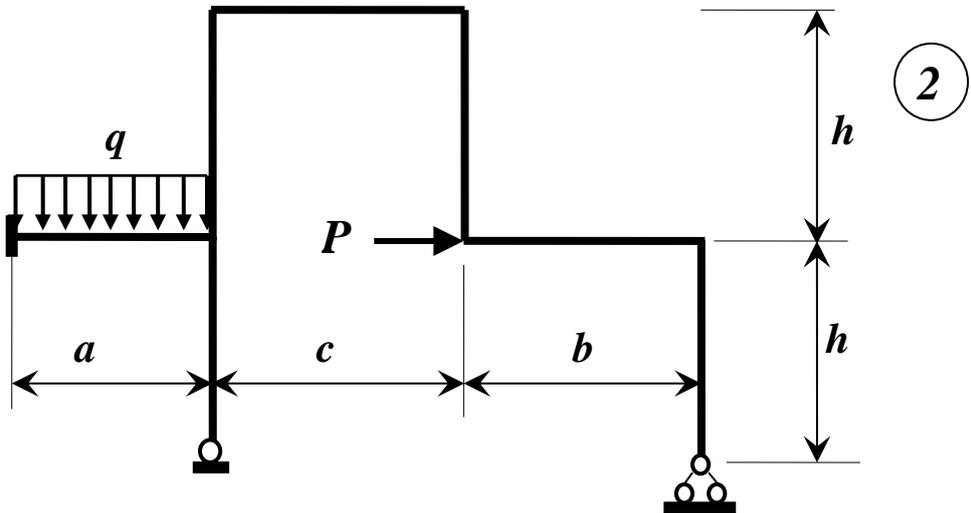
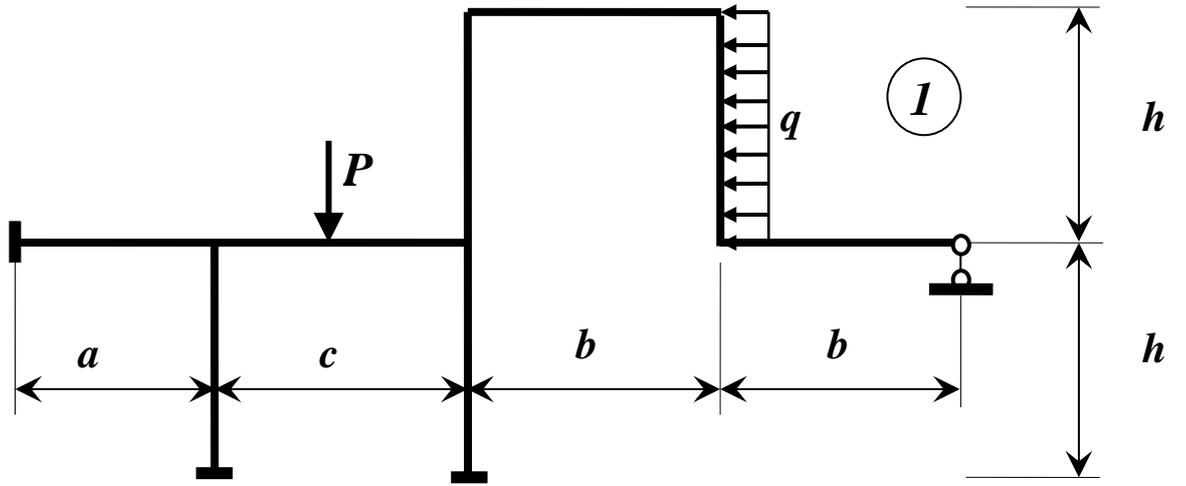
моментов от неизвестных и грузовую эпюру построенные в ОС. Выполняем статическую и кинематическую проверки правильности построения окончательной эпюры моментов. Строим окончательные эпюры поперечных и продольных сил и проверяем правильность построения всех эпюр.

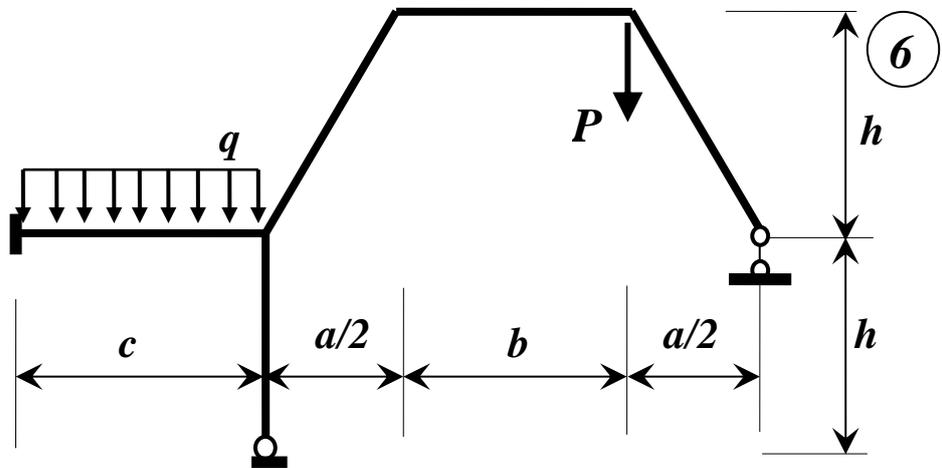
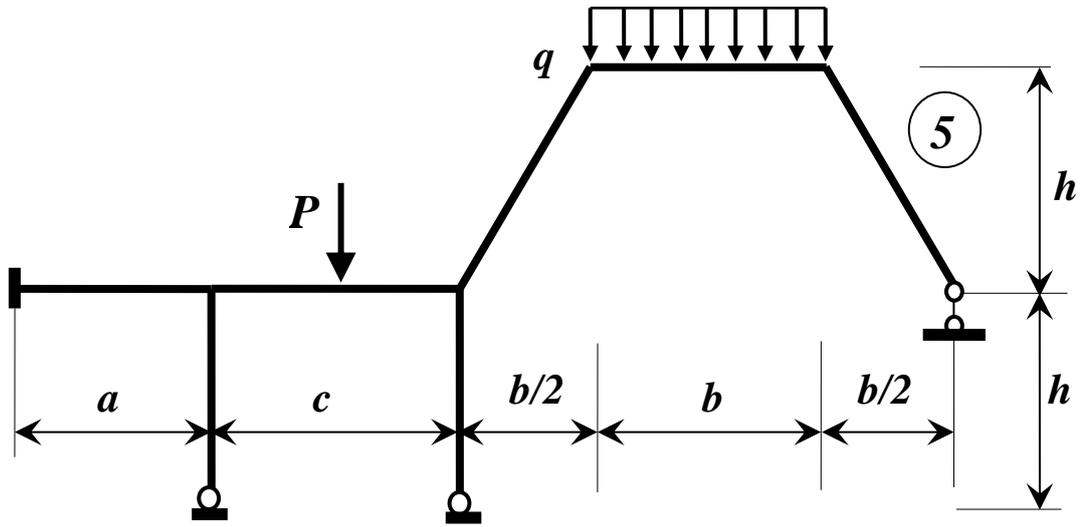
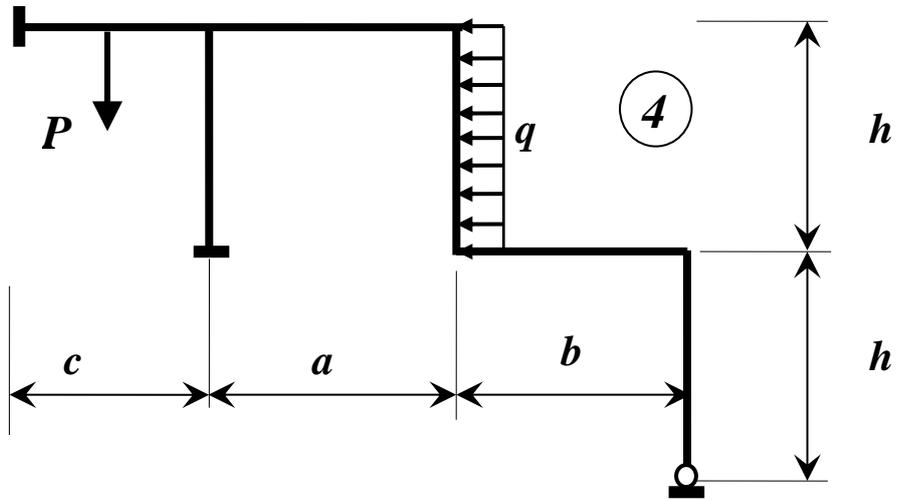
5. *Рассчитываем заданную раму комбинированным способом в двух вариантах.* Выбираем на заключительном этапе расчета метод перемещений (МП), образуем основную систему МП, в которой есть нестандартные элементы. На первом этапе рассчитываем нестандартные элементы методом сил (МС) на действие единичных неизвестных МП и нагрузки. На втором этапе расчета строим эпюры в ОС МП от единичных неизвестных и нагрузки отдельно, используя эпюры в стандартных и нестандартных элементах МП. Находим коэффициенты СКУ МП и проверяем правильность их нахождения. Решаем СКУ МП, находим неизвестные и проверяем их. Строим окончательную эпюру моментов, проверяем ее, строим окончательные эпюры поперечных и продольных сил и проверяем правильность построения всех эпюр. Выбираем на заключительном этапе расчета МС, образуем статически неопределимую ОС МС. На первом этапе расчета рассчитываем статически неопределимую часть ОС МС методом перемещений на действие единичных усилий, прикладываемых со стороны статически определимой части ОС МС. Полученные окончательные эпюры МП используем для расчета на втором этапе методом сил, для построения единичных эпюр и эпюры от нагрузки в статически неопределимой ОС МС. Дальнейший расчет выполняется методом сил до получения окончательных эпюр моментов, поперечных и продольных сил в заданной раме.

6. *Анализируем трудоемкость расчета задачи двумя методами и делаем выводы.* Сравниваем, во-первых, трудоемкость расчета разными вариантами комбинированного метода, выбираем лучший вариант. Во вторых, сравниваем трудоемкость расчета комбинированным методом и смешанным методом и выбираем из них лучший.

#### **Варианты заданий для самостоятельной работы**

<i>Вариант</i>	<i>a (м)</i>	<i>b (м)</i>	<i>c (м)</i>	<i>h (м)</i>	<i>P</i>	<i>Момент инерции</i>
<b>1</b>	<b>8</b>	<b>6</b>	<b>4</b>	<b>6</b>	<b>P</b>	<b>J</b>
<b>2</b>	<b>5</b>	<b>8</b>	<b>3</b>	<b>8</b>	<b>2P</b>	<b>J</b>
<b>3</b>	<b>4</b>	<b>6</b>	<b>4</b>	<b>6</b>	<b>3P</b>	<b>J</b>
<b>4</b>	<b>6</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>4</b>	<b>2P</b>	<b>J</b>
<b>5</b>	<b>6</b>	<b>5</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>P</b>	<b>J</b>





## **Требования к представлению и оформлению результатов самостоятельной работы.**

Работа выполняется в соответствии с Положением об оформлении письменных работ в ДВФУ.

### **Критерии оценки самостоятельной работы**

<b>Оценка</b>	<b>Требования</b>
<i>«зачтено»</i>	Магистрант выполнил самостоятельную работу в полном объёме с соблюдением необходимой последовательности этапов проведения работы, самостоятельно выполняет все этапы работы, может допускать несущественные ошибки, которые самостоятельно исправляет после замечаний преподавателя.
<i>«не зачтено»</i>	Магистрант выполнил работу не полностью, в ходе выполнения этапов работы допускает грубые ошибки, которые не может исправить. Самостоятельная работа не выполнена.



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

---

ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (ШКОЛА)

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**

*Теория сооружений*

**Направление подготовки 08.04.01 Строительство**

Программа «Технологии информационного моделирования в строительстве»

Форма подготовки *очная*

**Владивосток**

**2021**

Для дисциплины «Теория сооружений» используются следующие оценочные средства:

Устный опрос:

1. Собеседование (УО-1)

Письменные работы:

1. Расчетно-проектировочная самостоятельная работа (ПР-12)

### **Устный опрос**

Устный опрос позволяет оценить знания и кругозор магистранта, умение логически построить ответ, владение монологической речью и иные коммуникативные навыки.

Обучающая функция состоит в выявлении деталей, которые по каким-то причинам оказались недостаточно осмысленными в ходе учебных занятий и при подготовке к зачёту.

Собеседование (УО-1) – средство контроля, организованное как специальная беседа преподавателя с магистрантом на темы, связанные с изучаемой дисциплиной, и рассчитанное на выяснение объема знаний обучающегося по определенному разделу, теме, проблеме и т.п.

### **Письменные работы**

Письменный ответ приучает к точности, лаконичности, связности изложения мысли. Письменная проверка используется во всех видах контроля и осуществляется как в аудиторной, так и во внеаудиторной работе.

Расчетно-проектировочная самостоятельная работа (ПР-12) – средство проверки умений применять полученные знания по заранее определенной методике для решения задач или заданий по модулю или дисциплине.

## **Методические рекомендации, определяющие процедуры оценивания результатов освоения дисциплины**

### **Оценочные средства для промежуточной аттестации**

Промежуточная аттестация студентов по дисциплине «Динамика и устойчивость сооружений» проводится в соответствии с локальными нормативными актами ДВФУ и является обязательной. Форма отчётности по дисциплине – экзамен (1курс, осенний семестр). Экзамен по дисциплине включает ответы на теоретический вопрос и решение практической задачи, на выбор метода расчета сложной статически неопределимой рамы.

## Методические указания по сдаче экзамена

Экзамен принимается ведущим преподавателем. Форма проведения экзамена (устная, письменная и др.) утверждается на заседании кафедры по согласованию с руководителем в соответствии с рабочей программой дисциплины.

Во время проведения экзамена магистранты не могут пользоваться телефоном и шпаргалками.

На экзамен запускается сразу 8 экзаменуемых. Время, предоставляемое магистранту на подготовку к ответу на теоретический вопрос, должно составлять не более 15 минут. По истечении данного времени он должен быть готов к ответу. После ответа на теоретические вопросы магистрант выполняет практическое задание и в аудиторию приглашается следующий магистрант. Общее время продолжения экзамена определяется количеством экзаменуемых, умноженное на 20 минут.

Присутствие на зачете посторонних лиц (кроме лиц, осуществляющих проверку) без разрешения соответствующих лиц (ректора либо проректора по учебной и воспитательной работе, директора Школы, руководителя ОПОП или заведующего кафедрой), не допускается. Инвалиды и лица с ограниченными возможностями здоровья, не имеющие возможности самостоятельного передвижения, допускаются зачет с сопровождающими.

При промежуточной аттестации обучающимся устанавливается оценки «отлично», «хорошо», «удовлетворительно» и «неудовлетворительно».

В зачетную книжку студента вносится только запись первых трех оценок, запись «неудовлетворительно» вносится только в экзаменационную ведомость. При неявке студента на экзамен в ведомости делается запись «не явился».

### Вопросы к экзамену

1. Предмет и задачи теории сооружений (строительной механики)? Что составляет основу концепции сил в оценке прочности сооружений?

2. Что называется нагрузкой, действующей на сооружение, и какие виды нагрузки Вы знаете? Что называется «внутренними усилиями» в каком-либо сечении стержня, какие виды внутренних усилий Вы знаете?

3. Представьте наглядно, что такое напряжение. Каковы соотношения между напряжениями на различных площадках. Какие напряжения называются главными?

4. Запишите уравнения равновесия в напряжениях. Что собой представляют физические соотношения для изотропного тела? Как связаны между собой деформации и перемещения?

5. На чем основаны инженерные методы оценки напряженно деформи-

рованного состояния сооружений? Какие гипотезы упрощающие решение задач оценки прочности сооружений Вы знаете?

6. Какие простые виды напряженно-деформированного состояния стержня вы знаете? Выведите зависимости между напряжениями и внутренними усилиями для центрально нагруженного и изгибаемого призматического бруса.

7. Какие критерии оценки прочности Вы знаете? Приведите наиболее известные такие критерии.

8. Каков основной признак классификации сооружений? Приведите классификацию сооружений в соответствии с этим признаком.

9. Какие сооружения с элементами, работающими на центральное растяжение-сжатие, Вы знаете? Какое сооружение называется фермой?

10. Какие сооружения с элементами, работающими на изгиб, Вы знаете? Какое сооружение называется балкой?

11. Какие сооружения с элементами, работающими на внецентренное растяжение-сжатие, Вы знаете? Какое сооружение называется рамой, аркой?

12. Покажите на примерах элементы и типы ферм. Какова расчетная модель фермы при определении внутренних усилий в ее стержнях?

13. Какие Вы знаете способы нахождения усилий в стержнях ферм? На чем они основаны? Покажите на примере как использовать тот или иной способ.

14. Покажите на примере как можно проанализировать геометрическую структуру фермы? На чем основан этот анализ?

15. Покажите, как находятся усилия рабочего состояния в фермах?

16. Какие типы балок и плит Вы знаете? Что Вы знаете об истории развития методов расчета этих сооружений?

17. Как рассчитываются шарнирно-консольные балки на постоянную и временную нагрузку?

18. Приведите примеры типов рам и арок и назовите их элементы. Как можно проанализировать геометрическую структуру таких сооружений?

19. Покажите на примерах порядок расчета статически определимых рам. Какие принципы используются для построения оптимальной схемы расчета таких сооружений?

20. Покажите, как рассчитываются трехшарнирные арки на вертикальную нагрузку.

21. Что называется перемещением какой-либо точки (сечения) сооружения? Как можно найти перемещение?

22. По какой формуле находятся перемещения в статически определимых системах? Что входит в эту формулу? Какие упрощения этой формулы Вы знаете? Приведите порядок нахождения перемещений.

23. Какие Вы знаете методы решения задач в строительной механике? Каково их отличие друг от друга?

24. В чем заключается идея расчета статически неопределимых систем методом сил? Каков порядок расчета таких систем методом сил?

25. Какие формы и частоты свободных колебаний систем с конечным числом степеней свободы называются собственными, какими свойством они обладают?

26. Что выражает уравнение метода сил? Сколько можно составить основных систем метода сил для сооружения? Что называется эквивалентным состоянием в методе сил?

27. Каков порядок системы канонических уравнений метода сил? Когда мы можем записать систему канонических уравнений метода сил? Что собой представляют коэффициенты СКУ МС?

28. Каковы свойства системы канонических уравнений метода сил? Сформулируйте порядок расчета СНС МС? Какие Вы знаете проверки хода расчета СНС МС?

29. Какие проверки правильности построения окончательной эпюры моментов Вы знаете? Как надо выполнять кинематическую проверку правильности построения окончательной эпюры моментов?

30. Какие статически неопределимые системы называют сложными и почему? Какие трудности возникают при расчете сложных СНС? Как эти трудности можно уменьшить?

31. Как можно сформулировать основную задачу расчета сложных СНС? Какие приемы выбора основной системы метода сил Вы знаете?

32. Какие эпюры называют ортогональными и почему? Какие эпюры называют локальными и почему? В чем заключается прием локализации эпюр? Для каких систем можно применить прием локализации?

33. В чем заключается прием образования рациональной системы в методе сил с помощью учета симметрии?

34. Можно ли при расчете СНС МС использовать несколько ОС? Если да, то почему? В чем заключается прием конструирования эпюр?

35. Какое обязательное условие надо соблюдать при конструировании эпюр? Как строится окончательная эпюра моментов при использовании приема конструирования эпюр?

36. Как подсчитывается количество неизвестных МП? Как образуется ОС МП? В чем состоит идея метода перемещений?

37. Что выражает уравнение метода перемещений? Сколько можно составить основных систем метода перемещений для сооружения? Что называется системой канонических уравнений МП? Каковы свойства СКУ МП?

38. Что называется эквивалентным состоянием в МП? Как строятся эпюры в МП? Как определяются коэффициенты СКУ в методе перемещений?

39. Каким образом получены стандартные эпюры МП? Как посчитываются коэффициенты СКУ МП? Как можно проверить правильность нахождения коэффициентов СКУ МП?

40. Сформулируйте порядок расчета СНС МП? Какие Вы знаете проверки хода расчета СНС МП? Как выполняется общая проверка коэффициентов при неизвестных СКУ МП?

41. Какова идея смешанного метода? Какова область применения смешанного метода? Что из себя представляет система канонических уравнений смешанного метода?

42. Как посчитываются коэффициенты СКУ смешанного метода и как их можно проверить?

43. Сформулируйте порядок расчета сложных статически неопределимых систем смешанным методом. Как строится окончательная эпюра моментов в смешанном методе? Каковы проверки такой эпюры?

44. Какова идея комбинированного метода? Какова область применения комбинированного метода? Покажите, как рассчитываются симметричные сложные системы комбинированного метода?

45. Покажите, как рассчитываются несимметричные сложные системы комбинированным методом? Какие варианты применения комбинированного метода Вы знаете?

46. Как производится дискретизация стержневой системы по МКЭ? Сколько степеней свободы имеют узлы плоской шарнирно-стержневой системы?

47. Каким требованиям должен отвечать конечный элемент стержня? Какие типы конечных элементов используются при расчете плоской стержневой системы?

48. Какие конечные элементы используются при расчете пластин, оболочек, массивных тел? Что представляют собой местная и общая системы координат в МКЭ?

49. Каким образом получена матрица жесткости стержня в местной системе координат? Что представляют собой элементы матрицы жесткости?

50. Что представляет собой вектор узловых нагрузок? Каким образом учитываются опорные связи?

51. В каком порядке вычисляются внутренние усилия? Какая нумерация узлов является оптимальной?

52. Перечислите основные этапы расчета по МКЭ. Каким образом осуществляется проверка результатов расчета в МКЭ?

53. Перечислите основные современные численные методы расчета конструкций. В чем суть (основная идея) метода конечных элементов?

54. Что такое дискретизация расчетной области конструкции при расчете МКЭ? Перечислите основные шаги общего алгоритма статического расчета по МКЭ?

55. Конечные элементы, их типы. Степени свободы конечного элемента. Конечно-элементная расчетная схема. Приведение нагрузки на систему к узловой.

56. Какова матрица жесткости конечного элемента? Ее структура. Какова связь между перемещениями узлов элемента и усилиями, действующими на них?

57. По каким формулам вычисляются элементы матрицы жесткости конечного элемента? Как преобразовать матрицу жесткости конечного элемента при повороте координатных осей.

58. Как объединить конечные элементы? Запишите условие равновесия узлов в конечно-элементной схеме.

59. Как формируется система разрешающих уравнений метода конечных элементов? Как сформировать глобальную матрицу жесткости конечно-элементной схемы из матриц жесткости конечных элементов?

60. Как определить внутренние усилия в стержневых конечных элементах после нахождения узловых перемещений в конечно-элементной схеме? Как учесть связи и заданные узловые перемещения в системе разрешающих уравнений метода конечных элементов?

61. Какова общая процедура расчета стержневых систем методом конечных элементов в форме метода перемещений? Как реализуется алгоритм МКЭ современных вычислительных программных комплексах?

### **Критерии выставления оценки магистранту на экзамене**

К экзамену допускаются обучающиеся, выполнившие программу обучения по дисциплине и прошедшие все этапы текущей аттестации.

<b>Оценка</b>	<b>Требования к сформированным компетенциям</b>
<b>«отлично»</b>	Магистрант показал развернутый ответ, представляющий собой связное, логическое, последовательное раскрытие поставленного вопроса, широкое знание литературы. Он обнаружил понимание материала, обоснованность суждений, способность применить полученные знания на практике. Допускаются некоторые неточности в ответе, которые студент исправляет самостоятельно. Практическую задачу решил полностью с подробным обоснованием принятых решений.
<b>«хорошо»</b>	Магистрант показал ответ, представляющий собой связное, логическое, последовательное раскрытие поставленного во-

	проса, достаточное знание литературы. Он обнаружил понимание материала, обоснованность суждений, способность применить полученные знания на практике. Допускаются некоторые неточности в ответе, которые студент исправляет самостоятельно. Практическую задачу решил полностью с некоторыми неточностями.
«удовлетворительно»	Магистрант обнаруживает незнание некоторых проблем, связанных с изучением вопроса, допускает некоторые ошибки в ответе, неуверенно излагает материал. Данная оценка характеризует недочеты в подготовке студента, которые не являются серьезным препятствием к успешной профессиональной и научной деятельности. Практическую задачу решил не вполне уверенно допустил незначительные ошибки.
«неудовлетворительно»	Магистрант обнаруживает незнание большей части проблем, связанных с изучением вопроса, допускает ошибки в ответе, искажает смысл текста, беспорядочно и неуверенно излагает материал. Данная оценка характеризует недостатки в подготовке студента, которые являются серьезным препятствием к успешной профессиональной и научной деятельности. Практическую задачу не решил, допустил значительные ошибки.

### **Оценочные средства для текущей аттестации**

Текущая аттестация студентов по дисциплине проводится в соответствии с локальными нормативными актами ДВФУ и является обязательной.

Текущая аттестация проводится в форме контрольных мероприятий (собеседования, самостоятельных работ) по оцениванию фактических результатов обучения студентов и осуществляется ведущим преподавателем.

Объектами оценивания выступают:

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

Составляется календарный план контрольных мероприятий по дисциплине. Оценка посещаемости, активности обучающихся на занятиях, своевременность выполнения различных видов заданий ведётся на основе журнала, который ведёт преподаватель в течение учебного семестра.

### **Вопросы для собеседования / устного опроса**

#### **Раздел 1. Концепция сил в строительной механике**

*1. Какие Вы знаете основные практические задачи для сооружений?*

2. Как вычисляются характеристики рабочего состояния условия прочности в концепции сил?
3. Как определяются характеристика предельного состояния?
4. Из чего складывается опорная база условия прочности сооружения?
5. Какова схема оценки прочности сооружения в концепции сил?
6. Какие Вы знаете уровни оценки прочности?
7. Как решаются основные практические задачи теории сооружений?
8. Каковы основы концепции сил в строительной механике
9. Что называется нагрузкой?
10. Что называется нагрузкой рабочего состояния?
11. Какие виды нагрузок Вы знаете?
12. Как определяется нагрузка от гравитационной среды?
13. Что называется нормативной (расчетной) нагрузкой?
14. Раскройте понятие «напряжение»?
15. Каковы соотношения между напряжениями на различных площадках?
16. Какие напряжения называются главными?
17. Каковы уравнения равновесия в точке тела?
18. Из каких соображений можно получить физические соотношения?
19. Каковы геометрические уравнения в точке тела?
20. Какие Вы знаете геометрические допущения инженерных методов?
21. Из каких соображений получают внутренние усилия при севом растяжении бруса?
22. Как можно получить внутренние усилия в брусике при его чистом изгибе?
23. Как можно получить внутренние усилия в круглом стержне при его сдвиге (срезе)?
24. Как можно получить внутренние усилия при кручении круглого стержня?
25. Как можно получить внутренние усилия при поперечном изгибе призматического стержня?
26. Получите внутренние усилия при поперечном изгибе призматического стержня в двух плоскостях ( $z_{0x}$  и  $z_{0y}$ )?
27. Как можно получить внутренние усилия при сдвиге с кручением стержня?
28. Получите внутренние усилия при изгибе в плоскости  $z_{0y}$  с кручением?
29. Как определяются внутренние усилия статическим способом?
30. Как определяются напряжения по внутренним усилиям при различном напряженно-деформируемом состоянии стержня?
31. Какие Вы знаете критерии (теории) прочности?
32. Каков критерий наибольших нормальных напряжений прочности?
33. Каков критерий наибольших линейных деформаций прочности?
34. Каков критерий наибольших касательных напряжений прочности?
35. Каков энергетический критерий прочности?
36. Приведите классификацию сооружений по основному признаку.

37. Приведите примеры сооружений с растянутыми и сжатыми элементами?
38. Приведите примеры сооружений с изгибаемыми элементами?
39. Приведите примеры сооружений с элементами, работающими на растяжение-сжатие с изгибом.

## **Раздел 2. Расчет статически определимых стержневых систем**

1. В чем заключается анализ геометрической структуры сооружения?
2. Какие Вы знаете способы вычисления усилий в стержнях ферм?
3. Как определить усилия рабочего состояния в стержнях ферм?
4. Как рассчитываются шарнирно-консольные балки на неподвижную и подвижную нагрузки?
5. Как находятся усилия рабочего состояния в шарнирно-консольных балках?
6. Как составить оптимальный план расчета статически определимых рам?
7. Как рассчитываются трехшарнирные арки на вертикальную нагрузку?
8. Как находятся перемещения в стержневых системах?
9. Каков порядок нахождения перемещений в статически определимых сооружениях?

## **Раздел 3. Расчет статически определимых стержневых систем**

1. Что называется статически неопределимой системой?
2. Что такое «лишние» связи?
3. Как находятся усилия в «лишних» связях?
5. Каковы свойства статически неопределимых систем (СНС)?
6. В чем состоит идея метода сил?
7. Что называется основной системой метода сил (МС)?
8. Расскажите идею метода сил на каком-либо примере?
9. Что выражает уравнение метода сил?
10. Сколько можно составить основных систем метода сил для сооружения?
11. Как составляются уравнения метода сил?
12. Каков порядок системы канонических уравнений метода сил?
12. Что называется эквивалентным состоянием в методе сил?
13. Когда мы можем записать систему канонических уравнений метода сил?
14. Что из себя представляют коэффициенты СКУ МС?
15. Как эти коэффициенты можно подсчитать?
16. Каковы свойства системы канонических уравнений метода сил?
17. Сформулируйте порядок расчета СНС МС?
18. Какие Вы знаете проверки хода расчета СНС МС?

19. Как выполняется общая проверка коэффициентов при неизвестных СКУМС?
20. Какие проверки правильности построения окончательной эпюры моментов Вы знаете?
21. Что проверяет статическая проверка правильности построения окончательной эпюры моментов?
22. Что проверяет кинематическая проверка правильности построения окончательной эпюры моментов?
23. Как надо выполнять кинематическую проверку правильности построения окончательной эпюры моментов?
24. Какие статически неопределимые системы называют сложными и почему?
25. Какие трудности возникают при расчете сложных СНС?
26. Сколько коэффициентов СКУ необходимо подсчитать при расчете сложных СНС?
27. Какую СКУ называют плохообусловленной?
28. Какую ОС называют рациональной?
29. Как можно сформулировать основную задачу расчета сложных СНС?
30. Какие эпюры называют ортогональными и почему?
31. Какие эпюры называют локальными и почему?
32. В чем заключается прием локализации эпюр при выборе рациональной ОС МС?
33. Для каких систем можно применить прием локализации?
34. Какие неизвестные называют симметричными, а какие кососимметричными?
35. Что такое группировка неизвестных?
36. Как в симметричных системах можно разложить нагрузку?
37. Что возникает в симметричной системе от симметричной нагрузки?
38. Как можно вывести условие ортогональности двух эпюр на отдельном участке?
39. Как можно получить ортогональные эпюры с помощью удачной расстановки шарниров?
40. Можно ли при расчете СНС МС использовать несколько ОС? Если да, то почему?
41. В чем заключается прием конструирования эпюр при выборе рациональной ОС МС?
42. Какое обязательное условие надо соблюдать при конструировании эпюр?
43. Как строится окончательная эпюра моментов при использовании приема конструирования эпюр?
44. Какие основные методы расчета существуют в строительной механике, чем они отличаются друг от друга?
45. Какие допущения расчета приняты в методе перемещений?

46. *Что принимается за основные неизвестные метода перемещений при расчете отдельного стержня?*
47. *Что принимается за основные неизвестные метода перемещений при расчете СНС методом перемещений?*
48. *Как подсчитывается количество неизвестных МП?*
49. *Как образуется ОС МП?*
50. *В чем состоит идея метода перемещений?*
51. *Что выражает уравнение метода перемещений?*
52. *Сколько можно составить основных систем метода перемещений для сооружения?*
53. *Что называется системой канонических уравнений МП?*
54. *Каковы свойства СКУ МП?*
55. *Что называется эквивалентным состоянием в МП?*
56. *Как строятся эпюры в МП?*
57. *Как определяются коэффициенты СКУ в методе перемещений?*
58. *Каким образом получены стандартные эпюры МП?*
59. *Как посчитываются коэффициенты СКУ МП?*
60. *Как можно проверить правильность нахождения коэффициентов СКУ МП?*
61. *Сформулируйте порядок расчета СНС МП?*
62. *Какие Вы знаете проверки хода расчета СНС МП?*
63. *Как выполняется общая проверка коэффициентов при неизвестных СКУ МП?*
64. *Какие проверки правильности построения окончательной эпюры моментов в МП Вы знаете?*
65. *Какова идея смешанного метода расчета СНС?*
66. *Какова область применения смешанного метода?*
67. *Что представляет собой система канонических уравнений смешанного метода?*
68. *Какие Вы знаете типы коэффициентов СКУ смешанного метода и их проверки?*
69. *Назовите порядок расчета сложных статически неопределимых систем смешанным методом.*
70. *Как производится дискретизация стержневой системы по МКЭ?*
71. *Сколько степеней свободы имеют узлы плоской шарнирно-стержневой системы?*
72. *Каким требованиям должен отвечать конечный элемент стержня?*
73. *Какие типы конечных элементов используются при расчете плоской стержневой системы?*
74. *Какие конечные элементы используются при расчете пластин, оболочек, массивных тел?*
75. *Что представляют собой местная и общая системы координат в МКЭ?*

76. Каким образом получена матрица жесткости стержня в местной системе координат?
77. Что представляют собой элементы матрицы жесткости?
78. Что представляет собой вектор узловых нагрузок?
79. Каким образом учитываются опорные связи?
80. В каком порядке вычисляются внутренние усилия?
81. Какая нумерация узлов является оптимальной?
82. Перечислите основные этапы расчета по МКЭ.
83. Каким образом осуществляется проверка результатов расчета в МКЭ?
84. Перечислите основные современные численные методы расчета конструкций.
85. В чем суть (основная идея) метода конечных элементов?
86. Что такое дискретизация расчетной области конструкции при расчете МКЭ?
87. Перечислите основные шаги общего алгоритма статического расчета по МКЭ?
88. Какие Вы знаете конечные элементы, их типы?
89. Какова степень свободы конечного элемента?
90. Что представляет собой конечно-элементная расчетная схема?
91. Как привести нагрузку на систему к узловой?
92. Какова матрица жесткости конечного элемента? Ее структура.
93. Какова связь между перемещениями узлов элемента и усилиями, действующими на них?
94. По каким формулам вычисляются элементы матрицы жесткости конечного элемента?
95. Как преобразовать матрицу жесткости конечного элемента при повороте координатных осей?
96. Как объединить конечные элементы?
97. Запишите условие равновесия узлов в конечно-элементной схеме.
98. Как формируется система разрешающих уравнений метода конечных элементов?
99. Как сформировать глобальную матрицу жесткости конечно-элементной схемы из матриц жесткости конечных элементов?
100. Как определить внутренние усилия в стержневых конечных элементах после нахождения узловых перемещений в конечно-элементной схеме?
101. Как учесть связи и заданные узловые перемещения в системе разрешающих уравнений метода конечных элементов?
102. Какова общая процедура расчета стержневых систем методом конечных элементов в форме метода перемещений?
103. Как реализуется алгоритм МКЭ современных вычислительных программных комплексах?

### Критерии оценивания

Оценка	Требования
«зачтено»	Магистрант показал развернутый ответ на вопрос, обнаружил понимание материала, обоснованность суждений, неточности в ответе исправляет самостоятельно.
«не зачтено»	Магистрант обнаруживает незнание вопроса, неуверенно излагает ответ.