

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования

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

Шифр	Наименование дисциплины
СЗ.Б.18.2	Подземные гидротехнические сооружения

Код направления подготовки / специальности	08.05.01
Направление подготовки / специальность	Строительство уникальных зданий и сооружений
Наименование ОПОП (профиль / магистерская программа / программа аспирантуры)	Строительство подземных сооружений
Год начала подготовки	2012
Уровень образования	специалитет
Форма обучения	очная

**Разработчики:**

должность	ученая степень, звание	подпись	ФИО
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	Саинов М.П.		
НТБ				
ЦОСП				

## 1. Цель освоения дисциплины

Целью освоения дисциплины «Подземные гидротехнические сооружения» является освоение студентом знаний и умений, необходимых для проектирования и строительства подземных гидротехнических сооружений различного назначения.

### Задачи дисциплины:

- ознакомиться с видами подземных гидротехнических сооружений, их устройством и принципами работы,
- изучить принципы проектирования подземных сооружений различного назначения;
- научить рассчитывать несущие обделки подземных сооружений.

## 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
знает историю развития выбранной специальности и специализации, тенденции ее развития и готов пропагандировать ее социальную и общественную значимость	ОК-12	<b>Знает</b> основные виды подземных гидротехнических сооружений, их назначение и устройство	31.1
способность разрабатывать эскизные проекты зданий и подземных сооружений, руководить разработкой технического и рабочего проектов этих сооружений с использованием средств автоматизированного проектирования	ПСК-2.1	<b>Знает</b> особенности работы, объемно-планировочные решения и конструкции основных типов нормативную базу по проектированию подземных гидротехнических сооружений, используемую в России и за рубежом	32.1
		<b>Знает</b> конструкционные материалы, применяемые при строительстве подземных гидротехнических сооружений	32.2
способность организовать работу коллектива исполнителей, планировать выполнение работ по проектированию и строительству подземных сооружений, зданий и их подземных конструкций, принимать самостоятельные технические решения	ПСК-2.2	<b>Знает</b> конструкции различных типов подземных гидротехнических сооружений	32.3
		<b>Знает</b> способы исследований напряжённо-деформированного состояния подземных сооружений и окружающих их пород	32.3
		<b>Знает</b> теоретические основы расчётов обделок туннелей по двум группам предельных состояний	32.5
		<b>Умеет</b> конструировать подземные гидротехнические сооружения и конструкции в соответствии с российскими и зарубежными нормами	У2.1
способность вести технико-экономическое обоснование	ПСК-2.6		

Компетенция по ФГОС	Код Компетенции по ФГОС	Основные показатели освоения (показатели достижения результата)	Код показателя освоения
строительства подземных сооружений и конструкций		<b>Умеет</b> выбрать форму поперечного сечения подземного сооружения в зависимости от геологических условий и общих размеров	У2.2
		<b>Умеет</b> вести расчёт обделок гидротехнических туннелей по двум группам предельных состояний	У2.3
		<b>Имеет навыки</b> проектирования подземных гидротехнических сооружений	Н2.1

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

Дисциплина «Подземные гидротехнические сооружения» относится к дисциплинам специализации базовой части профессионального цикла основной профессиональной образовательной программы по специальности 08.05.01 «Строительство уникальных зданий и сооружений», специализация № 2 «Строительство подземных сооружений». Дисциплина является обязательной к обучению. Является составной частью модуля «Основания и фундаменты, подземные сооружения и конструкции».

Дисциплина «Подземные гидротехнические сооружения» базируется на знаниях, умениях и навыках, приобретенных студентами в процессе изучения следующих дисциплин:

- «Инженерное обеспечение строительства (инженерная геология)»,
- «Теоретическая механика»,
- «Прикладная механика (Сопrotивление материалов. Теория упругости с основами теории пластичности и ползучести)»,
- «Прикладная механика (Строительная механика)»,
- «Прикладная механика (Механика грунтов, основания и фундаменты сооружений)»,
- «Механика жидкости и газа. Техническая теплотехника»,
- «Геомеханика»,
- «Строительные материалы»,
- «Подземные сооружения и конструкции промышленного и гражданского назначения».

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

Для освоения дисциплины «Подземные гидротехнические сооружения» студент должен:

*Знать:*

- основные виды подземных сооружений, их назначение,
- виды горных пород, их генезис, особенности строения и физико-механических свойств,
- теоретические основы механики грунтов – способы определения напряжений в грунтах, оценки их прочностного состояния,
- теоретические основы технической механики, методы технической механики, позволяющих выполнять инженерные расчёты,

- теорию сопротивления железобетона, его строение и физико-механические свойства,
- основные понятия и уравнения механики деформируемого тела (в частности теории упругости);
- численные методы, применяемые для решения задач механики деформируемого твёрдого тела, и их теоретические основы;

*Уметь:*

- выполнять строительные чертежи,
- читать геологическую графику, анализировать геологические условия, процессы и явления;
- определять усилия и напряжения в строительных конструкциях (статически определимых и статически неопределимых) от действующих нагрузок методами сопротивления материалов и строительной механики,
- вести расчёт напряжённо-деформированного состояния гидротехнического сооружения методом конечных элементов;
- использовать компьютерную технику в профессиональной деятельности,

*Владеть:*

- навыками конструирования и расчёта строительных конструкций и гидротехнических сооружений различного назначения,
- навыками выполнения расчётов прочности, жёсткости и устойчивости строительных конструкций методами технической механики;
- навыками использования современной компьютерной техники для выполнения математических и инженерных расчетов, а также для обработки и оформления их результатов,

*Дисциплины и практики, для которых дисциплина «Подземные гидротехнические сооружения» является предшествующей:*

- «Технология подземного строительства»,
- «Ремонт и реконструкция подземных сооружений».
- «Научно-исследовательская работа».

**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 3 зачетные единицы, 108 акад. 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	Типы подземных гидротехнических сооружений и их устройство	9	1-2	6		8			15	контрольная работа
2	Конструкции подземных гидротехнических сооружений	9	2-6	6		8			15	контрольная работа
3	Расчеты подземных гидротехнических сооружений	9	6-16	6		20			15	
	Итого:			18		36		9	45	Зачёт, курсовой проект

**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	Типы подземных гидротехнических сооружений и их устройство	<b>Классификация подземных гидротехнических сооружений.</b> Назначение подземных сооружений в гражданском и гидротехническом строительстве. Классификация подземных гидротехнических сооружений по назначению, условиям работы и др. Класс подземных сооружений.	2
		<b>Водобросные гидротехнические туннели.</b> Напорный и безнапорный гидравлический режимы. Требования к выбору трассы водобросного туннеля. Виды водоприёмников гидротехнических туннелей. Шахтные водобросы, их устройство. Расположение помещения затворов на трассе туннеля. Затворные камеры и их компоновка.	2

		<p><b>Подземные сооружения ГЭС и ГАЭС.</b>          Принципы работы ГЭС и ГАЭС. Устройство ГЭС. Элементы и компоновка здания ГЭС.          Состав сооружений ГЭС с подземным расположением машинного зала. Принципиальные схемы компоновки подземных ГЭС и ГАЭС. Полуподземные машинные залы ГЭС.          Деривационные туннели, их высотное расположение.</p>	2
2	Конструкции подземных гидротехнических сооружений	<p><b>Инженерно-геологические изыскания и исследования</b>          Задачи изучения геологического строения горного массива. Виды изысканий. Инженерно-геологические исследования. Напластование и трещиноватость пород. Характерные вывалы пород при проходке.          Давление горных пород. Исследование физико-механических свойств горных пород.          Геомеханические модели скальных пород. Инженерные классификации массивов горных пород. Приближённый метод М.М. Протодьяконова для определения величины горного давления. Коэффициент крепости пород.</p>	1
		<p><b>Продольный и поперечный профили подземных сооружений.</b>          Формы поперечных сечений гидротехнических туннелей и условия их применения. Габариты и форма подземных машинных залов ГЭС и ГАЭС.          Трасса гидротехнических туннелей. Выбор местоположения подземных залов ГЭС и ГАЭС.</p>	1
		<p><b>Материалы для подземных конструкций.</b>          Бетон и набрызгбетон. Заполнители для бетона. Латексный и другие низкомодульные бетоны. Металл: арматура; листовая сталь; прокат для крепи. Материалы для растворов и покрытий.</p>	1
		<p><b>Общие сведения о конструкциях подземных гидротехнических сооружений.</b>          Конструктивные элементы туннелей: порталы; въезды в туннель; аэрационные мероприятия; раструбы, сопряжения, пробки; антисейсмические мероприятия.          Необлицованные туннели: геологические условия; топографические условия; условия производства работ и эксплуатационные условия.          Гидроизоляция подземных сооружений. Дренаж подземных сооружений.</p>	1
		<p><b>Обделки гидротехнических туннелей, шахт и камерных выработок.</b>          Основные положения по проектированию обделок туннелей. Обделки безнапорных и напорных гидротехнических туннелей. Обделки из набрызгбетона. Обделки из монолитного бетона и железобетона. Сборные обделки. Комбинированные обделки. Выбор типа обделок.          Обделки камерных выработок из железобетона и обычных анкеров. Обделка свода. Обделка стен. Обделки из набрызгбетона и предварительно напряженных анкеров. Выбор типа обделок камерных выработок.</p>	2
3	Расчеты подземных гидротехнических сооружений	<p><b>Условия работы подземных сооружений.</b>          Схематизация горного массива. Взаимодействие конструкций подземных сооружений с массивом грунтов. Нагрузки, воздействия и их сочетания. Основы расчета обделок гидротехнических туннелей по предельным состояниям.</p>	2

		<p><b>Теоретические основы статических расчетов подземных сооружений.</b>          Расчет подземных сооружений методами строительной механики. Расчет подземных сооружений методами механики твердого деформируемого тела.          Применение численных методов в расчетах подземных сооружений. Принципы расчета сооружений в трещиноватых массивах скальных пород. Рекомендации по выбору метода расчета.</p>	2
		<p><b>Расчеты обделок туннелей и шахт.</b>          Расчеты однослойных монолитных бетонных и железобетонных обделок. Расчет сборных и многослойных комбинированных обделок. Расчеты обделок туннелей неглубокого залегания и близко расположенных друг к другу.</p>	1
		<p><b>Расчет камерных выработок.</b>          Применение точных решений теории упругости. Применение численных методов</p>	1

## 5.2. Лабораторный практикум

Учебным планом лабораторный практикум не предусмотрен.

## 5.3. Перечень практических занятий

Форма обучения - очная

№ п/п	Наименование раздела дисциплины (модуля)	Тема и содержание занятия	Кол-во акад. часов
1	Типы подземных гидротехнических сооружений и их устройство	<p><b>Выбор трассы и гидравлический расчёт туннеля.</b>            Условия выбора трассы туннеля исходя из гидравлического режима его работы и геологических условий.            Пропускная способность туннеля и её определение. Потери напора. Определение площади поперечного сечения туннеля</p>	8
2	Конструкции подземных гидротехнических сооружений	<p><b>Выбор конструкции поперечного туннеля.</b>            Выбор формы поперечного сечения туннеля в зависимости от типа вмещающих горных пород.            Выбор типа обделки в зависимости от условий работы туннеля и геологических условий. Предварительный выбор толщины обделки безнапорного туннеля в зависимости от коэффициента крепости породы. Приближённое определение доли внутреннего давления, воспринимаемой обделкой напорного туннеля. Предварительный выбор толщины обделки напорного туннеля в зависимости от коэффициента крепости породы и внутреннего давления</p>	8
3	Расчеты подземных гидротехнических сооружений	<p><b>Физико-механические свойства горных пород.</b>            Значения коэффициента крепости породы в зависимости от её типа. Понятие удельного отпора породы. Связь коэффициента удельного отпора породы и коэффициента её крепости. Связь коэффициента удельного отпора породы с модулем деформации.</p>	2
		<p><b>Горное давление.</b>            Сущность горного давления по модели М.М. Протодьяконова. Вертикальное и горизонтальное горное давление. Форма массива обрушения. Условие равновесия массива горной породы над туннелем.</p>	4

	<p>Определение высоты свода обрушения. Определение вертикального горного давления по методу М.М.Протоdjаконова. Формула СНиП по определению величины горного давления. Определение горизонтального горного давления.</p>	
	<p><b>Расчёты обделок туннелей методом теории упругости.</b> Расчёт обделки на внутреннее давление методом Галёркина. Расчётная схема туннеля в виде трубы, находящейся в упругой среде. Полярная система координат. Определение кольцевых напряжений в обделке.</p>	2
	<p><b>Расчёты обделок туннелей методом строительной механики</b> Расчёт усилий в своде безнапорного туннеля методом строительной механики. Расчётная схема метода сил. Выбор неизвестных. Система канонических уравнений метода сил и её решение. Учёт подталивости пят арок. Расчёт обделки замкнутого профиля по методу Г.Г.Зурабова и О.Е.Бугаевой. Схема действующих нагрузок. Учёт упругого отпора. Расчётная схема обделки для метода сил. Выбор неизвестных метода сил. Формулы для определения внутренних усилий в обделке от собственного веса, вертикального и горизонтального горных давлений. Расчёт обделки туннеля методом Метрогипротранса. Учитываемые нагрузки. Расчётная схема. Замена усилий узловыми нагрузками. Канонические уравнения метода сил.</p>	6
	<p><b>Расчёт обделок методом конечных элементов.</b> Возможности метода конечных элементов. Расчётная схема горного массива, вмещающего туннель. Граничные условия. Действующие нагрузки. Конечно-элементная дискретизация расчётной области. Учёт последовательности формирования напряжённо-деформированного состояния расчётной области. Нелинейность работы скальной породы при возведении туннеля и её учёт в расчёте методом конечных элементов.</p>	6

#### 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	Типы подземных гидротехнических сооружений и их устройство	<i>Изучение материала лекций с помощью учебника и учебных пособий, электронных ресурсов.</i>	5
		<i>Самостоятельный практикум по материалам практических занятий на следующие темы:</i> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Выбор трассы туннеля</li> <li>▪ Гидравлический расчёт сечения туннеля.</li> </ul> <i>Выполнение заданий курсового проекта «Проектирование гидротехнического туннеля».</i>	5
		<i>Самостоятельное изучение тем из следующего перечня:</i>	5



		<p>Изучение компоновки подземных гидротехнических сооружений, подземных гидроэлектростанций на примере реальных гидроузлов (Ингури ГЭС, Рогунская ГЭС, Нурекская ГЭС, Юмагузинская ГЭС).</p> <p>Двухзальные и трёхзальные компоновки подземного здания ГЭС. Отсасывающие трубы подземных ГЭС. Гидромеханическое оборудование ГЭС. Полуподземные здания ГЭС.</p> <p>Гидравлические расчёты шахтных и туннельных водосбросов. Пропуск строительных расходов через гидротехнические туннели, его условия. Сопряжение бьефов за гидротехническими туннелями.</p>	
2	Конструкции подземных гидротехнических сооружений	<p><i>Изучение материала лекций с помощью учебника и учебных пособий, электронных ресурсов.</i></p>	5
		<p><i>Самостоятельный практикум по материалам практических занятий на следующие темы:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ выбор формы поперечного сечения туннеля в зависимости от типа вмещающих горных пород;</li> <li>▪ определение величины горного давления;</li> </ul> <p><i>Выполнение заданий курсового проекта «Проектирование гидротехнического туннеля».</i></p>	5
		<p><i>Самостоятельное изучение тем из следующего перечня:</i></p> <p>Изучение конструкций гидротехнических туннелей, шахт и камерных выработок на эксплуатируемых и проектируемых гидроузлах.</p> <p>Минералогический состав и текстура горных пород.</p> <p>Модельные и натурные исследования напряженного состояния, деформаций горного массива и конструкций подземных сооружений. Физико-механические свойства горных пород. Модули деформации и прочность горных пород. Испытания образцов горных пород.</p> <p>Геомеханические модели скальных пород. Параметры трещиноватости горных пород.</p> <p>Фибробетон и его физико-механические свойства.</p>	5
3	Расчеты подземных гидротехнических сооружений	<p><i>Изучение материала лекций с помощью учебника и учебных пособий, электронных ресурсов.</i></p>	5
		<p><i>Самостоятельный практикум по материалам практических занятий на следующие темы:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ расчёт напряжений в обделке аналитическими методами;</li> <li>▪ расчёт напряжённо-деформированного состояния обделки туннеля совместно с вмещающим горным массивом методом конечных элементов, составление схемы армирования обделки;</li> </ul> <p><i>Выполнение заданий курсового проекта «Проектирование гидротехнического туннеля».</i></p>	5
		<p><i>Самостоятельное изучение тем из следующего перечня:</i></p> <p>Условия работы гидротехнических туннелей. Гидравлический удар и его восприятие обделкой туннеля. Воздействие бурных безнапорных потоков на обделку туннеля. Кавитация.</p> <p>Фильтрационные расчёты гидротехнических туннелей.</p> <p>Классификация трещиноватости горных пород. Диаграммы трещиноватости. Механические свойства трещин. Способы получения образцов трещин. Результаты экспериментальных испытаний моделей трещин.</p> <p>Геомеханические модели поведения трещин. Понятие</p>	5

	дилатансии трещины. Влияние технологии возведения туннелей на напряжённое состояние обделок. История развития методов расчёта обделок туннелей. Расчётные схемы работы обделок. Возможности численных методов для моделирования работы обделок и горного массива. Учёт трещиноватости.	
--	--	--

## **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,
- приобретение практических навыков и умений по проектированию гидротехнических сооружений,
- 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 курсового проекта, подготовку к его защите,
- 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,
- для выполнения курсового проекта - 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 компетенции		
	1	2	3
ОК-12	+		
ПСК-2.1	+	+	+
ПСК-2.2	+	+	+
ПСК-2.6	+	+	+

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		
		Контрольная работа №1	Контрольная работа №2	Защита курсового проекта	Зачет	
1	2	3	4	5	6	7
ОК-12	31.1	+		+	+	+
ПСК-2.1 ПСК-2.2 ПСК-2.6	32.1	+		+	+	+
	32.2		+	+	+	+
	32.3		+	+	+	+
	32.4			+	+	+
	32.5			+	+	+
	У2.1			+	+	+
	У2.2		+	+	+	+
	У2.3			+	+	+
	Н2.1			+	+	+
		+	+	+	+	+

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

Учебным планом не предусмотрено экзамена или дифференцированного зачёта по дисциплине.

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	Углубленный уровень освоения	Продвинутый уровень освоения
		«3» (удовлетвор.)	«4» (хорошо)	«5» (отлично)
31.1 32.1 32.2 32.3	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

32.4 32.5	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 интерпретировать и использовать	знает основные формулы и зависимости, лежащих в основе расчётного обоснования, способен самостоятельно получить их и 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
У2.1 У2.2 У2.3	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	аккуратно выполнил	аккуратно выполнил	аккуратно выполнил

	ошибки при оформлении графической документации	графическую документацию, но в минимальном объёме и погрешностями	графическую документацию в полном объёме, но с неточностями	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
Н2.1	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 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*

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 32.1 32.2 32.3 32.4 32.5	не знает терминов и определений	знает термины и определения
	не знает основные закономерности и соотношения, принципы построения знаний	знает основные закономерности, соотношения, принципы построения знаний
	не знает значительной части материала дисциплины,	в целом освоил материал дисциплины
	не понимает сути материала дисциплины	понимает суть материала дисциплины
	допускает грубые ошибки при изложении и интерпретации знаний	может излагать и интерпретировать материал дисциплины
	не может увязывать теорию с практикой, не может ответить на простые вопросы	применяет знания при ответе на вопросы
У2.1 У2.2 У2.3	не умеет решать практические задачи, выполнять поставленные задания	умеет решать практические задачи, выполнять поставленные задания
	не понимает сути методики решения задач	понимает суть методики решения задач
	допускает грубые ошибки при решении задач, нарушающие логику решения	не допускает грубых ошибок при решении задач, нарушений логики решения задач
	не может обосновать выбор метода решения задач, не осознаёт связи теории с практикой	обосновывает выбор метода решения задач
Н2.1	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 не медленно
--	--------------------------------	---

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,
- контроля за ходом выполнения курсового проекта,
- контрольных работ.

Контрольные работы проводятся на следующие темы:

- 1) Типы подземных гидротехнических сооружений;
- 2) Конструкции подземных гидротехнических сооружений;

*Примерный перечень вопросов по контрольной работе “Типы подземных гидротехнических сооружений”:*

- 1) Перечислите виды подземных гидротехнических туннелей и укажите их назначение.
- 2) В чём заключаются основные различия между условиями работы транспортных и гидротехнических туннелей?
- 3) Зачем нужны отсасывающие трубы ГЭС? Нарисуйте их форму при подземном исполнении.

*Примерный перечень вопросов по контрольной работе “Конструкции подземных гидротехнических сооружений”:*

- 1) Нарисуйте формы поперечного сечения гидротехнических туннелей и укажите области их применения.
- 2) Перечислите виды обделок туннелей.
- 3) Чем отличается обделка туннеля от облицовки?
- 4) Какие функции выполняет обделка туннеля?
- 5) Перечислите виды обделок и укажите области их применения.
- 6) Какие материалы применяются для создания обделки туннеля.
- 7) Принципы выбора поперечного сечения туннеля для пропуска строительных расходов.
- 8) Необлицованные туннели: условия их применения.
- 9) Схемы крепления подземных машинных залов ГЭС глубокими анкерами.
- 10) Перечислите элементы конструкции гидротехнического туннеля и укажите их назначение.
- 11) Аэрационные мероприятия. Антисейсмические мероприятия.
- 12) Что такое горное давление? Как оно образуется?
- 13) Что такое коэффициент крепости горной породы?
- 14) Нарисуйте расчётную схему к определению вертикального горного давления по методу М.М.Протоdjeяконова.
- 15) Перечислите методы определения горного давления
- 16) Перечислите факторы, влияющие на величину горного давления.
- 17) Зачем устраивается дренаж обделки туннеля?

#### 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 зачёта и защиты курсового проекта.

Тематика курсовых работ/курсовых проектов:

- Курсовой проект «Проектирование гидротехнического туннеля».

*Требования к курсовому проекту “Проектирование гидротехнического туннеля”*

Курсовой проект посвящён вопросам конструирования, расчёта и возведения гидротехнического туннеля энергетического назначения или туннельного водосброса.

В курсовом проекте должны быть решены следующие вопросы:

- 1) выбор трассы туннеля,
- 2) выбор формы поперечного сечения туннеля в зависимости от типа вмещающих горных пород;
- 3) гидравлический расчёт туннеля (для водосбросного туннеля определяется поперечное сечение туннеля, для энергетического – определяются гидравлические потери);
- 4) выбор типа и размеров обделки туннеля,
- 5) определение величины горного давления на обделку туннеля;
- 6) расчёт напряжений в обделке аналитическими и численными методами;
- 7) составление схемы армирования обделки;
- 8) выбор технологии проходки туннеля,
- 9) подбор оборудования для разработки скальной выработки;
- 10) составление циклограммы работ.

Курсовой проект включает пояснительную записку (20-35 стр.) и чертёж формата

A1.

В пояснительной записке приводятся:

- анализ геологических условий строительства,
- гидравлические расчёты гидротехнического туннеля,
- статические расчёты обделки туннеля аналитическими методами,
- результаты расчёта напряжённо-деформированного состояния обделки туннеля и вмещающего горного массива методом конечных элементов,
- расчётные и поясняющие схемы.
- общее описание выбранной технологии проходки туннеля, описание выбранного технологического оборудования, циклограмма ведения работ,

На чертеже показываются:

- продольный разрез по трассе туннеля с показом геологической обстановки,
- поперечное сечение туннеля,
- результаты расчёта напряжённо-деформированного состояния обделки туннеля,
- схема армирования обделки туннеля,
- циклограмма работ по проходке туннеля.

Примерный перечень вопросов к защите курсового проекта:

- 1) Каково назначение туннеля?
- 2) Как выбиралась трасса туннеля?
- 3) Какова пропускная способность туннеля?
- 4) Под каким давлением работает туннель?
- 5) Каков коэффициент крепости породы?
- 6) Почему выбрана данная форма туннеля?
- 7) На какие нагрузки рассчитывалась обделка туннеля?

Вопросы для оценки качества освоения дисциплины:

Примерные вопросы к зачёту:

1. Классификация подземных гидротехнических сооружений по назначению и условиям работы.
2. Принципиальные схемы компоновки подземных ГЭС и ГАЭС.
3. Задачи и виды инженерно-геологических исследований горного массива при проектировании гидротехнических туннелей.
4. Скальные массивы: строение, трещиноватость, инженерные классификации.
5. Понятие горного давления. Определение горного давления по методу М.М. Протодяконова.
6. Физико-механические свойства горных пород. Коэффициент крепости пород.
7. Формы поперечных сечений гидротехнических туннелей и условия их применения.
8. Применение бетонов для обделок гидротехнического туннеля. Виды бетонов и их свойства.
9. Применение набрызгбетона для обделок гидротехнических туннелей.
10. Трассирование туннелей. Конструктивные элементы туннелей.
11. Необлицованные туннели: геологические условия; топографические условия; условия производства работ и эксплуатационные условия.
12. Гидроизоляция подземных сооружений. Дренаж подземных сооружений.
13. Обделки из набрызгбетона.
14. Обделки из монолитного бетона и железобетона.
15. Сборные обделки.
16. Комбинированные обделки.
17. Выбор типа обделок.
18. Обделки камерных выработок: конструктивные решения и области применения.
19. Основы расчета обделок гидротехнических туннелей по предельным состояниям. Нагрузки, воздействия и их сочетания.
20. Применение методов строительной механики к расчету подземных сооружений.
21. Применение механики твердого деформируемого тела к расчёту подземных сооружений.
22. Применение численных методов в расчетах подземных сооружений.

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

- 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.

- 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 ВО НИУ 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	Подземные гидротехнические сооружения	Гидротехнические сооружения (речные): учебник для вузов: в 2 ч./Л.Н. Рассказов и др.-М.: Изд-во АСВ, 2011. Ч. 1. - 581 с.	22	25
2		Гидротехнические сооружения (речные): учебник для вузов: в 2 ч./Л.Н. Рассказов и др.-М.: Изд-во АСВ, 2011. Ч. 2. - 533 с.	22	25
3		Примеры расчетов по гидравлике [Текст] : учебное пособие для студентов строительных специальностей высших учебных заведений / Под ред. А. Д. Альтшуля ; [А. Д. Альтшуль [и др.]. - Репринтное воспроизведение издания 1976 г. - Москва : Альянс, 2013. - 255 с.	50	25
<i>Дополнительная литература:</i>				
		НТБ МГСУ		

1	Подземные гидротехнические сооружения	Гидротехнические сооружения. Под ред. М.М.Гришина, –М.: Высшая школа, 1979, ч.1 и 2. 1.	5	25
2		Слисский С.М. Гидравлические расчеты высоконапорных гидротехнических сооружений. – М.: Энергоатомиздат, 1986	109	25

**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, 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. Плановое 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	Конструкции подземных гидротехнических сооружений	Выполнение части курсового проекта	Консультации посредством электронной почты	100
2	Расчеты подземных гидротехнических сооружений	Выполнение части курсового проекта	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
1	Расчеты подземных гидротехнических сооружений	Выбор трассы и гидравлический расчёт туннеля.	Autodesk AutoCAD Microsoft Office	Учебная бесплатная версия Open License
2	Конструкции подземных гидротехнических сооружений	Выбор конструкции поперечного туннеля.	Autodesk AutoCAD Microsoft Office	Учебная бесплатная версия Open License
3	Расчеты подземных гидротехнических сооружений	Физико-механические свойства горных пород.	Microsoft Office	Open License
		Горное давление.	Microsoft Office	Open License
		Расчёты	Autodesk AutoCAD	Учебная

	обделок туннелей методом теории упругости.	Microsoft Office	бесплатная версия Open License
		TUNNEL	Разработано ППС МГСУ
	Расчёты обделок туннелей методом строительной механики	Autodesk AutoCAD	Учебная бесплатная версия Open License
		Microsoft Office	
Расчёт обделок методом конечных элементов.	Autodesk AutoCAD	Учебная бесплатная версия Open License	
	Microsoft Office		
		TUNNEL	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 «Подземные гидротехнические сооружения» 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 КС41 – 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 УЛБ
--	--	---------------

Программа составлена в соответствии с требованиями Федерального государственного образовательного стандарта высшего профессионального образования и с учетом рекомендаций примерной основной образовательной программы высшего образования по специальности 08.05.01 «Строительство уникальных зданий и сооружений».