

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.2	Планирование эксперимента и оптимизация гидротехнических сооружений

Код направления подготовки	08.04.01
Направление подготовки	Строительство
Наименование ОПОП (профиль)	Гидротехническое строительство
Год начала подготовки	2015
Уровень образования	очная
Форма обучения	магистратура

Разработчики:

должность	ученая степень, звание	подпись	ФИО
профессор	к.т.н., доцент		Бестужева А.С.
доцент	к.т.н., доцент		Саинов М.П.

**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 «Планирование эксперимента и оптимизация гидротехнических сооружений» является

- освоение основных принципов и методов экспериментальных исследований в гидротехнике,
- освоение теории и практических способов поиска оптимальных решений.

Задачи дисциплины:

- знакомство с законами, лежащими в основе физического моделирования, критериями моделирования при исследовании различных гидравлических явлений, методами расчета параметров модели и пересчета с модели на натуру;
- изучение теории планирования экспериментов;
- изучение принципов гидравлического, статического и динамического моделирования;
- изучение способов обработки результатов экспериментов и построения эмпирических зависимостей;
- изучение основных понятий оптимизации.

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 использовать на практике навыки и умения в организации научно-исследовательских и научно-производственных работ, в управлении коллективом, влиять на формирование целей команды, воздействовать на ее социально-психологический климат в нужном для достижения целей направлении, оценивать качество результатов деятельности, способностью к активной социальной мобильности	ОПК-3	Знает методы моделирования в области гидротехники	31.1
		Знает теорию физического моделирования сооружений и процессов	31.2
		Знает теорию размерностей	31.3
		Умеет применять теорию размерностей к решению инженерных и научных задач	У1.1
способностью осознать основные проблемы своей предметной области, при решении которых возникает необходимость в сложных задачах выбора, требующих использования количественных и качественных методов	ОПК-9	Знает возможности экспериментальных и расчётных исследований, методов оптимизации по решению задач профессиональной деятельности в области гидротехнического строительства	32.1
		Знает основные понятия оптимизации	32.2
		Знает теоретические основы построения функций методом факторного анализа	32.3
		Знает методы поиска оптимума функции	32.4

		Умеет построить функции отклика и задать их ограничения	У2.1
		Умеет найти оптимум функции аналитическими или численными методами	У2.2
		Имеет навыки оптимизации конструкций гидротехнических сооружений	Н2.1
способностью разрабатывать методики, планы и программы проведения научных исследований и разработок, готовить задания для исполнителей, организовывать проведение экспериментов и испытаний, анализировать и обобщать их результаты	ПК-5	Знает методы планирования экспериментов	З3.1
		Знает методы обработки и анализа результатов экспериментов	З3.2
		Умеет определять основные факторы экспериментов, планировать эксперименты и обрабатывать их результаты	У3.1
		Умеет составить рациональный план расчётов оптимизации	У3.2
способностью демонстрировать знания фундаментальных и прикладных дисциплин программы магистратуры	ОПК-4	Имеет навыки самостоятельно ставить и решать экспериментальные задачи гидротехники	Н3.1

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

Дисциплина «Планирование эксперимента и оптимизация гидротехнических сооружений» 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 дисциплиной по выбору.

Дисциплина «Планирование эксперимента и оптимизация гидротехнических сооружений» базируется на знаниях, умениях и навыках, приобретенных студентами в процессе изучения следующих дисциплин:

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

а также знаний, умений и навыков, приобретённых в процессе освоения основной образовательной программы подготовки бакалавров.

Требования к входным знаниям, умениям и навыкам студентов:

Для освоения дисциплины «Планирование эксперимента и оптимизация гидротехнических сооружений» студент должен:

Знать:

- высшую математику в объёме подготовки бакалавра по направлению «Строительство» (дифференциальное и интегральное исчисление, матричный анализ);
- основы теории проектирования сооружений и строительных конструкций,
- современные средства вычислительной техники и её возможности,

Уметь:

- применить методы математики для решения профессиональных задач,
- проектировать и рассчитывать сооружения и конструкции.
- использовать компьютерную технику в профессиональной деятельности, пользоваться основными офисными приложениями,
- формулировать физико-математическую постановку задачи исследования,

Владеть:

- навыками использования компьютерных технологий,
- навыками работы с современной научной литературой.

Дисциплины и практики, для которых дисциплина «Планирование эксперимента и оптимизация гидротехнических сооружений» является предшествующей:

- «Речные гидроузлы и гидроэлектростанции»,
 - «Гидротехнические сооружения водного транспорта»,
 - «Строительство речных и подземных гидротехнических сооружений»,
 - «Строительство морских гидротехнических сооружений»,
 - «Научно-исследовательская работа»,
 - «Преддипломная практика (практика по получению профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности)»,
- а также государственной итоговой аттестации.

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 5 зачетных единиц, 180 академических часов.

Структура дисциплины:

№ 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	Методология экспериментальных исследований	2		8		14			60	Контрольная работа
2	Методы оптимизации конструкций	2		6		14			60	РГР
	Итого:			14		28		18	120	зачёт

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*

№ п/п	Наименование раздела дисциплины (модуля)	Тема и содержание занятия	Кол-во акад. часов
1	Методология экспериментальных исследований	<p>Понятие эксперимента. Эксперимент как метод познания. Взаимосвязь теории и эксперимента. Возможности построения математической модели объекта исследования. Основные типы математических моделей – динамические и статические, интерполяционные, экстраполяционные. Основные характеристики объекта исследования: сложность строения, управляемость, воспроизводимость. Необходимые условия построения математических моделей – наличие априорной информации. Методы построения математических моделей. Метод иерархий и проверка адекватности.</p>	1
		<p>Планирование эксперимента. Виды планирования эксперимента в зависимости от уровня априорной информации. Числа Фибоначчи и их использование при планировании эксперимента. Латинский квадрат. Метод планирования Бокса-Уилсона.</p>	1
		<p>Понятие о моделировании. Моделирование как метод познания. Виды моделирования: наглядное, символическое, математическое, аналоговое, физическое, натурное. Модельные исследования в гидротехнике: гидравлические, фильтрационные, прочностные статические и динамические; их особенности. Аэродинамическое моделирование. Гидравлические установки, модели и приборы.</p>	1
		<p>Использование теории размерностей в экспериментальных исследованиях. Основные положения теории размерностей. Основные и производные размерности физических величин. Безразмерные физические величины. Вывод формул на основе анализа размерностей (метод Релея, Букингема, Ипсена и др.). Три теоремы подобия, π - теорема. Геометрическое, кинематическое и динамическое подобие. Критерии подобия. Закон подобия Ньютона. Индикатор подобия. Правила моделирования.</p>	2
		<p>Моделирование гидравлических явлений. Условия подобия. О законе подобия Ньютона. Вывод критериев гидродинамического подобия (Рейнольдса, Фруда, Струхала, Эйлера) из уравнения Навье – Стокса. Признаки подобных явлений. Подобие при исследовании установившегося (ламинарного и турбулентного) течения, при исследовании течения через местные сопротивления, при исследовании течения через водосливы, при исследовании гидравлических турбин. Подобие при исследовании неустановившегося движения</p>	1

		потоков.	
		Статическое и динамическое моделирование. Критерии подобия при моделировании задач статики и динамики гидросооружений. Лабораторные установки, модели и приборы.	1
		Обработка результатов экспериментов. Определение эмпирических формул при обработке результатов экспериментов. Метод наименьших квадратов. Анализ погрешностей измерений. Регрессивный, дисперсионный и корреляционный анализ результатов эксперимента. Экспертный метод, метод анализа иерархий.	1
2	Методы оптимизации конструкций	Введение в оптимизацию. Цели и задачи оптимизации. Оптимальная конструкция, её свойства. Понятия фактора, отклика, ограничения, согласованного оптимума.	1
		Основы методики факторного анализа. Применение факторного анализа к оптимизации гидротехнических сооружений. Действующие факторы и их свойства. Нормирование факторов. Метод дробного факторного эксперимента. Выбор плана вариантов расчета. Квазилинейный полином (целевой функции, функции ограничения). Построение матрицы расчетных вариантов конструкции. Коэффициенты полнофакторного полинома (целевой функции и функции ограничения). Адекватность полиномов. Ограничение на дробность реплик. Построение плана вариантов расчетов при наличии квадратичных членов в полиноме. Проверка адекватности.	2
		Методы поиска оптимальных решений. Принцип согласованного оптимума - принцип Парето. Решение многокритериальных задач оптимизации. Построение функции единого параметра оптимизации. Свертка функций ограничений с помощью функции Харингтона. Штрафные функции. Метод покоординатного спуска или прямого поиска. Выбор метода оптимизации. Анализ полученных решений.	3

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	Методология экспериментальных исследований	Теория размерностей в эксперименте. Использование Пи – теоремы для получения критериев подобия. Построение функциональных связей в эксперименте на основе теории размерностей. Определение эмпирических формул методом наименьших квадратов. Освоение методики дисперсионного, корреляционного и регрессионного анализа результатов экспериментов. Освоение методики анализа иерархий.	4

		<p>Гидравлическое моделирование. Определение коэффициента расхода водослива на модели. Гидравлическое моделирование водослива «Определение коэффициента расхода водослива на модели». Выбор размера модели, определение критериев подобия, пересчет на натуру. Построение зависимости коэффициента расхода водослива от действующего напора. Проверка адекватности построенной функции коэффициента расхода.</p>	4
		<p>Лабораторные исследования на гидравлических моделях. Тематическая образовательная экскурсия в отдел гидравлических исследований НИИЭС «РусГидро». Ознакомление с действующими моделями проектируемых водосбросов гидроузлов.</p>	6
2	Методы оптимизации конструкций	<p>Методы поиска оптимального решения. Оптимизация конструкций – поиск оптимального решения. Использование чисел Фибоначчи при планировании эксперимента для определения экстремума функции (определение оптимальной влажности грунта, оптимальной высоты перемычки и т.п.). Метод принятия решения в отсутствии целевой функции. Экспертный метод анализа иерархий. Метод факторного анализа при наличии целевой функции.</p>	4
		<p>Построение функций откликов. Выбор факторного пространства, масштабирование факторов, нормирование факторов. Определение целевой функции, назначение критериев оптимизации. Выбор критериев работоспособности для различных конструкций плотин: бетонных и грунтовых. Построение матрицы планирования для полнофакторного эксперимента, для дробно-факторного эксперимента. Проведение расчетов. Определение коэффициентов в полиномах для функций откликов. Проверка адекватности функций откликов.</p>	4
		<p>Оптимизация гидротехнических сооружений. Оптимизация при решении двухкритериальной задачи. Применение метода Парето для поиска оптимума. Решение многокритериальных задач оптимизации. Метод прямого поиска. Метод решения многокритериальной задачи на основе единого параметра оптимизации. Построение шкалы Харрингтона. Масштабирование функции единого параметра оптимизации. Построение полинома для функции единого параметра работоспособности.</p>	4
		<p>Сравнение разных методов поиска оптимальной конструкции. Поиск оптимальной конструкции на основе метода Парето. Поиск оптимальной конструкции методом минимизации целевой функции с учетом ограничений по критериям работоспособности. Решение многокритериальной задачи в Mathcad. Сравнение полученных решений разными методами. Выбор оптимальной конструкции по стоимости.</p>	2

5.4. Групповые консультации по курсовым работам/курсовым проектам

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

5.5. Самостоятельная работа

№ п/п	Наименование раздела дисциплины (модуля)	Содержание работы	Кол-во акад. часов
1	Методология экспериментальных исследований	<i>Изучение материала лекций с помощью учебника и учебных пособий, электронных ресурсов.</i>	8
		<i>Самостоятельное изучение темы «Понятие эксперимента»</i> Взаимосвязь теории и эксперимента. Исторический обзор. Потребность построения математической модели исследуемого реального объекта, гипотетического объекта. Основные типы математических моделей (динамические и статические, интерполяционные, экстраполяционные). Основные характеристики объекта исследования: (строение, управляемость, воспроизводимость). Условия построения математических моделей по наличию или отсутствию априорной информации. Необходимость планирования эксперимента.	6
		<i>Самостоятельное изучение темы «Планирование эксперимента»</i> Основной принцип планирования эксперимента. Примеры планирования эксперимента. Числа Фибоначчи и их использование при планировании эксперимента. Однофакторные эксперименты и дисперсионный анализ. Рандомизированные блоки, Латинский квадрат. Неполноблочные планы. Метод планирования Бокса-Уилсона.	8
		<i>Самостоятельное изучение темы «Понятие о моделировании»</i> Виды моделирования: наглядное, символическое, математическое, аналоговое, физическое, натурное. Модельные исследования в гидротехнике: гидравлические, фильтрационные, прочностные статические и динамические; их особенности. Правила моделирования.	2
		<i>Самостоятельное изучение темы «Использование теории размерностей в экспериментальных исследованиях»</i> Основы теории подобия и размерностей. Первая теорема подобия. Вторая теорема подобия, третья теорема подобия. Использование Пи – теоремы для получения критериев подобия. Построение функциональных связей в эксперименте на основе теории размерностей. Определение эмпирических формул методом наименьших квадратов. Основные положения теории размерностей. Основные и производные размерности физических величин. Безразмерные физические величины. Вывод формул на основе анализа размерностей (метод Релея, Букингема, Ипсена и др.). Геометрическое, кинематическое и динамическое подобие. Критерии подобия. Закон подобия Ньютона. Индикатор подобия.	8
<i>Самостоятельное изучение темы «Моделирование гидравлических явлений»</i> Вывод критериев гидродинамического подобия (Рейнольдса, Фруда, Струхала, Эйлера) из уравнения Навье – Стокса. Признаки подобных явлений. Подобие при исследовании установившегося (ламинарного	8		

		и турбулентного) течения, при исследовании течения через местные сопротивления, при исследовании течения через водосливы, при исследовании гидравлических турбин. Подобие при исследовании неустановившегося движения потоков. Аэродинамическое моделирование. Гидравлические установки, модели и приборы.	
		<i>Самостоятельное изучение темы «Статическое и динамическое моделирование»</i> Статические исследования ГТС. Упругие модели, прочностные модели. Модельные материалы. Испытательные стенды и методика измерений. Метод центробежного моделирования. Динамические исследования ГТС. Лабораторные установки, модели и приборы. Аналоговое моделирование. Критерии подобия при моделировании задач статики и динамики гидросооружений.	8
		<i>Самостоятельное изучение темы «Обработка результатов экспериментов»</i> Определение эмпирических формул при обработке результатов экспериментов. Метод наименьших квадратов. Анализ погрешностей измерений. Регрессивный, дисперсионный и корреляционный анализ результатов эксперимента. Экспертный метод, метод анализа иерархий.	8
		<i>Самостоятельный практикум по материалам практических занятий на следующие темы:</i> Составление плана эксперимента.	4
2	Методы оптимизации конструкций	<i>Изучение материала лекций с помощью учебника и учебных пособий, электронных ресурсов.</i>	10
		<i>Самостоятельное изучение темы «Введение в оптимизацию»</i> Введение в теорию дисперсионного и факторного анализа. Преимущества факторных экспериментов. Основные понятия и определения. Постановка задачи. Выбор параметров оптимизации. Установление локальных экономических параметров сооружения. Технические параметры оптимизации. Область определения – непрерывная и дискретная.	8
		<i>Самостоятельное изучение темы «Основы методики факторного анализа»</i> Подход к выбору параметров оптимизации. Задачи с несколькими пара метрами оптимизации. Способы уменьшения числа параметров. Требования к параметрам оптимизации. Выбор факторов. Требования к факторам. Виды факторов. Формализация отбора факторов. Методы отсеивания факторов. Определение центра факторного пространства. Выбор интервалов варьирования. Выбор числа уровней. Выбор схемы планирования. Ненасыщенные и насыщенные планы, сверхнасыщенные планы. Метод случайного баланса. Построение матрицы планирования. Проведение экспериментов. Обработка результатов.	8
		<i>Самостоятельное изучение темы «Методы поиска оптимальных решений»</i> Методы отыскания области оптимума (линейная аппроксимация, Крутое восхождение). Ортогональные планы. Ротатабельные планы. Ортогональные блоки.	8

		<p>Полнофакторный эксперимент. Дробнофакторный эксперимент. Выбор модели. Вычисление коэффициентов модели. Построение математической модели. Оценка адекватности модели. Градиентные методы оптимизации. Принцип Парето. Решение многокритериальных задач оптимизации. Свертка критериев и единый параметр оптимизации. Шкалы Харрингтона, нормирование единого параметра оптимизации. Поиск оптимального решения методами MATHCAD, EXCEL.</p>	
		<p><i>Выполнение расчётно-графической работы</i> Описание конструкции плотины, ее особенности, назначение. Определение наиболее значимых факторов, определяющих ее конструкцию и стоимость. Назначение границ варьирования факторов. Установление факторного пространства. Определение наиболее значимых критериев работоспособности плотины, оценка их зависимости от выбранных факторов. Назначение функций ограничений. Выбор целевой функции оптимизации. Составление матрицы планирования эксперимента, представляется в табличном виде. Представление вида полиномиальной зависимости для функций откликов. Выбор типа (полнофакторного или дробнофакторного) эксперимента. Проведение экспериментов-расчетов согласно составленной матрице планирования. Расчеты проводятся по программам, составленным на каф. ГС для расчетов устойчивости откосов грунтовых плотин, для расчетов напряженно-деформированного состояния бетонных и грунтовых плотин с учетом нагрузок основного и особого сочетания, с учетом температурных воздействий. Отыскание коэффициентов полиномиальной функции откликов. Проверка адекватности составленных функций откликов в центре факторного пространства Поиск оптимальной конструкции двумя вариантами из методов, рекомендованных для решения двухкритериальных задач (метод Парето, метод прямого поиска по программе ОРТИМ, метод минимизации функционала в программе MATHCAD) или для решения многокритериальных задач (метод Единого параметра оптимизации D, метод прямого поиска по программе ОРТИМА, метод минимизации функционала в программе MATHCAD). Сопоставление полученных значений оптимальных конструкций разными методами. Проверка их адекватности (для каждой из оптимальной конструкции). Выбор оптимальной конструкции среди найденных. Анализ полученных результатов, вывод о целесообразности использования того или иного метода оптимизации, того или иного типа планирования эксперимента, рекомендации, выводы.</p>	26

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, приобретение навыков анализа их результатов.

Самостоятельная работа студента включает:

- самостоятельное изучение студентами разделов дисциплины с помощью специальной технической литературы и Интернет-ресурсов,
- подготовку к мероприятиям текущего контроля (контрольная работа, опросы на лекциях),
- подготовку к промежуточной аттестации (зачёт) 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,
- 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
ОПК-3	+	+
ОПК-4	+	+
ПК-5	+	+
ОПК-9	+	+

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)	Формы оценивания компетенций			Обеспеченность
		Текущий контроль		Промежуточная аттестация	
		Контрольная работа	Расчетно-графическая работа		
1	2	7	8	11	12
ОПК-3	31.1	+		+	+
	31.2	+		+	+

	31.3	+			+
	У1.1	+			+
ОПК-9	32.1		+	+	+
	32.2		+	+	+
	32.3		+		+
	32.4		+		+
	У2.1		+		+
	У2.2		+		+
	Н2.1		+	+	+
ПК-5, ОПК-4	33.1			+	+
	33.2			+	+
	У3.1			+	+
	У3.2			+	+
	Н3.1			+	+
		+	+	+	+

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

Экзамена и дифференцированного зачёта по дисциплине не предусмотрено.

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

Защиты курсовой работы/проекта по дисциплине не предусмотрено.

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

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

Код показателя оценивания	Оценка	
	Не зачтено	Зачтено
31.1	не знает терминов и определений	знает термины и определения
31.2	не знает основные закономерности и соотношения, принципы построения знаний	знает основные закономерности, соотношения, принципы построения знаний
31.3		
32.1		
32.2	не знает значительной части материала дисциплины,	в целом освоил материал дисциплины
32.3	не понимает сути материала дисциплины	понимает суть материала дисциплины
32.4	допускает грубые ошибки при изложении и интерпретации знаний	может излагать и интерпретировать материал дисциплины
33.1	не может увязывать теорию с практикой, не может ответить на простые вопросы	применяет знания при ответе на вопросы
33.2		
У1.1	не умеет решать практические задачи, выполнять поставленные задания	умеет решать практические задачи, выполнять поставленные задания
У2.1	не понимает сути методики решения задач	понимает суть методики решения задач
У2.2		
У3.1		
	допускает грубые ошибки при решении задач, нарушающие логику решения	не допускает грубых ошибок при решении задач, нарушений логики решения задач

У3.2	не может обосновать выбор метода решения задач, не осознаёт связи теории с практикой	обосновывает выбор метода решения задач
Н2.1 Н3.1	не обладает необходимыми знаниями и умениями	обладает необходимыми знаниями и умениями
	не обладает навыками выполнения поставленных задач	обладает навыками выполнения поставленных задач
	не выполняет трудовые действия	выполняет трудовые действия качественно и своевременно

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:

- выборочного опроса студентов на занятии,
- проведения контрольной работы
- выполнения расчётно-графической работы.

Примерные задания для контрольной работы «вывод формул физического моделирования на основе теории размерностей»:

1. период колебаний математического маятника
2. расход водослива практического профиля
3. критическая глубина
4. длина отлета струи
5. прогиб консоли
6. удлинение образца
7. кривизна балки при изгибе
8. Число-критерий Фруда
9. Высота капиллярного подъема воды в порах
10. Осадка абсолютно жесткого штампа на упругом основании

Расчётно-графическая работа выполняется на тему: «Оптимизация конструкции плотины (бетонной или грунтовой) методом факторного анализа на основе факторного анализа».

Тема расчётно-графической работы и исходный материал выдается магистру преподавателем-консультантом.

Перечень требований к оформлению расчётно-графической работы.

1. Название курсовой работы, исполнитель, преподаватель-консультант, преподаватель приема работы.
2. Описание исходных данных для расчета;
3. Расчётную схему рассчитываемой конструкции, с указанием на ней заданных величин и искомых параметров;
4. Краткие теоретические положения расчетов, расчетные формулы;
5. Результаты расчётов, представляются в графическом виде на расчетной схеме конструкции, а также в табличном виде (для расчётов, выполненных в EXCEL)

Перечень требований к содержанию расчётно-графической работы.

1. Описание конструкции плотины, ее особенности, назначение.

2. Определение наиболее значимых факторов, определяющих ее конструкцию и стоимость. Назначение границ варьирования факторов. Установление факторного пространства.

3. Определение наиболее значимых критериев работоспособности плотины, оценка их зависимости от выбранных факторов. Назначение функций ограничений. Выбор целевой функции оптимизации.

4. Составление матрицы планирования эксперимента, представляется в табличном виде. Представление вида полиномиальной зависимости для функций откликов. Выбор типа (полнофакторного или дробнофакторного) эксперимента.

5. Проведение экспериментов-расчетов согласно составленной матрице планирования. Расчеты проводятся по программам, составленным на каф. ГС для расчетов устойчивости откосов грунтовых плотин, для расчетов напряженно-деформированного состояния бетонных и грунтовых плотин с учетом нагрузок основного и особого сочетания, с учетом температурных воздействий.

6. Отыскание коэффициентов полиномиальной функции откликов. Проверка адекватности составленных функций откликов в центре факторного пространства

7. Поиск оптимальной конструкции двумя вариантами из методов, рекомендованных для решения двухкритериальных задач (метод Парето, метод прямого поиска по программе ОПТИМ, метод минимизации функционала в программе МАТНСАД) или для решения многокритериальных задач (метод Единого параметра оптимизации D, метод прямого поиска по программе ОПТИМА, метод минимизации функционала в программе МАТНСАД).

8. Сопоставление полученных значений оптимальных конструкций разными методами. Проверка их адекватности (для каждой из оптимальной конструкции). Выбор оптимальной конструкции среди найденных.

9. Анализ полученных результатов, вывод о целесообразности использования того или иного метода оптимизации, того или иного типа планирования эксперимента, рекомендации, выводы.

Перечень примерных вопросов для защиты расчётно-графической работы.

1. Цели и задачи оптимизации.
2. Оптимальная конструкция, её свойства.
3. Понятия фактора, факторного пространства. Центр факторного пространства.
4. Понятие функций отклика, их ограничения, целевая функция.
5. Применение факторного анализа к оптимизации гидротехнических сооружений.
6. Действующие факторы и их свойства. Нормирование факторов.
7. Метод полнофакторного эксперимента
8. Выбор плана вариантов расчета.
9. Квазилинейный полином (целевой функции, функции ограничения).
10. Построение матрицы расчетных вариантов конструкции.
11. Коэффициенты полнофакторного полинома (целевой функции и функции ограничения). Адекватность полиномов.
12. Дробно-факторный эксперимент. Ограничение на дробность реплик.
13. Построение плана вариантов расчетов при наличии квадратичных членов в полиноме.
14. Проверка адекватности.
15. Принцип согласованного оптимума - принцип Парето.
16. Решение многокритериальных задач оптимизации.
17. Построение функции единого параметра оптимизации.
18. Свертка функций ограничений с помощью функции Харингтона.
19. Метод покоординатного спуска или прямого поиска.

20. Выбор метода оптимизации. Анализ полученных решений

7.3.2. Промежуточная аттестация

Промежуточная аттестация проводится в соответствии с Положением о текущем контроле и промежуточной аттестации в НИУ МГСУ.

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в виде зачёта (во 2ом семестре), экзамена (в 3ем семестре), защиты курсового проекта (во 2ом семестре) и курсовой работы (в 3ем семестре).

Вопросы для оценки качества освоения дисциплины (вопросы к зачету):

1. Использование Π – теоремы для получения критериев подобия;
2. Определение эмпирических формул методом наименьших квадратов;
3. Освоение методики дисперсионного, корреляционного и регрессионного анализа результатов экспериментов;
4. Использование чисел Фибоначчи при планировании эксперимента по определению экстремума функции (определение оптимальной влажности грунта, оптимальной высоты перемычки и т.п.)
5. Освоение методики экспертного метода анализа иерархий;
6. Гидравлическое моделирование водослива - выбор размера модели, критерии подобия, пересчет на натуру.
7. Построение плана расчётов;
8. Применение факторного анализа к оптимизации гидротехнических сооружений.
9. Адекватность полиномов.
10. Ограничение на дробность реплик.
11. Построение плана вариантов расчетов при наличии квадратичных членов в полиноме.
12. Принцип согласованного оптимума - принцип Парето.
13. Решение многокритериальных задач оптимизации.
14. Построение функции единого параметра оптимизации.
15. Свертка функций ограничений с помощью функции Харингтона.
16. Штрафные функции.
17. Метод покоординатного спуска или прямого поиска.

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 НИУ 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 зачётные книжки не позднее следующего рабочего дня после их проведения.

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
1	2	3	4	5
<i>Основная литература:</i>				
		НТБ		
1	Планирование эксперимента и оптимизация гидротехнических сооружений	Гидротехнические сооружения (речные) [Текст] : учебник для вузов : в 2 ч. / Л. Н. Рассказов [и др.] ; под ред. Л. Н. Рассказова; [рец.: А. И. Альхименко, А. Л. Гольдин]. - Изд. 2-е, испр. и доп. - Москва : Изд-во АСВ, 2011. - Загл. обл.: Гидротехнические сооружения Ч. 1. - 2011. - 581 с.	22	20
	Планирование эксперимента и оптимизация гидротехнических сооружений	Гидротехнические сооружения (речные) [Текст] : учебник для вузов : в 2 ч. / Л. Н. Рассказов [и др.] ; под ред. Л. Н. Рассказова; [рец.: А. И. Альхименко, А. Л. Гольдин]. - Изд. 2-е, испр. и доп. - Москва : Изд-во АСВ, 2011. - Загл. обл.: Гидротехнические сооружения Ч. 2. - 2011. - 533 с.	22	20

	Планирование эксперимента и оптимизация гидротехнических сооружений	Развитие и реконструкция социально-транспортной инфраструктуры мегаполиса. Надземные автомагистрали над железной дорогой [Текст] : [монография] / под общ. ред. Ю. В. Алексеева ; [Ю. В. Алексеев [и др.]. - Москва : АСВ, 2011. - 327 с.	25	20
	Планирование эксперимента и оптимизация гидротехнических сооружений	Аттетков, А. В. Методы оптимизации [Текст] : учебное пособие для студентов высших учебных заведений / А. В. Аттетков, В. С. Зарубин, А. Н. Канатников. - Москва : РИОР ; ИНФРА-М, 2013. - 269 с.	25	20
	Планирование эксперимента и оптимизация гидротехнических сооружений	Шаблинский, Г. Э. Натурные и модельные исследования динамических явлений в строительных конструкциях энергетических и гражданских объектов [Текст] : монография / Г. Э. Шаблинский, Д. А. Зубков ; Московский государственный строительный университет ; [рец.: Б. М. Бахтин, А. Е. Саргсян]. - Москва : МГСУ, 2012. - 483 с.	3	20
		ЭБС АСВ		
2	Планирование эксперимента и оптимизация гидротехнических сооружений	Андреев В.И. Решение задачи оптимизации напряженного состояния элементов строительных конструкций при сложном сопротивлении [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Андреев В.И., Барменкова Е.В.— Электрон. текстовые данные.— М.: Московский государственный строительный университет, Ай Пи Эр Медиа, ЭБС АСВ, 2015.— 23 с.— Режим доступа:	http://www.iprbooks.hop.ru/32241 .— ЭБС «IPRbooks», по паролю	20
<i>Дополнительная литература:</i>				
		НТБ МГСУ		
		ЭБС АСВ		

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

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, помечать 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. Ознакамливаться 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 (%)
1	Методология экспериментальных исследований	Модельные гидравлические исследования	Видеофильм «Исследования на гидравлических моделях (НИИЭС)»	100%
2	Методы оптимизации конструкций	Минимизация целевого функционала.	Прикладные программы МАТНСАD, EXCEL, демонстрация возможностей	100%

11.2. Перечень программного обеспечения, используемого при осуществлении образовательного процесса

№	Наименование раздела дисциплины	Тема	Наименование программного обеспечения	Тип лицензии
1	Методология экспериментальных исследований	Теория размерностей, критерии подобия в физическом моделировании	Autodesk AutoCAD	Учебная бесплатная версия
			Microsoft Office	Open License
2	Методы оптимизации конструкций	Факторный анализ для поиска оптимальной конструкции. Расчеты откосов грунтовой плотины, ндс бетонной плотины и др.	NDS-N; OTKOS; Генерация расчетной сетки МКЭ; TUNNEL	Разработано ППС МГСУ
			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	http://elibrary.ru/defaultx.asp?
Электронная библиотечная система IPRbooks	http://www.iprbookshop.ru/
Научно-техническая библиотека МГСУ	http://www.mgsu.ru/resources/Biblioteka/

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

Учебные занятия по дисциплине «Речные гидроузлы и гидроэлектростанции» 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, 503г УЛБ, Лаборатория "Гидротехнических сооружений"

		Стенд "Типы зданий гидроэлектростанций", Стенд "Типы водонапорных сооружений", Макет "Бетонная водосливная плотина", Макет "Компоновка гидроузла", Макет "Приливная электростанция (ПЭС) Стенд "Виды гидротурбин гидроагрегатов" Стенд "ГАЭС" Стенд "Мировая энергетика"	503г УЛБ, Лаборатория "Гидротехнических сооружений"
--	--	---	--

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).