

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
МОСКОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТРОИТЕЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»****РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**

Шифр	Наименование дисциплины (модуля)
Б1.В.ОД.1	Прикладные задачи механики в гидротехнике

Код направления подготовки / специальности	08.04.01
Направление подготовки / специальность	Строительство
Наименование ОПОП (профиль / магистерская программа / программа аспирантуры)	Гидротехническое строительство
Год начала подготовки	2014
Уровень образования	очная
Форма обучения	магистратура

**Разработчики:**

должность	ученая степень, звание	подпись	ФИО
доцент	к.т.н., доцент		Саинов М.П.
профессор	к.т.н.		Толстиков В.В.

**Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры  
«Гидротехнического строительства»:**

должность	подпись		ученая степень и звание, ФИО	
Зав. кафедрой (руководитель подразделения)			д.т.н., проф., Анискин Н.А.	
год обновления	2015	2016	2017	2018
Номер протокола	№1			
Дата заседания кафедры (структурного подразделения)	31.08.2015			

**Рабочая программа утверждена и согласована:**

Подразделение / комиссия	Должность	ФИО	подпись	Дата
Методическая комиссия	пред. МК	Бестужева А.С.		
НТБ				
ЦОСП				

## 1. Цель освоения дисциплины

Целью освоения дисциплины «Прикладные задачи механики в гидротехнике» является освоение студентом теоретических основ механики деформирования и контактного взаимодействия твёрдых тел, а также её методов решения инженерных задач о деформировании и контактном взаимодействии гидротехнических сооружений и их элементов между собой, а также с основанием.

### Задачи дисциплины:

- изучение основ теории упругости и вариационных методов решения упругих задач;
- изучение теорий прочности материалов, контактного взаимодействия твёрдых тел, способов их использования для решения инженерных задач гидротехнического строительства;
- изучение основ теории пластичности и ползучести, способов решения нелинейных задач, встречающихся на практике проектирования гидротехнических сооружений;
- изучение основ теории колебаний и динамики твёрдых тел, методов решения задач о поведении гидротехнических сооружений при динамических нагрузках;
- изучение теоретических основ численных методов решения задач механики деформируемого твёрдого тела, вычислительных программ, реализующих эти методы.

## 2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Компетенция по ФГОС	Код Компетенции по ФГОС	Основные показатели освоения (показатели достижения результата)	Код показателя освоения
способностью демонстрировать знания фундаментальных и прикладных дисциплин программы магистратуры	ОПК-4	<b>Знает</b> основные понятия и уравнения механики деформируемого тела и её разделов (теории упругости, теории пластичности, теории колебаний)	31.1
		<b>Умеет</b> использовать вариационные методы теории упругости для решения простых задач	У1.1
способностью использовать углубленные теоретические и практические знания, часть которых находится на передовом рубеже данной науки	ОПК-5	<b>Умеет</b> решать задачу о деформировании простой конструкции под динамической нагрузкой аналитическим способом	У1.2
		<b>Имеет</b> навыки постановки и решения задач механики деформируемого твёрдого тела аналитическими и численными методами	Н1.1
		<b>Знает</b> теоретические основы и возможности физического и математического моделирования для решения задач гидротехнического строительства	32.1
способностью разрабатывать физические и математические (компьютерные) модели явлений и объектов, относящихся к профилю деятельности	ПК-7	<b>Умеет</b> путём физического и	У2.1

Компетенция по ФГОС	Код Компетенции по ФГОС	Основные показатели освоения (показатели достижения результата)	Код показателя освоения
способностью проводить изыскания по оценке состояния природных и природно-техногенных объектов, определению исходных данных для проектирования и расчетного обоснования и мониторинга объектов, патентные исследования, готовить задания на проектирование	ПК-1	математического моделирования решать задач профессиональной деятельности в гидротехническом строительстве, в т.ч. с использованием вычислительных программ и средств автоматизированного проектирования	Н2.1
		<b>Имеет</b> навыки использования вычислительных программ для решения инженерных задач в области гидротехнического строительства	
обладанием знаниями методов проектирования и мониторинга зданий и сооружений, их конструктивных элементов, включая методы расчетного обоснования, в том числе с использованием универсальных и специализированных программно-вычислительных комплексов и систем автоматизированного проектирования	ПК-3	<b>Знает</b> методы расчётного обоснования конструкций гидротехнических сооружений методами механики твёрдого деформируемого тела	З3.1
		<b>Умеет</b> выполнять расчётное обоснование конструкций гидротехнических сооружений методом конечных элементов с применением программно-вычислительных комплексов	У3.1
		<b>Имеет навыки</b> расчётного обоснования конструкций гидротехнических сооружений методом конечных элементов с применением программно-вычислительных комплексов	Н3.1

### 3. Указание места дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Дисциплина «Прикладные задачи механики в гидротехнике» относится к вариативной части Блока 1 «Дисциплины (модули)» основной профессиональной образовательной программы по направлению подготовки 08.04.01 «Строительство» (уровень магистратуры), магистерская программа «Гидротехническое строительство». Дисциплина является обязательной к изучению.

Дисциплина «Прикладные задачи механики в гидротехнике» базируется на знаниях, умениях и навыках, приобретенных студентами в процессе изучения следующих дисциплин:

- «Методы решения научно-технических задач в строительстве»,
- «Информатика и прикладная математика»,
- «Основы профессиональной деятельности».

*Требования к входным знаниям, умениям и навыкам студентов:*

Для освоения дисциплины «Прикладные задачи механики в гидротехнике» студент должен:

*Знать:*

- фундаментальные основы высшей математики (методы решения дифференциальных уравнений, основы векторного и матричного анализа),
- современные средства вычислительной техники и её возможности,
- фундаментальные понятия, законы и теории классической физики,

- классификацию и физико-механические свойства строительных материалов, грунтов и скальных пород,
- основные положения, теоретические основы и методы технической механики,
- основы теории и методы механики грунтов,

*Уметь:*

- самостоятельно использовать математический аппарат для инженерных задач,
- читать геологическую графику, анализировать геологические условия, процессы и явления;
- определять усилия и напряжения в строительных конструкциях от действующих нагрузок методами сопротивления материалов и строительной механики,
- использовать компьютерную технику в профессиональной деятельности, пользоваться основными офисными приложениями,
- формулировать физико-математическую постановку задачи исследования,

*Иметь навыки:*

- оформления строительных чертежей,
- выполнения гидравлических и фильтрационных расчётов,
- работы с современной научной литературой,
- конструирования и расчётов строительных конструкций.

*Дисциплины и практики, для которых дисциплина «Прикладные задачи механики в гидротехнике» является предшествующей:*

- «Речные гидроузлы и гидроэлектростанции»,
- «Гидротехнические сооружения водного транспорта»,
- «Строительство морских сооружений»,
- «Строительство речных и подземных гидротехнических сооружений»,
- «Научно-исследовательская работа»,
- «Учебная практика (практика по получению первичных профессиональных умений и навыков педагогической деятельности)»,
- «Преддипломная практика (практика по получению профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности)».

**4. Объем дисциплины (модуля) в зачетных единицах с указанием количества академических или астрономических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся**

Общая трудоемкость дисциплины составляет 8 зачетных единиц, 288 академических часов.

## Структура дисциплины:

Форма обучения - очная

№ п/п	Наименование раздела дисциплины (модуля)	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу обучающихся и трудоемкость (в часах)					Самостоятельная работа	Формы текущего контроля успеваемости (по неделям семестра) Форма промежуточной аттестации (по семестрам)
				Контактная работа с обучающимися						
				Лекции	Практико- ориентированные занятия			КСР		
					Лабораторный практикум	Практические занятия	Групповые консультации по КП/КР			
1	Теория упругости	2	1-2	4		8			36	
2	Механика деформирования и контактирования твёрдых тел	2	3-5	10		8			30	Контрольная работа
3	Вычислительная механика	2	6-11	6		28			54	
4	Динамика и теория колебаний	2	12- 14	8		12			30	
	Итого:			28		56		54	150	Экзамен, курсовая работ

**5. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий**

## 5.1. Содержание лекционных занятий

Форма обучения - очная

№ п/п	Наименование раздела дисциплины (модуля)	Тема и содержание занятия	Кол-во акад. часов
1	Теория упругости	Сведения из тензорного анализа: тензоры в декартовом базисе, инварианты. Тензоры напряжений и деформаций. Уравнения равновесия. Условия совместности деформаций. Связь между напряженным и деформированным состояниями. Упругий потенциал. Дополнительная работа деформации. Формула Кастильяно. Упругий потенциал для линейного материала. Теорема Клапейрона. Полная система уравнений теории упругости. Прямая и обратная задачи теории упругости. Принцип Сен-Венана. Вариационные методы теории упругости. Вариационные принципы. Принцип Лагранжа, метод Ритца, метод Бубнова - Галеркина.	4

2	Механика деформирования и контактирования твёрдых тел	<p>Модели сплошных сред. Основные положения теории прочности и механики разрушения. Упругая и пластическая деформации; дислокации; упругость, пластичность, ползучесть, вязкоупругость.</p> <p><i>Теории прочности.</i> Хрупкое и пластическое разрушение; разрушение при ползучести.</p> <p><i>Реологические модели:</i> математические модели ползучести; кривые ползучести; кинетические уравнения ползучести; релаксация напряжений; ползучесть при одномерном и сложном напряженном состоянии.</p> <p><i>Теории контактного взаимодействия упругих тел.</i> Модель Винклера в контактных задачах. Нелинейные проблемы контактного взаимодействия. Нормальный контакт неупругих тел: основные уравнения. Контактное взаимодействие тел при скольжении.</p> <p>Теория предельного состояния и математические модели механики разрушения. Теория дефектов строения материалов. Силы сопротивления раскрытию трещины. Пластическое состояние вблизи трещины;</p> <p><i>Теория пластичности и ползучести.</i> Экспериментальные и физические факты развития неупругих деформаций в металлах и твердых сплавах. Основные теоретические соотношения между напряжениями и деформациями за пределами упругости. Виды математических теорий пластичности, вязкоупругости, ползучести и длительной прочности.</p> <p>Нелинейные проблемы механики твердого деформированного тела. Классификация нелинейных задач. Условия начала пластичности и текучести. Общие методы решения нелинейных задач: метод шагов по параметру нагружения, метод переменных параметров упругости.</p>	10
3	Вычислительная механика	<p>Метод конечных элементов (МКЭ) и его применение к статическим и динамическим задачам механики.</p> <p>Построение конечно-элементных схем в форме метода перемещений. Основные соотношения МКЭ, построение матриц жесткости. Типы конечных элементов.</p> <p>Методы решения больших систем алгебраических уравнений, порожденных МКЭ.</p> <p>Применение метода конечных элементов к решению задач упругости и пластичности. Построение физических и математических моделей. Задание граничных условий.</p> <p>Особенности применения метода конечных элементов и метода граничных элементов в задачах с физической нелинейностью. Энергетические теоремы и экстремальные принципы.</p> <p>Определение собственных частот и форм колебаний конструкций МКЭ. Применяемые методы.</p> <p>Обзор программных комплексов МКЭ.</p> <p>Понятие о других численных методах механики (граничных элементов, суперэлементов).</p>	6
4	Динамика и теория колебаний	<p>Общие понятия теории колебаний. Свободные и вынужденные колебания, их участие в колебательном процессе. Установившиеся и неустойчивые колебания. Резонанс. Автоколебания. Линейные и нелинейные колебания.</p> <p>Колебания линейных систем с одной степенью свободы. Вынужденные установившиеся колебания одномассовых</p>	8

		<p>систем с учетом сил сопротивления. Динамическое уравнение.</p> <p>Теория колебаний линейных систем с конечным числом степеней свободы. Система динамических уравнений. Собственные формы и частоты. Методы определения собственных частот. Резонансные режимы колебаний. Демпфирование колебаний, его роль в колебательном процессе.</p> <p>Введение в теорию нелинейных колебаний систем с конечным числом степеней свободы. Численные методы исследования нелинейных колебаний.</p>	
--	--	--	--

### 5.2. Лабораторный практикум

Учебным планом лабораторный практикум не предусмотрен.

### 5.3. Перечень практических занятий

№ п/п	Наименование раздела дисциплины (модуля)	Тема и содержание занятия	Кол-во акад. часов
1	Теория упругости	<p><b>Расчёт напряжений в бесконечном клине методом теории упругости.</b></p> <p>Расчётная схема плотины в виде бесконечного клина. Нагружение клина. Отличие идеализированной расчётной схемы от реальной схемы работы плотины. Недостатки метода теории упругости.</p> <p>Понятие о функции напряжений. Её связь с компонентами тензора напряжений. Бигармоническое уравнение. Задание граничных условий.</p> <p>Задание вида функции напряжений. Получение вида функций распределения компонент тензора напряжений. Определение коэффициентов функции напряжений путём решения системы уравнений. Анализ отличия распределения напряжений в методах теории упругости и сопротивления материалов.</p>	8
2	Механика деформирования и контактирования твёрдых тел	<p><b>Построение паспорта прочности сооружения методом механики разрушения.</b></p> <p>Расчётная схема плотины. Выбор параметров для определения характеристики разрушения <math>K_1</math>. Условие продвижения трещины на контакте плотины с основанием.</p> <p>Подсчёт коэффициента интенсивности напряжения, нормальных и касательных напряжений в сохранной части контакта плотины с основанием.</p> <p>Проверка условия устойчивости против плоского сдвига. Проверка прочности материала тела плотины. Определение минимального значения ширины подошвы плотины.</p>	8
3	Вычислительная механика	<p><b>Решение статической задачи методом конечных элементов вручную.</b></p> <p>Разбивка конструкции на треугольные конечные элементы. Построение матрицы упругости. Построение матриц формы и жёсткости конечных элементов. Составление матрицы жёсткости системы. Формирование вектора сил. Решение системы линейных уравнений методом Гаусса. Определение деформаций и напряжений в элементах. Сравнение</p>	6

		результатов расчёта с решением методом сопротивления материалов.	
		<b>Решение статической задачи методом конечных элементов с помощью вычислительной программы.</b> Разбивка конструкции на конечные элементы. Формирование исходных данных для вычислительной программы: ввод топологии сетки МКЭ, ввод координат узлов и граничных узлов. Ввод нагрузок в виде узловых сил или распределённой нагрузки. Задание физико-механических свойств материалов и зон контактов. Выполнение расчёта с помощью вычислительной программы. Анализ перемещений, деформаций и напряжений в конструкции. Сравнение результатов расчёта с решением методом сопротивления материалов.	6
		<b>Исследование взаимодействия бетонной плотины с основанием.</b> Постановка задачи. Формулирование целей лабораторной работы. Описание конструкции плотины. Выбор расчётной схемы, габаритов расчётной области. Формирование сетки конечных элементов расчётной области “плотина - скальное основание”. Учёт при формировании сетки возможности проявления нелинейных эффектов на контакте плотины с основанием. Задание граничных условий и нагрузок. Задание свойств сплошной среды и контактов. Выполнение расчёта напряжённо-деформированного состояния системы “плотина - скальное основание” при различных свойствах скального основания для двух схем поведения материалов (упругое, упругопластическое). Сравнение результатов расчётов с решением по методу сопротивления материалов. Анализ влияния деформируемости скального основания на прочность контакта плотины со скалой.	12
4	Динамика и теория колебаний	<b>Определение собственных форм и частот конструкции методом конечных элементов.</b> Составление расчётной схемы сооружения. Разбивка на конечные элементы. Выбор динамических свойств материалов и грунтов. Построение матриц жёсткости и масс системы. Учёт гидродинамического давления путём введения присоединённой массы. Алгоритм определения собственных значений и собственных векторов различными методами. Метод Якоби, метод итераций подпространства. Нормирование форм. Подсчёт частот и периодов собственных колебаний через собственные числа. Анализ частот и форм собственных колебаний сооружения.	12

#### 5.4. Групповые консультации по курсовым работам/курсовым проектам

Групповые консультации по курсовым работам/курсовым проектам учебным планом не предусмотрены.

#### 5.5. Самостоятельная работа

Форма обучения - очная



№ п/п	Наименование раздела дисциплины (модуля)	Содержание работы	Кол-во акад. часов
1	Теория упругости	<i>Изучение материала лекций с помощью учебника и учебных пособий, электронных ресурсов.</i>	6
		<i>Самостоятельный практикум по материалам практических занятий на следующие темы:</i> Расчёт напряжений в бесконечном клине методом теории упругости. Решение задачи о распределении напряжений от внутреннего давления в трубе, окружённой упругой средой, методом теории упругости.	24
		<i>Самостоятельное изучение тем из следующего перечня:</i> Постановка задач динамической теории упругости. Волны в упругих средах. Применение теории упругости для определения концентрации напряжений вокруг круговых эллиптических отверстий.	6
2	Механика деформирования и контактирования твёрдых тел	<i>Изучение материала лекций с помощью учебника и учебных пособий, электронных ресурсов.</i>	6
		<i>Самостоятельный практикум по материалам практических занятий на следующие темы:</i> Построение паспорта прочности сооружения методом механики разрушения.	12
		<i>Самостоятельное изучение тем из следующего перечня:</i> Теории прочности грунтовых сред. Условие прочности Кулона-Мора, Боткина, Треска-Хилла. Напряжения на октаэдрических площадках. Энергетические модели прочности. Энергия объёмного сжатия-расширения. Энергия формоизменения. Ползучесть при одномерном и сложном напряженном состоянии. Геомеханические модели поведения трещин. Теория и методы механики разрушения. Применение механики разрушения к расчёту устойчивости плотин. Математические теории пластичности, вязкоупругости, ползучести и длительной прочности. Циклическое деформирование и приспособляемость. Теория накопления рассеянного разрушения.	18
3	Вычислительная механика	<i>Изучение материала лекций с помощью учебника и учебных пособий, электронных ресурсов.</i>	6
		<i>Самостоятельный практикум по материалам практических занятий на следующие темы:</i> Решение статической задачи методом конечных элементов вручную. Решение статической задачи методом конечных элементов с помощью вычислительной программы. Исследование взаимодействия бетонной плотины с основанием.	10
		<i>Выполнение заданий курсовой работы “Расчёт напряжённо-деформированного состояния сооружения (конструкции) методом конечных элементов”.</i>	26
		<i>Самостоятельное изучение тем из следующего перечня:</i> Теоретические основы и алгоритм метода конечных разностей. Применение метода конечных разностей к	12

		решению задач о фильтрационных и температурных полях. Теоретические основы и алгоритм метода граничных элементов. Теоретические основы и алгоритм метода суперэлементов (подконструкций). Возможности решения нелинейных задач методом суперэлементов.	
4	Динамика и теория колебаний	<i>Изучение материала лекций с помощью учебника и учебных пособий, электронных ресурсов.</i>	6
		<i>Самостоятельный практикум по материалам практических занятий на следующие темы:</i> Определение собственных форм и частот конструкции методом строительной механики. Определение собственных форм и частот конструкции методом конечных элементов.	12
		<i>Самостоятельное изучение тем из следующего перечня:</i> Гасители колебаний. Основы теории сейсмостойкости. Природы сейсмических явлений. Влияние сейсмических нагрузок на надёжность сооружений. Антисейсмические мероприятия. Динамические свойства строительных материалов и грунтов. Динамические модули. Коэффициенты демпфирования. Нелинейное деформирование грунтов при динамических нагрузках. Методы определения динамических характеристик зданий и сооружений. Резонансные методы. Натурные данные о собственных колебаниях конструкций. Гидродинамическое давление на сооружение при сейсмических колебаниях. Гипотеза Вестергаарда.	12

#### **6. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)**

Задачами самостоятельной работы студента по дисциплине является:

- расширение теоретических знаний студента по разделам дисциплины, изучаемым на лекционных занятиях,
- самостоятельное знакомство с некоторыми вопросами дисциплины,
- овладение методиками выполнения расчётов гидротехнических сооружений, приобретение навыков анализа их результатов.

Самостоятельная работа студента включает:

- самостоятельное изучение студентами разделов дисциплины с помощью специальной технической литературы и Интернет-ресурсов,
- выполнение студентом курсовой работы, подготовку к его защите,
- подготовку к мероприятиям текущего контроля (контрольная работа, опросы на лекциях),
- подготовку к промежуточной аттестации (экзамен) на основе лекционного материала, а также материала, изученного самостоятельно.

В качестве учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю) рекомендуется использовать:

- для самостоятельного изучения разделов дисциплины и подготовки к мероприятиям контроля самостоятельной работы - учебную литературу, указанную в п.8 рабочей программы дисциплины,

- для выполнения курсовой работы - учебно-методическую литературу, указанную в п.8 рабочей программы дисциплины,
- в качестве вопросов для самопроверки – вопросы из фонда оценочных средств, указанные в п.7 рабочей программы дисциплины,

## 7. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю)

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

Код компетенции по ФГОС	Этапы формирования компетенций (разделы теоретического обучения)						
	1	2	3	4			
ОПК-4	+	+	+	+			
ОПК-5	+	+	+	+			
ПК-7			+	+			
ПК-3	+	+	+	+			

7.2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

7.2.1. Описание показателей и форм оценивания компетенций

Код компетенции по ФГОС	Показатели освоения (Код показателя освоения)	Форма оценивания									Обеспеченность оценивания компетенции	
		Текущий контроль						Промежуточная аттестация				
		Реферат	Защита ЛР	....	....	Контрольная работа	Расчетно-графическая работа	Защита курсовой работы/ проекта	Зачет-дифференцированный зачет	Экзамен		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
ОПК-4, ОПК-5	З1.1					+			+		+	+
	У1.1								+		+	+
	У1.2								+		+	+
	Н1.1								+		+	+
ПК-7	З2.1					+			+		+	+
	У2.1								+		+	+
	Н2.1								+		+	+
ПК-3	З3.1					+			+		+	+
	У3.1								+		+	+
	Н3.1								+		+	+
						+			+		+	

7.2.2. Описание шкалы и критериев оценивания для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю) в форме Экзамена/Дифференцированного зачета

Оценка осуществляется по нескольким критериям, каждый из которых оценивается отдельно. Итоговая оценка устанавливается экзаменатором интегрально по всем критериям.

Код показателя оценивания	Оценка			
	«2» (неудовлетв.)	Пороговый уровень освоения	Углубленный уровень освоения	Продвинутый уровень освоения
		«3» (удовлетвор.)	«4» (хорошо)	«5» (отлично)
31.1 32.1 33.1	не знает терминов и определений	знает термины и определения, но допускает неточности формулировок	знает термины и определения	знает термины и определения, может сформулировать их самостоятельно
	не знает основные закономерности и соотношения, принципы построения знаний	знает основные закономерности, соотношения, принципы построения знаний	знает основные закономерности, соотношения, принципы построения знаний, способен их интерпретировать и использовать	знает основные закономерности, соотношения, принципы построения знаний, способен самостоятельно получить их получить и использовать
	не знает значительной части материала дисциплины,	знает только основной материал дисциплины, не усвоил его деталей	знает материал дисциплины в запланированном объеме	обладает твёрдым и полным знанием материала дисциплины, владеет дополнительными знаниями
	не понимает сути материала дисциплины	не вникает в суть материала дисциплины	понимает суть материала дисциплины	обладает глубоким пониманием материала дисциплины,
	допускает грубые ошибки при изложении и интерпретации знаний	допускает нарушения логической последовательности в изложении программного материала, неточности в изложении и интерпретации знаний	грамотно и по существу излагает материал, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос	логически, грамотно и точно излагает материал дисциплины, интерпретируя его самостоятельно, способен самостоятельно его анализировать и делать выводы
	не может увязывать теорию с практикой, не может ответить на простые вопросы	испытывает затруднения в применении теоретических положений на практике, при ответе на некоторые вопросы	правильно применяет знания при ответе на вопросы в рамках запланированного объема	способен ответить как на обычные вопросы, так и на вопросы повышенной сложности, выходящие за запланированный объем
У1.1 У1.2 У2.1 У3.1	не умеет решать практические задачи, выполнять поставленные задания	умеет решать практические задачи, но не всех типов	умеет решать практические задачи, предусмотренные программой дисциплины	умеет решать практические задачи повышенной сложности, не предусмотренные программой дисциплины
	не понимает сути методики решения задач	не полно понимает суть методики решения задач, способен решать задачи только по заданному алгоритму	умеет решать практические задачи, основываясь на теоретической базе материала дисциплины	умеет применять теоретическую базу дисциплины при решении практических задач, предлагать собственный метод

				решения
	допускает грубые ошибки при решении задач, нарушающие логику решения	допускает ошибки при решении задач, нарушения логики решения задач	допускает некоторые ошибки при решении задач, не нарушающие логику решения	не допускает значимых ошибок при решении задач, правильно обосновывает принятое решение
	не может обосновать выбор метода решения задач, не осознаёт связи теории с практикой	испытывает затруднения в применении теории при решении задач, при обосновании выбора хода решения	грамотно обосновывает ход решения задач, делает выводы	грамотно обосновывает ход решения задач, способен самостоятельно анализировать и делать выводы
Н1.1 Н2.1 Н3.1	не обладает необходимыми знаниями и умениями	обладает необходимыми знаниями и умениями на пороговом уровне освоения	обладает необходимыми знаниями и умениями на углублённом уровне освоения	обладает необходимыми знаниями и умениями на углублённом уровне освоения
	не обладает навыками выполнения поставленных задач	испытывает трудности при выполнении отдельных поставленных задач	испытывает затруднения при выполнении некоторых поставленных задач	не испытывает трудности при выполнении поставленных задач
	не выполняет трудовые действия	выполняет трудовые действия медленно и некачественно	выполняет трудовые действия на среднем уровне по скорости и качеству	выполняет трудовые действия быстро и качественно

7.2.3. *Описание шкалы и критериев оценивания для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю) в форме Защиты курсовой работы/проекта*

Оценка осуществляется по нескольким критериям, каждый из которых оценивается отдельно. Итоговая оценка устанавливается преподавателем интегрально по всем критериям.

Код показателя оценивания	Оценка			
	«2» (неудовлетв.)	Пороговый уровень освоения «3» (удовлетвор.)	Углубленный уровень освоения «4» (хорошо)	Продвинутый уровень освоения «5» (отлично)
31.1 32.1 33.1	не знает основные принципы и нормы проектирования	знает основные принципы и нормы проектирования, но не знает их детали	знает принципы и нормы проектирования на достаточном уровне	обладает глубокими знаниями принципов и норм проектирования
	не может обосновать проектные решения	может объяснить проектные решения в целом, но в деталях	может обосновать принятые проектные решения	может обосновать принятые проектные решения, анализировать их преимущества и недостатки, предложить более совершенные проектные решения
	не знает формул и зависимостей, лежащих в основе расчётного обоснования	не знает основные формулы и зависимости, лежащих в основе расчётного обоснования	знает основные формулы и зависимости, лежащих в основе расчётного обоснования, способен их	знает основные формулы и зависимости, лежащих в основе расчётного обоснования, способен самостоятельно получить их

			интерпретировать и использовать	использовать
	не может ответить на простые вопросы, допускает грубые ошибки при ответах на вопросы	испытывает затруднения при ответе на вопросы, отвечает на вопросы в целом верно, но допускает ошибки	грамотно и по существу отвечает на вопросы, не допуская существенных неточностей	способен ответить как на обычные вопросы, так и на вопросы повышенной сложности, выходящие за запланированный объём
У1.1 У1.2 У2.1 У3.1	не выполнил все проектные задания	выполнил все проектные задания в минимальном объёме	выполнил все проектные задания в полном объёме	детально проработал проектное решение, а также выполнил дополнительные задания
	принял неверные проектные решения	принял в целом верные проектные решения, но допустил ошибки в деталях	принял верные проектные решения, но допустил неточности	принял верные проектные решения
		применил заимствованное проектное решение, не эффективное для данных условий	применил эффективное решение для данных условий	разработал эффективное проектное решение, разработал новые проектные решения
	не может обосновать выбор проектного решения	испытывает затруднения в обосновании выбора проектного решения	грамотно обосновывает выбор проектного решения	грамотно обосновывает выбор проектного решения, осознаёт его преимущества и недостатки, способен предложить более совершенное решение
	не выполнил расчётное обоснование в заданном объёме	выполнил расчётное обоснование в минимальном объёме	выполнил расчётное обоснование в полном объёме	выполнил полное расчётное обоснование, а также выполнил дополнительные расчёты
	допустил грубые ошибки в расчётах, делающие ничтожным расчётное обоснование	допустил ошибки в расчётах, не исключаящие верность проектного решения в целом	выполнил расчётное обоснование с незначительными неточностями	выполнил расчётное обоснование без ошибок и неточностей
	не может объяснить методику расчётного обоснования	испытывает затруднения в объяснении методики расчётного обоснования	грамотно обосновывает методику и ход расчётного обоснования	грамотно обосновывает ход методики и ход расчётного обоснования, способен самостоятельно анализировать и делать выводы
	допустил грубые ошибки при оформлении графической документации	аккуратно выполнил графическую документацию, но в минимальном объёме и погрешностями	аккуратно выполнил графическую документацию в полном объёме, но с неточностями	аккуратно выполнил графическую документацию в полном объёме, без ошибок и погрешностей
	небрежно выполнил пояснительную записку, с нарушением правил оформления	аккуратно выполнил пояснительную записку, но с ошибками в оформлении	аккуратно выполнил пояснительную записку, но с погрешностями в оформлении	аккуратно выполнил пояснительную записку, без ошибок и погрешностей в оформлении
Н1.1	не обладает необходимыми	обладает необходимыми	обладает необходимыми	обладает необходимыми знаниями и умениями на

Н2.1 Н3.1	знаниями и умениями	знаниями и умениями на пороговом уровне освоения	знаниями и умениями на углублённом уровне освоения	углублённом уровне освоения
	не продемонстрировал навыки выполнения поставленных задач	испытывает трудности при выполнении отдельных поставленных задач	испытывает затруднения при выполнении некоторых поставленных задач	не испытывает трудности при выполнении поставленных задач
		выполняет трудовые действия медленно и некачественно	выполняет трудовые действия на среднем уровне по скорости и качеству	выполняет трудовые действия быстро и качественно

7.2.4. *Описание шкалы и критериев оценивания для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю) в форме Зачета*

Зачёт по дисциплине учебным планом не предусмотрен

7.3. *Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций*

#### 7.3.1. *Текущий контроль*

Текущий контроль осуществляется путём:

- устного опроса,
- контрольной работы,
- контроля выполнения курсовой работы.

*Вопросы к контрольной работе по теме «Механика деформирования и контактирования твёрдых тел»:*

- 1) Что такое пластическая деформация? Чем она отличается от упругой?
- 2) Что такое ползучесть материала? Вязкоупругость?
- 3) *Перечислите теории прочности, применяемые при расчётах гидротехнических сооружений?*
- 4) Запишите условие прочности Кулона-Мора.
- 5) Нарисуйте графическую зависимость, характеризующую условие прочности Кулона-Мора.
- 6) Чем отличается хрупкое разрушение от пластического?
- 7) Нарисуйте графическую зависимость напряжений от деформаций материала при его хрупком разрушении.
- 8) Запишите кинетические уравнения ползучести.
- 9) Что такое релаксация напряжений?
- 10) Нарисуйте расчётную схему модели Винклера, применяемую в контактных задачах.
- 11) Запишите уравнение поведения нормального контакт упругих тел для упругой задачи.
- 12) Запишите уравнение поведения контакт упругих тел при скольжении.
- 13) В чём заключается идея механики разрушения?
- 14) Назовите виды трещин по форме их устья?
- 15) Перечислите методы решения нелинейных задач.

#### 7.3.2. *Промежуточная аттестация*

Промежуточная аттестация проводится в соответствии с Положением о текущем контроле и промежуточной аттестации в ФГБОУ ВПО «МГСУ».

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в виде экзамена и защиты курсовой работы.

Тематика курсовых работ/курсовых проектов:

*Курсовая работа* выполняется на тему “Расчёт напряжённо-деформированного состояния сооружения (конструкции) методом конечных элементов”.

В курсовой работе рассматриваются следующие вопросы:

1) Составление расчетной сетки МКЭ системы «сооружение – основание» (для конструкции и профиля сооружения, которые получены на основе расчета методом сопротивления материалов);

2) Формирование массивов узловой и элементной информации для расчетной программы “CRACK”.

3) Задание поверхностной нагрузки от воды на напорную грань и подошву сооружения.

4) Задание свойств бетона (или другого материала сооружения), грунтов основания, а также контактного шва между сооружением и основанием.

5) Выполнение расчета напряжённо-деформированного состояния системы «сооружение-основание» в упругой постановке. Анализ напряженно-деформированного состояния и оценка прочности в соответствии с действующими нормами.

6) Выполнение расчета напряжённо-деформированного состояния системы «сооружение-основание» с учетом нелинейного поведения контакта сооружения и основания, а также с учётом упруго-пластического поведения грунтов основания. Оценка реального напряженно-деформированного состояния, его сравнение с результатами решения упругой задачи.

7) Оценка влияния жесткости основания на параметры поведения контакта между сооружением и основанием, а также на устойчивость сооружения.

Требования к оформлению курсовой работы:

Курсовая работа представляет собой пояснительную записку объёмом 25-35 страниц машинописного текста с рисунками и расчётными схемами.

В пояснительной записке приводятся:

- расчётная схема сооружения (конструкции),
- сетка МКЭ для рассматриваемого сооружения,
- распечатка исходных данных вычислительной программы,
- скриншоты программы визуализации результатов расчётов,
- файлы результатов расчётов,
- анализ результатов расчёта с выводами.

Вопросы к защите курсовой работы:

- Сформулируйте цель практической работы?
- Каким образом выбираются габариты скального блока основания, учитываемого в расчёте? Почему они выбираются именно такими?
- Какие граничные условия приняты в расчётной схеме системы «плотина-основание»? Почему?
- Сколько в составленной сетке конечных элементов расчётной области “плотина - скальное основание” конечных элементов? узлов?
- Каково количество степеней свободы в сетке конечных элементов системы “плотина - скальное основание”?
- Какие нагрузки учитывались при расчёте напряжённо-деформированного



состояния системы “плотина - скальное основание”? Учитывалось ли фильтрационное противодавление на подошву плотины?

- Учитывалось ли давление воды на дно водохранилища? Почему?
- Какие физико-механические характеристики имеют материалы расчётной области?
- Какие параметры характеризуют упругое поведение контакта плотины и сооружения?
- Какие параметры характеризуют нелинейное поведение контакта плотины и сооружения?
- Какое количество итераций было выполнено при решении нелинейной задачи?
- Каково максимальное значение сжимающих главных напряжений в теле плотины? Где оно наблюдается?
- В каких зонах и на сколько полученные напряжения в теле плотины отличаются от получаемых методом сопротивления материалов? Почему?
- Можно ли ожидать появления трещин в скальном основании плотины? Каково их направление?
- Раскрылся ли контактный шов между плотинной и основанием? На сколько? Угрожает ли раскрытие шва надёжности работы противофильтрационной завесы в основании?
- Как сказалось раскрытие контактного шва на величины перемещений гребня плотины?
- Как сказалось раскрытие контактного шва на величины напряжений в плотине?
- Как сказалось раскрытие контактного шва на величину коэффициента устойчивости плотины?
- Как сказалась деформируемость основания на величину коэффициента устойчивости плотины?

Вопросы для оценки качества освоения дисциплины:

Примерные вопросы к зачёту и экзамену:

- 1) Напряжение и деформации в точке. Тензор напряжений и деформаций. Связь между напряжениями. Главные напряжения. Инварианты тензора напряжений.
- 2) Уравнения равновесия теории упругости.
- 3) Уравнения неразрывности теории упругости.
- 4) Плоская задача теории упругости. Закон Гука для плоской задачи. Закон Гука в форме Ляме.
- 5) Полная система уравнений теории упругости. Упругий потенциал. Энергия деформации.
- 6) Прямая и обратная задачи теории упругости. Принцип Сен-Венана.
- 7) Понятие о функции напряжений. Её связь с компонентами тензора напряжений. Бигармоническое уравнение.
- 8) Решение задач теории упругости с помощью функции напряжений (функции Эри).
- 9) Решение задачи о бесконечном клине под действием треугольной поверхностной нагрузки и объёмной силы тяжести.
- 10) Вариационные принципы. Вариационный принцип Лагранжа. Принцип Кастильяно.
- 11) Вариационные методы решения задач теории упругости. Метод Ритца.
- 12) Метод Бубнова – Галёркина.
- 13) Модели сплошных сред. Основные положения теории прочности и механики разрушения.
- 14) Упругая и пластическая деформации; дислокации; упругость, пластичность, ползучесть, вязкоупругость.

- 15) Теории прочности.
- 16) Хрупкое и пластическое разрушение; разрушение при ползучести.
- 17) Теории контактного взаимодействия упругих тел. Модель Винклера в контактных задачах. Нелинейные проблемы контактного взаимодействия.
- 18) Нормальный контакт неупругих тел основные уравнения. Контактное взаимодействие тел при сдвиге.
- 19) Математические модели механики разрушения. Теория дефектов строения материалов. Силы сопротивления раскрытию трещины. Пластическое состояние вблизи трещины.
- 20) Нелинейные проблемы механики твердого деформированного тела. Классификация нелинейных задач. Условия начала пластичности и текучести.
- 21) Общие методы решения нелинейных задач: метод шагов по параметру нагружения, метод переменных параметров упругости.
- 22) Метод конечных элементов (МКЭ) и его применение к статическим и динамическим задачам механики.
- 23) Основные соотношения МКЭ, построение матриц жесткости. Типы конечных элементов.
- 24) Основные соотношения МКЭ, построение матриц жесткости. Типы конечных элементов.
- 25) Контактные элементы для моделирования контактного взаимодействия. Элемент Гудмана. Особенности формирования матрицы жесткости.
- 26) Моделирование дилатантного поведения трещин.
- 27) Специальные сингулярные элементы для подсчета коэффициентов интенсивности напряжений у вершины трещины.
- 28) Методы подсчета коэффициента интенсивности напряжений.
- 29) Методы решения больших систем алгебраических уравнений, порожденных МКЭ.
- 30) Решение задач с физической нелинейностью МКЭ в рамках деформационной теории пластичности.
- 31) Решение задач с физической нелинейностью МКЭ по теории пластического течения.
- 32) Определение собственных частот и форм колебаний конструкций МКЭ. Применяемые методы.
- 33) Обзор программных комплексов реализующих МКЭ. Промышленные программные комплексы. Проблемно ориентированные и исследовательские программные комплексы.
- 34) Понятие о других численных методах механики: граничных элементов, конечных разностей, метод дискретных элементов.
- 35) Система динамических уравнений. Собственные формы и частоты. Методы определения собственных частот.
- 36) Резонансные режимы колебаний. Демпфирование колебаний, его роль в колебательном процессе.
- 37) Определение собственных частот и форм колебаний конструкций МКЭ. Применяемые методы.
- 38) Методы интегрирования уравнения движения.
- 39) Нелинейные колебания систем с конечным числом степеней свободы. Численные методы исследования нелинейных колебаний.

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

Процедура промежуточной аттестации проходит в соответствии с Положением о текущем контроле и промежуточной аттестации обучающихся в ФГБОУ ВПО «МГСУ».

- Аттестационные испытания проводятся преподавателем, ведущим лекционные занятия по данной дисциплине, или преподавателями, ведущими практические и лабораторные занятия (кроме устного экзамена). 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). В случае отсутствия ведущего преподавателя аттестационные испытания проводятся преподавателем, назначенным письменным распоряжением по кафедре (структурному подразделению).

- 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/экзамена 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, ведет записи в листе устного ответа, который затем (по окончании экзамена) сдается экзаменатору.

- При проведении устного экзамена экзаменационный билет выбирает сам экзаменуемый в случайном порядке.

- Экзаменатору предоставляется право задавать обучающимся дополнительные вопросы в рамках программы дисциплины текущего семестра, а также, помимо теоретических вопросов, давать задачи, которые изучались на практических занятиях.

- Оценка результатов устного аттестационного испытания объявляется обучающимся в день его проведения. При проведении письменных аттестационных испытаний или компьютерного тестирования – в день их проведения или не позднее следующего рабочего дня после их проведения.

- Результаты выполнения аттестационных испытаний, проводимых в письменной форме, форме итоговой контрольной работы или компьютерного тестирования, должны быть объявлены обучающимся и выставлены в зачетные книжки не позднее следующего рабочего дня после их проведения.

- Оценка по курсовой работе (курсовому проекту) выставляется на основании результатов защиты на комиссии обучающимся курсовой работы (проекта) при непосредственном участии преподавателей кафедры (структурного подразделения), руководителя курсовой работы (проекта), с возможным присутствием других обучающихся из учебной группы. Одной из форм защиты может быть презентация курсовой работы (проекта). Результаты защиты (оценка) вносятся в аттестационную ведомость курсовой работы (проекта) с указанием темы курсовой работы (проекта), а также в зачетную книжку в раздел «Курсовые проекты (работы)».

Процедура защиты курсовой работы (проекта) определена Положением о курсовых работах (проектах) ФГБОУ ВПО «МГСУ».

## **8. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)**

№ п/п	Наименование дисциплины (модуля) в соответствии с учебным планом	Автор, название, место издания, издательство, год издания учебной и учебно-методической литературы, количество страниц	Количество экземпляров печатных изданий	Число обучающихся, одновременно изучающих дисциплину (модуль)
1	2	3	4	5
<i>Основная литература:</i>				
НТБ МГСУ				
1	Прикладные задачи механики в гидротехнике	Основы теории упругости в примерах и тестах: учебное пособие, под ред. В.И.Андреева. – М.: МГСУ 2011 г.	24	20
2	Прикладные задачи механики в гидротехнике	Сопrotивление материалов с основами теории упругости и пластичности: учебник. / Г.С.Варданян (и др.). - М.: Инфра-М, 2013. - 637 с.	205	20
ЭБС АСВ				
	Прикладные задачи механики в гидротехнике	Кирсанова Э.Г. Сопrotивление материалов [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Кирсанова Э.Г.— Электрон. текстовые данные.— Саратов: Ай Пи Эр Медиа, 2012.— 110 с.	Режим доступа: <a href="http://www.iprbookshop.ru/733">http://www.iprbookshop.ru/733</a> .— ЭБС «IPRbooks», по паролю	
<i>Дополнительная литература:</i>				
НТБ МГСУ				
	Прикладные задачи механики в гидротехнике	Численные и аналитические методы расчета строительных конструкций: монография/А.Б.Золотов. - М.: МГСУ: Изд-во АСВ, 2009. - 336 с.	305	20

**9. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» (далее – сеть «Интернет»), необходимых для освоения дисциплины (модуля)**

Наименование ресурса сети «Интернет»	Электронный адрес ресурса
«Российское образование» - федеральный портал	<a href="http://www.edu.ru/index.php">http://www.edu.ru/index.php</a>
Научная электронная библиотека	<a href="http://elibrary.ru/defaultx.asp?">http://elibrary.ru/defaultx.asp?</a>
Электронная библиотечная система IPRbooks	<a href="http://www.iprbookshop.ru/">http://www.iprbookshop.ru/</a>
Федеральная университетская компьютерная сеть России	<a href="http://www.runnet.ru/">http://www.runnet.ru/</a>
Информационная система "Единое окно доступа к образовательным ресурсам"	<a href="http://window.edu.ru/">http://window.edu.ru/</a>
Научно-технический журнал по строительству и архитектуре «Вестник МГСУ»	<a href="http://www.vestnikmgsu.ru/">http://www.vestnikmgsu.ru/</a>
Научно-техническая библиотека МГСУ	<a href="http://www.mgsu.ru/resources/Biblioteka/">http://www.mgsu.ru/resources/Biblioteka/</a>
раздел «Кафедры» на официальном сайте МГСУ	<a href="http://www.mgsu.ru/universityabout/Struktura/Kafedri/">http://www.mgsu.ru/universityabout/Struktura/Kafedri/</a>

## 10. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)

Студенту рекомендуется организовывать и планировать свою самостоятельную работу в соответствии с п.5.5 рабочей программы дисциплины.

При самоподготовке по материалам дисциплины студенту рекомендуется использовать следующие приёмы:

1. Знакомство с основной и дополнительной литературой, включая справочные издания, конспект лекции. Необходимо после каждой лекции знакомиться с изложением материала лекции в литературе;

2. Ознакомление с основополагающими терминами и понятиями, требующихся для запоминания, с помощью энциклопедий, словарей, справочников с выписыванием толкований в специальный конспект (тетрадь). Сопоставление разных толкований между собой;

3. Написание конспекта лекций, в котором в краткой, схематичной форме фиксировать наиболее важные положения и законы дисциплины, ключевые слова, термины и определения, выделять выводы и обобщения, пометать важные мысли;

4. Самостоятельное повторное решение практических задач, рассмотренных на занятиях и в учебной литературой, с последующей сверкой самостоятельного и эталонного решения;

5. Осуществление подготовки к мероприятиям текущего контроля и промежуточной аттестации по вопросам, указанным в рабочей программе дисциплины, фонде оценочных средств, ведение тетради ответов на вопросы;

6. Выделение круга вопросов, который вызывает трудности, с последующим их разрешением либо с помощью рекомендуемой литературы, либо с помощью консультации у преподавателя.

7. Работа с конспектом лекций, подготовка ответов к контрольным вопросам.

При работе над курсовым проектом (работой) рекомендуется осуществлять следующим образом:

1. Вести работу над курсовым проектом (работой) в соответствии с методическими указаниями.

2. Планомерно выполнять курсовой проект (работу) в соответствии с планом-графиком, поэтапно, по мере объяснения на практических занятиях;

3. Вести постоянные консультации с руководителем курсового проекта (работы) по мере выполнения разделов и частей курсового проекта;

4. Ознакомливаться с объектами-аналогами тех сооружений, которые рассматриваются в курсовом проекте (работе).

## 11. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)

### 11.1. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса

№ п/п	Наименование раздела дисциплины (модуля)	Тема	Информационные технологии	Степень обеспеченности (%)
2	Механика деформирования и контактирования твёрдых тел	Курсовая работа «Расчёт напряжённо-деформированного состояния	Консультации посредством электронной почты	100

		сооружения (конструкции) методом конечных элементов»		
3	Вычислительная механика	Курсовая работа «Расчёт напряжённо-деформированного состояния сооружения (конструкции) методом конечных элементов»	Консультации посредством электронной почты	100
4	Динамика и теория колебаний	Курсовая работа «Расчёт напряжённо-деформированного состояния сооружения (конструкции) методом конечных элементов»	Консультации посредством электронной почты	100

*11.2. Перечень программного обеспечения, используемого при осуществлении образовательного процесса*

№	Наименование раздела дисциплины (модуля)	Тема	Наименование программного обеспечения	Тип лицензии
2	Механика деформирования и контактирования твёрдых тел	Курсовая работа «Расчёт напряжённо-деформированного состояния сооружения (конструкции) методом конечных элементов»	CRACK NDS-N Генерация расчетной сетки МКЭ	Разработано ППС МГСУ
3	Вычислительная механика	Курсовая работа «Расчёт напряжённо-деформированного состояния сооружения (конструкции) методом конечных элементов»	CRACK NDS-N Генерация расчетной сетки МКЭ	Разработано ППС МГСУ
4	Динамика и теория колебаний	Курсовая работа «Расчёт напряжённо-деформированного состояния сооружения (конструкции) методом конечных элементов»	CRACK NDS-N Генерация расчетной сетки МКЭ	Разработано ППС МГСУ

### 11.3. Перечень информационных справочных систем

#### Информационно-библиотечные системы

Наименование ИБС	Электронный адрес ресурса
Научная электронная библиотека	<a href="http://elibrary.ru/defaultx.asp?">http://elibrary.ru/defaultx.asp?</a>
Электронная библиотечная система IPRbooks	<a href="http://www.iprbookshop.ru/">http://www.iprbookshop.ru/</a>
Научно-техническая библиотека МГСУ	<a href="http://www.mgsu.ru/resources/Biblioteka/">http://www.mgsu.ru/resources/Biblioteka/</a>

## 12. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю):

Учебные занятия по дисциплине «Прикладные задачи механики в гидротехнике» проводятся в следующих оборудованных учебных кабинетах, оснащенных соответствующим оборудованием и программным обеспечением:

№ п/п	Вид учебного занятия	Наименование оборудования	№ и наименование оборудованных учебных кабинетов, объектов для проведения практических занятий
1	2	3	4
1	Лекция	Стационарные / мобильные (переносные) наборы демонстрационного оборудования	Аудитории / аудитория для проведения занятий лекционного типа в соответствии с перечнем аудиторного фонда
2	Практическое занятие	Мобильные (переносные) наборы демонстрационного оборудования	Аудитории / аудитория для проведения занятий семинарского типа в соответствии с перечнем аудиторного фонда
		Системный блок Kraftway Credo KC41 – 15 шт., Компьютер тип № 3/Dell с монитором 21,5”HP, Ноутбук Notebook HP”/тип № 4, Принтер тип № 4/ HP Color LJ CP 5225dn, ИБП тип 1APS 900 для компьютера	УЛБ, 502г

Программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования и с учетом рекомендаций примерной основной образовательной программы высшего образования по направлению подготовки 08.04.01 «Строительство» (уровень магистратуры).