



Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования

САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
АРХИТЕКТУРНО-СТРОИТЕЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

Кафедра Водопользования и экологии

УТВЕРЖДАЮ  
Начальник учебно-методического управления

«29» июня 2023 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

Моделирование систем водоснабжения и водоотведения

направление подготовки/специальность 08.04.01 Строительство

направленность (профиль)/специализация образовательной программы Водоснабжение и водоотведение

Форма обучения очная

Санкт-Петербург, 2023

## 1. Цели и задачи освоения дисциплины (модуля)

Целями освоения дисциплины являются ознакомление студентов с основами моделирования процессов, протекающих в системах водоснабжения и водоотведения, развитие у студентов навыков выполнения модельных расчетов с целью выполнения научного исследования.

Задачами дисциплины являются:

- освоение студентами программного обеспечения для выполнения модельных расчетов водопроводной сети;
- знакомство студентов с программами конечно-элементного анализа для выполнения модельных расчетов в области водоснабжения и водоотведения;
- консультация студентов для создания моделей, необходимых для научного исследования по теме выпускной квалификационной работы.

## 2. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенных с индикаторами достижения компетенций

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Планируемые результаты обучения по дисциплине, обеспечивающие достижение планируемых результатов освоения ОПОП
ПК(Ц)-1 Способен управлять и осуществлять контроль за разработкой информационной модели объекта капитального строительства	ПК(Ц)-1.1 Осуществляет выбор программного обеспечения для работы с информационной моделью	<b>знает</b> программное обеспечение и его возможности <b>умеет</b> осуществлять выбор программы для выполнения поставленных задач <b>владеет</b> программами для работы с информационной моделью
ПК(Ц)-1 Способен управлять и осуществлять контроль за разработкой информационной модели объекта капитального строительства	ПК(Ц)-1.2 Организует процесс разработки информационной модели в соответствии с утвержденными проектными решениями	<b>знает</b> основы организации процесса разработки информационной модели <b>умеет</b> организовывать процесс разработки информационной модели <b>владеет</b> навыками организации работы по разработке информационной модели
ПК(Ц)-1 Способен управлять и осуществлять контроль за разработкой информационной модели объекта капитального строительства	ПК(Ц)-1.3 Проводит оценку созданной информационной модели на соблюдение утвержденных проектных решений	<b>знает</b> критерии оценки информационной модели <b>умеет</b> производить оценку информационной модели <b>владеет</b> навыками оценки информационной модели

<p>ПК(Ц)-1 Способен управлять и осуществлять контроль за разработкой информационной модели объекта капитального строительства</p>	<p>ПК(Ц)-1.4 Согласовывает созданную информационную модель с другими разделами проекта</p>	<p><b>знает</b> основы организации процесса согласования в среде информационной модели проектных решений со смежными разделами <b>умеет</b> выполнять согласования проектных решений в информационной модели <b>владеет</b> навыками организации согласования проектных решений в информационной модели</p>
<p>ПК(Ц)-1 Способен управлять и осуществлять контроль за разработкой информационной модели объекта капитального строительства</p>	<p>ПК(Ц)-1.5 Передает разработанную и согласованную информационную модель руководителю проекта или заказчику в формате, указанном в техническом задании</p>	<p><b>знает</b> процесс передачи информационной модели в требуемом формате <b>умеет</b> осуществлять передачу информационной модели в требуемом формате <b>владеет</b> навыками передачи информационной модели в требуемом формате</p>
<p>ПК-5 Способен выполнять и организовывать научные исследования в сфере водоснабжения и водоотведения</p>	<p>ПК-5.1 Формулирует цели и задачи исследования в сфере водоснабжения и водоотведения</p>	<p><b>знает</b> принципы постановки цели и задач исследования <b>умеет</b> определять цели и задачи научного исследования <b>владеет</b> навыками определения цели и задач научного исследования</p>
<p>ПК-5 Способен выполнять и организовывать научные исследования в сфере водоснабжения и водоотведения</p>	<p>ПК-5.2 Осуществляет выбор метода и/или методики проведения исследований в сфере водоснабжения и водоотведения</p>	<p><b>знает</b> методы и/или методики проведения исследования <b>умеет</b> выбирать необходимый для исследования метод и/или методику <b>владеет</b> навыками выбора метода и/или методики для проведения исследования</p>
<p>ПК-5 Способен выполнять и организовывать научные исследования в сфере водоснабжения и водоотведения</p>	<p>ПК-5.3 Составляет план исследований систем водоснабжения и водоотведения и окружающей среды</p>	<p><b>знает</b> основные этапы научного исследования <b>умеет</b> составлять план научного исследования <b>владеет</b> навыками составления плана научного исследования</p>

ПК-5 Способен выполнять и организовывать научные исследования в сфере водоснабжения и водоотведения	ПК-5.4 Определяет перечень ресурсов, необходимых для проведения исследования	<b>знает</b> перечень необходимых ресурсов для проведения исследования <b>умеет</b> определять перечень необходимых ресурсов для проведения исследования <b>владеет</b> навыками определения перечня необходимых ресурсов для проведения научного исследования
ПК-5 Способен выполнять и организовывать научные исследования в сфере водоснабжения и водоотведения	ПК-5.5 Проводит аналитический обзор научно-технической информации в сфере водоснабжения и водоотведения	<b>знает</b> источники научно-технической информации <b>умеет</b> пользоваться источниками научно-технической информации <b>владеет</b> навыками выполнения обзора научно-технической информации
ПК-5 Способен выполнять и организовывать научные исследования в сфере водоснабжения и водоотведения	ПК-5.6 Осуществляет разработку физической и/или математической модели исследуемого объекта	<b>знает</b> основные принципы построения физической и/или математической модели <b>умеет</b> выполнять разработку физической и/или математической модели <b>владеет</b> навыками разработки физической и/или математической модели
ПК-5 Способен выполнять и организовывать научные исследования в сфере водоснабжения и водоотведения	ПК-5.7 Проводит исследования в сфере водоснабжения и водоотведения в соответствии с выбранной методикой	<b>знает</b> основные этапы исследования <b>умеет</b> проводить научное исследование <b>владеет</b> навыками проведения научного исследования
ПК-5 Способен выполнять и организовывать научные исследования в сфере водоснабжения и водоотведения	ПК-5.8 Осуществляет обработку и систематизацию результатов исследования и полученных экспериментально-статистических моделей, описывающих поведение исследуемого объекта	<b>знает</b> методы обработки и систематизации результатов исследования <b>умеет</b> выполнять обработку и систематизацию результатов исследования <b>владеет</b> навыками обработки и систематизации результатов исследования

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

Данная дисциплина (модуль) включена в Блок «Дисциплины, модули» Б1.В.ДВ.01.01 основной профессиональной образовательной программы 08.04.01 Строительство и относится к части, формируемой участниками образовательных отношений учебного плана.

№ п/п	Предшествующие дисциплины	Код и наименование индикатора достижения компетенции
1	Прикладная математика	ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3, ОПК-1.4, ОПК-2.3

2	Системы и сооружения водоотведения	ПК(Ц)-1.1, ПК(Ц)-1.2, ПК(Ц)-1.3, ПК(Ц)-1.4, ПК(Ц)-1.5, ПК-1.1, ПК-1.2, ПК-2.1, ПК-2.2, ПК-2.3, ПК-2.4, ПК-2.5
3	Системы и сооружения водоснабжения	ПК-5.1, ПК-5.2, ПК-5.3, ПК-5.4, ПК-5.5, ПК-5.6, ПК-5.7, ПК-5.8, ПК-5.9, ПК-6.1, ПК-6.2, ПК-7.1, ПК-7.2, ПК-7.3, ПК(Ц)-1.1, ПК(Ц)-1.2, ПК(Ц)-1.3, ПК(Ц)-1.4, ПК(Ц)-1.5, ПК-1.1, ПК-1.2, ПК-2.1, ПК-2.2, ПК-2.3, ПК-2.4, ПК-2.5

Прикладная математика

знать – основы численных методов интегрирования систем дифференциальных уравнений в частных производных;

уметь - применять численные методы для решения задач, связанных с гидродинамикой и теплообменом;

владеть - решением дифференциальных уравнений численными методами.

Системы и сооружения водоотведения

знать - технологию функционирования систем и сооружений водоотведения

уметь производить оценку эффективности работы систем и сооружений водоотведения

владеть методиками расчета и проектирования

Системы и сооружения водоснабжения

знать - технологию функционирования систем и сооружений водоснабжения

уметь производить оценку эффективности работы систем и сооружений водоснабжения

владеть методиками расчета и проектирования

№ п/п	Последующие дисциплины	Код и наименование индикатора достижения компетенции
1	Подготовка к процедуре защиты и защита выпускной квалификационной работы	УК-1.1, УК-1.2, УК-1.3, УК-1.4, УК-1.5, УК-1.6, УК-2.1, УК-2.2, УК-2.3, УК-2.4, УК-2.5, УК-3.1, УК-3.2, УК-3.3, УК-3.4, УК-4.1, УК-4.2, УК-4.3, УК-4.4, УК-5.1, УК-5.2, УК-5.3, УК-6.1, УК-6.2, УК-6.3, ОПК-1.1, ОПК-1.2, ОПК-1.3, ОПК-1.4, ОПК-2.1, ОПК-2.2, ОПК-2.3, ОПК-3.1, ОПК-3.2, ОПК-3.3, ОПК-3.4, ОПК-3.5, ОПК-4.1, ОПК-4.2, ОПК-4.3, ОПК-4.4, ОПК-5.1, ОПК-5.2, ОПК-5.3, ОПК-5.4, ОПК-5.5, ОПК-5.6, ОПК-5.7, ОПК-6.1, ОПК-6.2, ОПК-6.3, ОПК-6.4, ОПК-6.5, ОПК-6.6, ОПК-6.7, ОПК-7.1, ОПК-7.2, ОПК-7.3, ОПК-7.4, ОПК-7.5, ОПК-7.6, ПК-1.1, ПК-1.2, ПК-1.3, ПК-2.1, ПК-2.2, ПК-2.3, ПК-2.4, ПК-2.5, ПК-2.6, ПК-3.1, ПК-3.2, ПК-3.3, ПК-3.4, ПК-3.5, ПК-3.6, ПК-4.1, ПК-4.2, ПК-4.3, ПК-4.4, ПК-4.5, ПК-4.6, ПК-5.1, ПК-5.2, ПК-5.3, ПК-5.4, ПК-5.5, ПК-5.6, ПК-5.7, ПК-5.8, ПК-5.9, ПК-5.10, ПК-6.1, ПК-6.2, ПК-7.1, ПК-7.2, ПК-7.3, ПК-8.1, ПК-8.2, ПК(Ц)-1.1, ПК(Ц)-1.2, ПК(Ц)-1.3, ПК(Ц)-1.4, ПК(Ц)-1.5

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

Вид учебной работы	Всего часов	Из них часы на практическую подготовку	Семестр
			3
<b>Контактная работа</b>	48		48
Лекционные занятия (Лек)	16	0	16
Практические занятия (Пр)	32	16	32
<b>Иная контактная работа, в том числе:</b>	1,5		1,5
консультации по курсовой работе (проекту), контрольным работам (РГР)	1		1
контактная работа на аттестацию (сдача зачета, зачета с оценкой; защита курсовой работы (проекта); сдача контрольных работ (РГР))	0,25		0,25
контактная работа на аттестацию в сессию (консультация перед экзаменом и сдача	0,25		0,25
<b>Часы на контроль</b>	26,75		26,75
<b>Самостоятельная работа (СР)</b>	103,75		103,75
<b>Общая трудоемкость дисциплины (модуля)</b>			
<b>часы:</b>	180		180
<b>зачетные единицы:</b>	5		5

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

**5.1. Тематический план дисциплины (модуля)**

№	Разделы дисциплины	Семестр	Контактная работа (по учебным занятиям), час.						СР	Всего, час.	Код индикатора достижения компетенции
			лекции		ПЗ		ЛР				
			всего	из них на практическую подготовку	всего	из них на практическую подготовку	всего	из них на практическую подготовку			
1.	1 раздел. Моделирование водопроводных сетей										
1.1.	Ведение. Знакомство с программами моделирования водопроводных сетей. Основные функциональные возможности.	3	2		1			4	7	ПК-5.2, ПК-5.4, ПК-5.5, ПК-5.6, ПК(Ц)-1.1, ПК(Ц)-1.3, ПК(Ц)-1.2	

1.2.	Создание модели водопроводной сети	3	2		4	2			14	20	ПК-5.1, ПК-5.3, ПК-5.4, ПК-5.6, ПК-5.7, ПК(Ц)-1.2, ПК(Ц)-1.4, ПК-5.2, ПК-5.5, ПК(Ц)-1.1, ПК(Ц)-1.3, ПК-5.8, ПК(Ц)-1.5
1.3.	Рабочее пространство программы. Основные принципы построения модели.	3	2		3	2			14	19	ПК-5.1, ПК-5.2, ПК-5.3, ПК-5.4, ПК-5.5, ПК-5.6, ПК-5.7, ПК(Ц)-1.1, ПК(Ц)-1.2, ПК(Ц)-1.3, ПК(Ц)-1.4
1.4.	Просмотр и анализ результатов. Оценка достоверности.	3	2		4	2			14	20	ПК-5.1, ПК-5.3, ПК-5.5, ПК-5.8, ПК(Ц)-1.5
2.	2 раздел. Самостоятельная работа студентов по построению гидравлической модели водопроводной сети										
2.1.	Освоение студентами инструментов программного комплекса для моделирования водопроводной сети	3								8,75	ПК-5.1, ПК-5.2, ПК-5.3, ПК-5.4, ПК-5.5, ПК-5.6, ПК-5.7, ПК-5.8, ПК(Ц)-1.1, ПК(Ц)-1.2, ПК(Ц)-1.3, ПК(Ц)-1.4, ПК(Ц)-1.5

3.	3 раздел. Моделирование технологических процессов в системах водоснабжения и водоотведения в программах конечно-элементного анализа										
3.1.	Знакомство с программами конечно-элементного анализа. Примеры применения программ. Основные функциональные возможности. Основные этапы построения модели.	3	2		2	1			15,7 5	19,75	ПК-5.1, ПК-5.2, ПК-5.3, ПК-5.4, ПК-5.5, ПК-5.6, ПК-5.7, ПК(Ц)-1.1, ПК(Ц)-1.2, ПК(Ц)-1.3, ПК(Ц)-1.4, ПК(Ц)-1.5
3.2.	Построение геометрии расчетной области. Рассмотрение основных инструментов	3	2		6	3			14	22	ПК-5.1, ПК-5.2, ПК-5.3, ПК-5.4, ПК-5.5, ПК-5.6, ПК-5.7, ПК(Ц)-1.1, ПК(Ц)-1.2, ПК(Ц)-1.3, ПК(Ц)-1.4, ПК(Ц)-1.5
3.3.	Построение расчетной сетки.	3	2		6	3			14	22	ПК-5.1, ПК-5.2, ПК-5.3, ПК-5.4, ПК-5.5, ПК-5.6, ПК-5.7, ПК(Ц)-1.1, ПК(Ц)-1.2, ПК(Ц)-1.3, ПК(Ц)-1.4



6.1.	Экзамен	3								0,25	ПК-5.1, ПК-5.2, ПК-5.3, ПК-5.4, ПК-5.5, ПК-5.6, ПК-5.7, ПК-5.8, ПК(Ц)- 1.1, ПК (Ц)-1.2, ПК(Ц)- 1.3, ПК (Ц)-1.4, ПК(Ц)- 1.5
------	---------	---	--	--	--	--	--	--	--	------	---

### 5.1. Лекции

№ разд	Наименование раздела и темы лекций	Наименование и краткое содержание лекций
1	Ведение. Знакомство с программами моделирования водопроводных сетей. Основные функциональные возможности.	Ведение. Знакомство с функциональными возможностями программы для моделирования водопроводной сети Возможности гидравлического моделирования. Возможности моделирования качества воды. Последовательность действий при разработке модели
2	Создание модели водопроводной сети	Создание модели водораспределительной сети Рассмотрение основных физических компонентов: узлы, резервуары, накопители, трубопроводы, местные потери напора, насосы, задвижки, другие объекты. Рассмотрение кривой производительности, кривой эффективности, кривой объема, кривой потерь напора. Рассмотрение выражений и правил. Гидравлическое моделирование. Моделирование качества воды. Режимы перемешивания в накопителях. Объемные реакции. Поверхностные реакции. Гидравлическое время пребывания.
3	Рабочее пространство программы. Основные принципы построения модели.	Рабочее пространство программы моделирования водопроводной сети. Работа с проектами, объектами, картами. Моделирование. Рассмотрение панели меню, панели инструментов. Настройки проекта.
4	Просмотр и анализ результатов. Оценка достоверности.	Просмотр и анализ результатов. Оценка достоверности. Просмотр результатов на карте. Запрос к карте. Просмотр результатов с помощью графиков. Просмотр результатов с помощью Таблицы. Просмотр специальных отчетов. Отчет состояния. Отчет энергопотребления. Отчет калибровки. Печать текущего вида. Копирование в буфер обмена или в файл. Импорт и экспорт данных. Верификация модели.
6	Знакомство с программами конечно-элементного анализа. Примеры применения программ. Основные функциональные возможности.	Введение. Знакомство с программами конечно-элементного анализа. Примеры применения программ. Основные функциональные возможности. Основные этапы построения модели Рассмотрение основных этапов создания модели. Знакомство с примерами моделирования в сфере водоснабжения и водоотведения.

	Основные этапы построения модели.	
7	Построение геометрии расчетной области. Рассмотрение основных инструментов	Работа с инструментами построения геометрии расчетной области. Рассмотрение основных инструментов для построения геометрии расчетной области: инструменты создания плоскостей, эскизов и тел выдавливания. Импорт геометрии, созданной в другом графическом редакторе.
8	Построение расчетной сетки.	Работа с инструментами создания расчетной сетки. Рассмотрение инструментов для создания и изменения расчетной сетки. Оценка качества сетки.
9	Модельный расчет.	Работа с инструментами предрасчетных настроек и модулем расчета. Определение стационарной или нестационарной задачи. Настройка начальных и граничных условий модели. Определение настроек результатов расчета.

## 5.2. Практические занятия

№ разд	Наименование раздела и темы практических занятий	Наименование и содержание практических занятий
1	Ведение. Знакомство с программами моделирования водопроводных сетей. Основные функциональные возможности.	Знакомство с функциональными возможностями программы для моделирования водопроводной сети Создание простых моделей участка водопроводной сети. Настройка коэффициента шероховатости в соответствии с таблицами Шевелева или таблицами Продоуса.
2	Создание модели водопроводной сети	Создание модели водораспределительной сети в соответствии с заданием на расчетно-графическую работы Создание узлов, участков сети, источников воды, насосных станции и водонапорных башен. Работа с настройками: определение отметок, длин участков, диаметров труб, коэффициентов шероховатости, водопотребления в узлах.
2	Создание модели водопроводной сети	Модельный расчет стационарной и нестационарной задачи. Расчет стационарной задачи. Расчет нестационарной задачи. Задание характеристики водопотребления. Проведение модельных расчетов. Верификация результатов. Исправление возможных ошибок расчета.
3	Рабочее пространство программы. Основные принципы построения модели.	Использование инструментов для моделирования различных режимов работы водопроводной сети Управление работой участков и сети во времени, включение и отключение насосов.
3	Рабочее пространство программы. Основные принципы построения модели.	Работа с настройками арматуры Создание клапанов и определение настроек работы. Решение задачи с созданием зоны водопроводной сети, где ограничивается давление.
4	Просмотр и анализ результатов. Оценка достоверности.	Работа с настройками моделирования качества воды в водопроводной сети. Решение задачи оценки времени нахождения воды в водопроводной сети. Решение задачи по моделированию остаточного хлора. Добавление еще одного источника в водопроводную сеть и оценка удельного веса воды, поступающей от каждого источника в водопроводную сеть с помощью индикаторного вещества.
4	Просмотр и анализ результатов. Оценка	Работа с результатами расчета. Создание отчетов и графиков. Настройка визуального отображения

	достоверности.	расходов, напоров, концентраций во времени.
6	Знакомство с программами конечно-элементного анализа. Примеры применения программ. Основные функциональные возможности. Основные этапы построения модели.	Анализ физической сущности моделируемого процесса Рассматриваем технологию работы сооружения (индивидуальное задание на курсовой проект). В зависимости от технологии намечаем принципиальные решения по количеству расчетных доменов. Подбираем техническую литературу для дальнейшей верификации модельных результатов (расчеты гидравлических прыжков, заполнение трубопроводов, расчеты траектории струй).
7	Построение геометрии расчетной области. Рассмотрение основных инструментов	Построение геометрии расчетной области сооружения Построение вспомогательных плоскостей. Рассмотрение инструментов для выполнения и редактирования эскизов, а также для привязки эскизов к координатам пространства.
7	Построение геометрии расчетной области. Рассмотрение основных инструментов	Построение геометрии расчетной области сооружения Рассмотрение инструментов для вытягивания трехмерных твердотельных объектов, замороженных объектов, объектов вырезания геометрии. Создание разрезов 3D геометрии.
7	Построение геометрии расчетной области. Рассмотрение основных инструментов	Построение геометрии расчетной области сооружения Создание геометрии в других графических редакторах. Изменение качества геометрии при экспорте в другие графические редакторы.
8	Построение расчетной сетки.	Построение расчетной сетки Рассмотрение видов расчетной сетки. Рассмотрение методов и инструментов для построения расчетной сетки. Рассмотрение параметров, определяющих качество сетки с учетом последующего успешного моделирования.
8	Построение расчетной сетки.	Построение расчетной сетки Рассмотрение инструментов для локального улучшения качества сетки.
8	Построение расчетной сетки.	Построение расчетной сетки Создание сетки в других приложениях и интеграция их в модель.
9	Модельный расчет.	Определение типа задачи. Назначение начальных и граничных условий. Рассмотрение настроек стационарной и нестационарной задачи. Рассмотрение настроек расчетной области. Рассмотрение настроек для задания начальных и граничных условий. Рассмотрение настроек результатов расчета.
9	Модельный расчет.	Настройка модуля расчета. Анализ функций сходимости. Работа с модулем результатов расчета. Рассмотрение настроек модуля расчета. Виды функций и их роль. Рассмотрение инструментов для визуального отображения результатов расчета. Создание анимации моделируемого процесса.
9	Модельный расчет.	Анализ модельных расчетов Анализ возможных ошибок и соответствующих корректировок модели. Качественная и количественная оценка результатов расчета

### 5.3. Самостоятельная работа обучающихся

№ разд	Наименование раздела дисциплины и темы	Содержание самостоятельной работы
1	Ведение. Знакомство с программами моделирования водопроводных сетей. Основные функциональные возможности.	Освоение функций программы моделирования водопроводной сети Изучение обзора и руководства программы. Просмотр технической литературы по расчету водопроводной сети.
2	Создание модели водопроводной сети	Разработка модели водопроводной сети по варианту расчетно-графической работы. Руководствуясь данными лекционных занятий, руководством программы и рекомендуемой литературой разрабатывается трубопроводная обвязка сети в соответствии с вариантом расчетно-графической работы.
3	Рабочее пространство программы. Основные принципы построения модели.	Применение настроек управления моделируемой сети Применение настроек для автоматизации работы узлов, участков и насосных станций во времени.
4	Просмотр и анализ результатов. Оценка достоверности.	Решение задач о качестве воды Проведение анализа водопроводной сети на время пребывания воды, концентрацию остаточного хлора. Оформление записки с иллюстрациями работы программы, графиками и таблицами расчетных характеристик.
6	Знакомство с программами конечно-элементного анализа. Примеры применения программ. Основные функциональные возможности. Основные этапы построения модели.	Знакомство с программами конечно-элементного анализа. Просмотр обзоров и руководств программ. Примеры расчета.
7	Построение геометрии расчетной области. Рассмотрение основных инструментов	Построение геометрии расчетной области в соответствии с заданием на курсовой проект. Анализ технической литературы по технологии работы сооружения, построение геометрии расчетной области с помощью рассмотренных инструментов.
8	Построение расчетной сетки.	Построение расчетной сетки Построение сетки и ее локальное сгущение с помощью рассмотренных инструментов.
9	Модельный расчет.	Определение начальных и граничных условий. Проведение модельного расчета и анализ полученных результатов. Настройка граничных и начальных условий с помощью рассмотренных инструментов. Настройка результатов расчета. Качественная и количественная оценка результатов. Оформление записки курсового проекта и листов с графическим отображением результатов расчета.

## 6. Методические материалы для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине (модулю)

Программой дисциплины предусмотрено проведение лекционных занятий, на которых дается основной систематизированный материал по использованию программ гидравлического расчета водопроводной сети и программ конечно-элементного анализа, практических занятий, предполагающих закрепление изученного материала и формирование у обучающихся необходимых знаний, умений и навыков по созданию моделей в указанных программах. Кроме того, важнейшим этапом изучения дисциплины является самостоятельная работа обучающихся с использованием всех средств и возможностей современных образовательных технологий.

В объем самостоятельной работы по дисциплине включается следующее:

- изучение теоретических вопросов по всем темам дисциплины с использованием рекомендуемой литературы и интернет-ресурсов;
- подготовка к практическим занятиям;
- выполнение расчетно-графической работы и курсового проекта;
- подготовка к экзамену.

При подготовке к практическим занятиям и в рамках самостоятельной работы по изучению дисциплины обучающимся необходимо:

- повторить законспектированный на лекционном занятии материал и дополнить его с учетом рекомендованной по данной теме литературы;
- при самостоятельном изучении теоретической темы сделать конспект, используя рекомендованные в РПД источники;
- подготовить отчеты по выполненной РГР и курсовому проекту;
- подготовиться к защите курсового проекта;
- подготовиться к промежуточной аттестации.

## 7. Оценочные материалы для проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю)

### 7.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения дисциплины

№ п/п	Контролируемые разделы дисциплины (модуля)	Код и наименование индикатора контролируемой компетенции	Вид оценочного средства
1	Ведение. Знакомство с программами моделирования водопроводных сетей. Основные функциональные возможности.	ПК-5.2, ПК-5.4, ПК-5.5, ПК-5.6, ПК(Ц)-1.1, ПК(Ц)-1.3, ПК(Ц)-1.2	Устный опрос
2	Создание модели водопроводной сети	ПК-5.1, ПК-5.3, ПК-5.4, ПК-5.6, ПК-5.7, ПК(Ц)-1.2, ПК(Ц)-1.4, ПК-5.2, ПК-5.5, ПК(Ц)-1.1, ПК(Ц)-1.3, ПК-5.8, ПК(Ц)-1.5	Устный опрос
3	Рабочее пространство программы. Основные принципы построения модели.	ПК-5.1, ПК-5.2, ПК-5.3, ПК-5.4, ПК-5.5, ПК-5.6, ПК-5.7, ПК(Ц)-1.1, ПК(Ц)-1.2, ПК(Ц)-1.3, ПК(Ц)-1.4	Расчетно-графическая работа
4	Просмотр и анализ результатов. Оценка достоверности.	ПК-5.1, ПК-5.3, ПК-5.5, ПК-5.8, ПК(Ц)-1.5	Расчетно-графическая работа
5	Освоение студентами инструментов программного комплекса для моделирования водопроводной сети	ПК-5.1, ПК-5.2, ПК-5.3, ПК-5.4, ПК-5.5, ПК-5.6, ПК-5.7, ПК-5.8, ПК(Ц)-1.1, ПК(Ц)-1.2, ПК(Ц)-1.3, ПК(Ц)-1.4, ПК(Ц)-1.5	Расчетно-графическая работа
6	Знакомство с программами конечно-элементного анализа. Примеры применения программ. Основные	ПК-5.1, ПК-5.2, ПК-5.3, ПК-5.4, ПК-5.5, ПК-5.6, ПК-5.7, ПК(Ц)-1.1, ПК(Ц)-1.2,	Устный опрос

	функциональные возможности. Основные этапы построения модели.	ПК(Ц)-1.3, ПК(Ц)-1.4, ПК(Ц)-1.5	
7	Построение геометрии расчетной области. Рассмотрение основных инструментов	ПК-5.1, ПК-5.2, ПК-5.3, ПК-5.4, ПК-5.5, ПК-5.6, ПК-5.7, ПК(Ц)-1.1, ПК(Ц)-1.2, ПК(Ц)-1.3, ПК(Ц)-1.4, ПК(Ц)-1.5	Курсовой проект
8	Построение расчетной сетки.	ПК-5.1, ПК-5.2, ПК-5.3, ПК-5.4, ПК-5.5, ПК-5.6, ПК-5.7, ПК(Ц)-1.1, ПК(Ц)-1.2, ПК(Ц)-1.3, ПК(Ц)-1.4	Курсовой проект
9	Модельный расчет.	ПК-5.1, ПК-5.2, ПК-5.3, ПК-5.4, ПК-5.5, ПК-5.6, ПК-5.7, ПК-5.8, ПК(Ц)-1.1, ПК(Ц)-1.2, ПК(Ц)-1.3, ПК(Ц)-1.4, ПК(Ц)-1.5	Курсовой проект
10	Самостоятельная работа студентов в программе конечно-элементного анализа	ПК-5.1, ПК-5.2, ПК-5.3, ПК-5.4, ПК-5.5, ПК-5.6, ПК-5.7, ПК-5.8, ПК(Ц)-1.1, ПК(Ц)-1.2, ПК(Ц)-1.3, ПК(Ц)-1.4, ПК(Ц)-1.5	Курсовой проект
11	Иная контактная работа	ПК-5.1, ПК-5.2, ПК-5.3, ПК-5.4, ПК-5.5, ПК-5.6, ПК-5.7, ПК-5.8, ПК(Ц)-1.1, ПК(Ц)-1.2, ПК(Ц)-1.3, ПК(Ц)-1.4, ПК(Ц)-1.5	
12	Экзамен	ПК-5.1, ПК-5.2, ПК-5.3, ПК-5.4, ПК-5.5, ПК-5.6, ПК-5.7, ПК-5.8, ПК(Ц)-1.1, ПК(Ц)-1.2, ПК(Ц)-1.3, ПК(Ц)-1.4, ПК(Ц)-1.5	

7.2. Типовые контрольные задания или иные материалы текущего контроля успеваемости, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта профессиональной деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения дисциплины

Тестовые задания

(для проверки сформированности индикатора достижения компетенции ПК-5.1, ПК-5.2, ПК-5.3, ПК-5.4, ПК-5.5, ПК-5.6, ПК-5.7, ПК-5.8, ПК(Ц)-1.1, ПК(Ц)-1.2, ПК(Ц)-1.3, ПК(Ц)-1.4, ПК(Ц)-1.5)

1. Какую сеть позволяет моделировать Eranet

- а) водопровод
- б) канализация
- в) вентиляция
- г) отопление

2. Какие компоненты не используются в Eranet для создания водопроводной сети

- а) Соединение (узел)
- б) Источник
- в) Водонапорная башня
- г) Труба
- д) Насос
- е) Задвижка
- ж) Клапан удаления воздуха
- з) Расходомер

3. Назовите основные параметры узлового соединения для выполнения гидравлического моделирования сети

- а) высотная отметка

- б) водопотребление
- в) метка
- г) категория
- д) координата
- 4) Назовите основные параметры источника для выполнения гидравлического моделирования

сети

- а) отметка воды
- б) качество воды
- в) метка
- г) координата
- д) описание
- 5) Какие уровни не задаются в водонапорной башне
- а) начальный уровень
- б) минимальный уровень
- в) максимальный уровень
- г) средний уровень
- д) аварийный уровень перелива
- б) Назовите основные параметры трубопровода для выполнения гидравлического

моделирования сети

- а) длина
- б) диаметр
- в) шероховатость
- г) координата
- д) фактор трения
- 7) Характеристика насоса задается с помощью:
- а) одной точки Q-H
- б) двух точек Q-H
- в) трех точек Q-H
- г) все ответы правильные
- д) только б и в
- 8) Сколько типов задвижки (клапана) можно моделировать в Epanet:
- а) 2
- б) 4
- в) 6
- г) 7
- 9) Какие формулы для определения потерь напора используются в Epanet
- а) Хазен–Вильямса
- б) Дарси–Вейсбаха
- в) Шези–Мэннинга
- г) Хазен– Мэннинга
- д) Дарси– Вильямса
- 10. Какие параметры качества воды предусмотрены в Epanet
- а) Остаточный хлор
- б) Возраст
- в) содержание индикатора
- г) только а и б
- д) только б и в
- е) только а и в
- ж) а, б и в

11. Чтобы настроить нестационарную задачу нужно:

- а) задать общую продолжительность в настройках параметров
- б) нажать кнопку нестационарная задача на панели инструментов
- в) задать характеристику водопотребления в узлах
- г) ничего не делать, программа сама автоматически производит расчет такого типа задачи

12. Как называется приложение - инструмент для визуального проектирования конечно-элементного комплекса ANSYS, где представлены все мультидисциплинарные аналитические

системы

- а) Workbench
- б) DesignModeler
- в) SpaceClaim
- г) SpaceModule
- д) WorkModule
- е) Designbench

13. Какая аналитическая система не относится к моделированию гидродинамики потоков

- а) CFX
- б) Fluent
- в) Transient Structural
- г) Static Structural
- д) Electric

14. На каком этапе создается геометрия расчетной области модели в CFX

- а) на первом этапе
- б) после генерации сетки
- в) после задания начальных и граничных условий
- г) такой этап не предусмотрен, геометрия экспортируется только из других программ
- д) после расчета потока

15. Какой инструмент может использоваться для сгущения сетки на границе контакта потока с

твердыми стенками

- а) Inflation
- б) Sizing
- в) Method
- г) ContactSizing
- д) все
- е) только в и г
- ж) только а и б

16. Каково оптимальное соотношение площадей max и min поверхностей (Aspect Ratio)

- а)  $AR < 100$
- б)  $100 < AR < 1000$
- в)  $AR > 100$
- г)  $0 < AR < 1$
- д)  $AR < 1$

17. каково рекомендуемое значение сеточной ортогональности (Mesh Orthogonality)

- а)  $MO > 0,1$
- б)  $MO < 0,1$
- в)  $MO = 0,5$
- г)  $MO = 0$
- д)  $0 < MO < 0,05$

18. Какой физический смысл заложен в параметр  $y^+$

- а) это критерий Re в пограничном слое
- б) это безразмерная скорость потока в пограничном слое
- в) время движения частицы жидкости от стенки до границы пограничного слоя
- г) размер пограничного слоя
- д) шероховатость стенки

19. Какого граничного условия отвечает за присутствие атмосферы в CFX

- а) Inlet
- б) Outlet
- в) Opening
- г) Wall
- д) Symmetry

20. Где настраивается тип задачи (стационарный или нестационарный)

- а) в Analysis type
- б) в настройках домена
- в) в граничных условиях

г) в начальных условиях

д) в Output Control

е) в Solver Control

21. Для чего используется инструмент Location в результатах расчета

а) для выполнения разреза геометрии

б) для отображения результатов расчета

в) для построения плоскости или другого типа геометрии

г) для записи видеофайла

д) для вычисления массового расхода

22. Верификация модельных результатов заключается

а) в качественном соответствии результатов физической сущности процесса

б) в количественном соответствии результатов опытным данным

в) равенстве массовых расходов потока на входе и выходе из домена

д) все перечисленное

23. Какова величина невязок для сходящейся задачи

а)  $< 10^{-4}$

б)  $< 10^{-5}$

в)  $< 10^{-6}$

г)  $< 10^{-3}$

д)  $< 10^{-2}$

е) только а) б) в)

ж) только г) д)

Расчетно-графическая работа "Моделирование водопроводной сети". Задания для РГР размещены по адресу: <https://cloud.mail.ru/public/2fPn/ursvXewpe>

7.3. Система оценивания результатов обучения по дисциплине (модулю) при проведении текущего контроля успеваемости

<p>Оценка «отлично» (зачтено)</p>	<p>знания:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- систематизированные, глубокие и полные знания по всем разделам дисциплины, а также по основным вопросам, выходящим за пределы учебной программы;</li><li>- точное использование научной терминологии, систематически грамотное и логически правильное изложение ответа на вопросы;</li><li>- полное и глубокое усвоение основной и дополнительной литературы, рекомендованной рабочей программой по дисциплине (модулю)</li></ul> <p>умения:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- умеет ориентироваться в теориях, концепциях и направлениях дисциплины и давать им критическую оценку, используя научные достижения других дисциплин</li></ul> <p>навыки:</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- высокий уровень сформированности заявленных в рабочей программе компетенций;</li><li>- владеет навыками самостоятельно и творчески решать сложные проблемы и нестандартные ситуации;</li><li>- применяет теоретические знания для выбора методики выполнения заданий;</li><li>- грамотно обосновывает ход решения задач;</li><li>- безупречно владеет инструментарием учебной дисциплины, умение его эффективно использовать в постановке научных и практических задач;</li><li>- творческая самостоятельная работа на практических/семинарских/лабораторных занятиях, активно участвует в групповых обсуждениях, высокий уровень культуры исполнения заданий</li></ul>
---------------------------------------	--

<p>Оценка «хорошо» (зачтено)</p>	<p>знания: - достаточно полные и систематизированные знания по дисциплине; - усвоение основной и дополнительной литературы, рекомендованной рабочей программой по дисциплине (модулю)</p> <p>умения: - умеет ориентироваться в основных теориях, концепциях и направлениях дисциплины и давать им критическую оценку; - использует научную терминологию, лингвистически и логически правильно излагает ответы на вопросы, умеет делать обоснованные выводы; - владеет инструментарием по дисциплине, умение его использовать в постановке и решении научных и профессиональных задач</p> <p>навыки: - самостоятельная работа на практических занятиях, участие в групповых обсуждениях, высокий уровень культуры исполнения заданий; - средний уровень сформированности заявленных в рабочей программе компетенций; - без затруднений выбирает стандартную методику выполнения заданий; - обосновывает ход решения задач без затруднений</p>
<p>Оценка «удовлетворительно» (зачтено)</p>	<p>знания: - достаточный минимальный объем знаний по дисциплине; - усвоение основной литературы, рекомендованной рабочей программой; - использование научной терминологии, стилистическое и логическое изложение ответа на вопросы, умение делать выводы без существенных ошибок</p> <p>умения: - умеет ориентироваться в основных теориях, концепциях и направлениях по дисциплине и давать им оценку; - владеет инструментарием учебной дисциплины, умение его использовать в решении типовых задач; - умеет под руководством преподавателя решать стандартные задачи</p> <p>навыки: - работа под руководством преподавателя на практических занятиях, допустимый уровень культуры исполнения заданий; - достаточный минимальный уровень сформированности заявленных в рабочей программе компетенций; - испытывает затруднения при обосновании алгоритма выполнения заданий</p>
<p>Оценка «неудовлетворительно» (не зачтено)</p>	<p>знания: - фрагментарные знания по дисциплине; - отказ от ответа (выполнения письменной работы); - знание отдельных источников, рекомендованных рабочей программой по дисциплине;</p> <p>умения: - не умеет использовать научную терминологию; - наличие грубых ошибок</p> <p>навыки: - низкий уровень культуры исполнения заданий; - низкий уровень сформированности заявленных в рабочей программе компетенций; - отсутствие навыков самостоятельной работы; - не может обосновать алгоритм выполнения заданий</p>

7.4. Теоретические вопросы и практические задания для проведения промежуточной аттестации обучающихся, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта профессиональной деятельности, характеризующих этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы

#### 7.4.1. Теоретические вопросы для проведения промежуточной аттестации обучающихся

1. Опишите основные принципы гидравлического моделирования водопроводной сети в Epanet
2. Какие компоненты используются для построения водопроводной сети и какими настройками характеризуются
3. Стационарная и нестационарная задача. Настройка суточного водопотребления города
4. Моделирование насосной станции. Задание характеристик насоса. Моделирование режима включения и отключения отдельных насосов
5. Запорная арматура. Виды клапанов. Практическое применение.
6. Моделирование аварий на сети. Управление узлам по часам суток.
7. Моделирование качества воды в водопроводной сети. Какие возможности у программы.

Практическое применение.

8. Анализ результатов расчета. Что позволяет получить моделирование в Epanet.

Инструменты отображения расчетных характеристик.

9. Виды характеристик. Принципы построения и применения в расчете.
10. Верификация результатов. Применение таблиц гидравлического расчета. Коэффициент шероховатости труб.
11. Основные принципы построения модели в программах конечно-элементного анализа
12. Основные принципы построения геометрии расчетной области
13. Основные принципы построения расчетной сетки
14. Основные принципы определения граничных и начальных условий
15. Работа с результатами расчета. Верификация результатов. Основные принципы верификации
16. Улучшение сходимости задачи, работа с сеткой и геометрией расчетной области. Анализ ошибок.
17. Создание мультидисциплинарных моделей
18. Программы конечно-элементного анализа. Привести примеры пакетов, дать сравнительный анализ.
19. Анализ качества сетки, сгущение сетки. Определение зон сгущения в зависимости от сущности физического процесса.
20. Метод конечно-элементного анализа. Основные принципы.

#### 7.4.2. Практические задания для проведения промежуточной аттестации обучающихся

Варианты практического задания для экзамена размещены по адресу:

<https://cloud.mail.ru/public/PpBT/zxh84PXvB>

#### 7.4.3. Примерные темы курсовой работы (проекта) (при наличии)

Курсовой проект "Разработка математической модели в программе конечно-элементного анализа".

Задание: чертеж сосуда с указанием мест подачи и отвода жидкости. Варианты заданий размещены по адресу: <https://cloud.mail.ru/public/eGYr/2NzWsrRAk>

Студент может заменить типовое задание на расчетную схему задачи, связанной с его научным исследованием в магистратуре.

#### 7.5. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта профессиональной деятельности, характеризующие этапы формирования компетенций

Процедура проведения промежуточной аттестации и текущего контроля успеваемости регламентируется локальным нормативным актом, определяющим порядок организации и проведения текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся.

Процедура оценивания формирования компетенций при проведении текущего контроля приведена в п. 7.2.

Типовые контрольные задания или иные материалы текущего контроля приведены в п.7.3.

Промежуточная аттестация по дисциплине проводится в форме экзамена.

В экзаменационный билет включается одно практическое задание, предусматривающее разработку гидравлической модели водопроводной сети или математической модели в программе конечно-элементного анализа и один теоретический вопрос, соответствующие содержанию

формируемых компетенций. Для выполнения практического задания на экзамене используется компьютер, теоретический вопрос оформляется письменно. Для выполнения задания по экзаменационному билету отводится 30 минут.

7.6. Критерии оценивания сформированности компетенций при проведении промежуточной аттестации

Критерии оценивания	Уровень освоения и оценка			
	Оценка «неудовлетворительно»	Оценка «удовлетворительно»	Оценка «хорошо»	Оценка «отлично»
	«не зачтено»	«зачтено»		
	Уровень освоения компетенции «недостаточный». Компетенции не сформированы. Знания отсутствуют, умения и навыки не сформированы	Уровень освоения компетенции «пороговый». Компетенции сформированы. Сформированы базовые структуры знаний. Умения фрагментарны и носят репродуктивный характер. Демонстрируется низкий уровень самостоятельности практического навыка.	Уровень освоения компетенции «продвинутой». Компетенции сформированы. Знания обширные, системные. Умения носят репродуктивный характер, применяются к решению типовых заданий. Демонстрируется достаточный уровень самостоятельности устойчивого практического навыка.	Уровень освоения компетенции «высокий». Компетенции сформированы. Знания аргументированные, всесторонние. Умения успешно применяются к решению как типовых, так и нестандартных творческих заданий. Демонстрируется высокий уровень самостоятельности, высокая адаптивность практического навыка

<p>знания</p>	<p>Обучающийся демонстрирует: -существенные пробелы в знаниях учебного материала; -допускаются принципиальные ошибки при ответе на основные вопросы билета, отсутствует знание и понимание основных понятий и категорий; -непонимание сущности дополнительных вопросов в рамках заданий билета.</p>	<p>Обучающийся демонстрирует: -знания теоретического материала; -неполные ответы на основные вопросы, ошибки в ответе, недостаточное понимание сущности излагаемых вопросов; -неуверенные и неточные ответы на дополнительные вопросы.</p>	<p>Обучающийся демонстрирует: -знание и понимание основных вопросов контролируемого объема программного материала; - знания теоретического материала -способность устанавливать и объяснять связь практики и теории, выявлять противоречия, проблемы и тенденции развития; -правильные и конкретные, без грубых ошибок, ответы на поставленные вопросы.</p>	<p>Обучающийся демонстрирует: -глубокие, всесторонние и аргументированные знания программного материала; -полное понимание сущности и взаимосвязи рассматриваемых процессов и явлений, точное знание основных понятий, в рамках обсуждаемых заданий; -способность устанавливать и объяснять связь практики и теории, -логически последовательные, содержательные, конкретные и исчерпывающие ответы на все задания билета, а также дополнительные вопросы экзаменатора.</p>
<p>умения</p>	<p>При выполнении практического задания билета обучающийся продемонстрировал недостаточный уровень умений. Практические задания не выполнены Обучающийся не отвечает на вопросы билета при дополнительных наводящих вопросах преподавателя.</p>	<p>Обучающийся выполнил практическое задание билета с существенными неточностями. Допускаются ошибки в содержании ответа и решении практических заданий. При ответах на дополнительные вопросы было допущено много неточностей.</p>	<p>Обучающийся выполнил практическое задание билета с небольшими неточностями. Показал хорошие умения в рамках освоенного учебного материала. Предложенные практические задания решены с небольшими неточностями. Ответил на большинство дополнительных вопросов.</p>	<p>Обучающийся правильно выполнил практическое задание билета. Показал отличные умения в рамках освоенного учебного материала. Решает предложенные практические задания без ошибок Ответил на все дополнительные вопросы.</p>

владение навыками	<p>Не может выбрать методику выполнения заданий.</p> <p>Допускает грубые ошибки при выполнении заданий, нарушающие логику решения задач.</p> <p>Делает некорректные выводы.</p> <p>Не может обосновать алгоритм выполнения заданий.</p>	<p>Испытывает затруднения по выбору методики выполнения заданий.</p> <p>Допускает ошибки при выполнении заданий, нарушения логики решения задач.</p> <p>Испытывает затруднения с формулированием корректных выводов.</p> <p>Испытывает затруднения при обосновании алгоритма выполнения заданий.</p>	<p>Без затруднений выбирает стандартную методику выполнения заданий.</p> <p>Допускает ошибки при выполнении заданий, не нарушающие логику решения задач</p> <p>Делает корректные выводы по результатам решения задачи.</p> <p>Обосновывает ход решения задач без затруднений.</p>	<p>Применяет теоретические знания для выбора методики выполнения заданий.</p> <p>Не допускает ошибок при выполнении заданий.</p> <p>Самостоятельно анализирует результаты выполнения заданий.</p> <p>Грамотно обосновывает ход решения задач.</p>
-------------------	---	--	---	---

Оценка по дисциплине зависит от уровня сформированности компетенций, закрепленных за дисциплиной, и представляет собой среднее арифметическое от выставленных оценок по отдельным результатам обучения (знания, умения, владение навыками).

Оценка «отлично»/«зачтено» выставляется, если среднее арифметическое находится в интервале от 4,5 до 5,0.

Оценка «хорошо»/«зачтено» выставляется, если среднее арифметическое находится в интервале от 3,5 до 4,4.

Оценка «удовлетворительно»/«зачтено» выставляется, если среднее арифметическое находится в интервале от 2,5 до 3,4.

Оценка «неудовлетворительно»/«не зачтено» выставляется, если среднее арифметическое находится в интервале от 0 до 2,4.

## 8. Учебно-методическое и материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

### 8.1. Перечень основной и дополнительной литературы, необходимой для освоения дисциплины (модуля)

№ п/п	Автор, название, место издания, издательство, год издания учебной и учебно-методической литературы	Количество экземпляров/электронный адрес ЭБС
<b><u>Основная литература</u></b>		
1	Алексеев Е. В., Викулин П. Д., Викулина В. Б., Моделирование систем водоснабжения и водоотведения, Москва: МИСИ-МГСУ, ЭБС АСВ, 2022	<a href="https://www.iprbooks.hop.ru/122829.html">https://www.iprbooks.hop.ru/122829.html</a>
2	Федорова Н. Н., Вальгер С. А., Захарова Ю. В., Моделирование гидрогазодинамических процессов в ПК ANSYS 17.0, Новосибирск: Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет (Сибстрин), ЭБС АСВ, 2016	<a href="http://www.iprbookshop.ru/68793.html">http://www.iprbookshop.ru/68793.html</a>
<b><u>Дополнительная литература</u></b>		
1	Федорова Н. Н., Вальгер С. А., Данилов М. Н., Захарова Ю. В., Основы работы в ANSYS 17, Москва: ДМК Пресс, 2017	<a href="https://e.lanbook.com/book/90112">https://e.lanbook.com/book/90112</a>

Обучающиеся из числа инвалидов и лиц с ОВЗ обеспечиваются печатными и (или) электронными образовательными ресурсами в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья.

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

Наименование ресурса сети «Интернет»	Электронный адрес ресурса
EPANET 2 - РУССКАЯ ВЕРСИЯ. Расчет и моделирование напорных водораспределительных сетей РУКОВОДСТВО ПОЛЬЗОВАТЕЛЯ	<a href="https://docplayer.ru/26660416-Epanet-2-russkaya-versiya-raschet-i-modelirovanie-napornyh-vodoraspredelitelnyh-setey-rukovodstvo-polzovatelya.html">https://docplayer.ru/26660416-Epanet-2-russkaya-versiya-raschet-i-modelirovanie-napornyh-vodoraspredelitelnyh-setey-rukovodstvo-polzovatelya.html</a>
Клуб пользователей ANSYS	<a href="https://cae-club.ru/">https://cae-club.ru/</a>

8.3. Перечень современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем

Наименование	Электронный адрес ресурса
Система дистанционного обучения СПбГАСУ Moodle	<a href="https://moodle.spbgasu.ru/">https://moodle.spbgasu.ru/</a>
Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU	Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU
Единый электронный ресурс учебно-методической литературы СПбГАСУ	<a href="http://www.spbgasu.ru">www.spbgasu.ru</a>

8.4. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень лицензионного и свободно распространяемого программного обеспечения

Наименование	Способ распространения (лицензионное или свободно распространяемое)
Solid Works версия 2019	Договор №Tr000660287 от 27.09.2021 г. с АО "СофтЛайн Трейд". Лицензия до 30.11.2024
Maple версия 2017	Договор №б/н от 21.06.2017 с АО "СофтЛайн Трейд". Лицензия бессрочная
ZuluGIS 8	Контракт № 7246/22 от 25.07.2022 г. с ООО "Политерм". Лицензия бессрочная

8.5. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Сведения об оснащённости учебных аудиторий и помещений для самостоятельной работы

Наименование учебных аудиторий и помещений для самостоятельной работы	Оснащённость оборудованием и техническими средствами обучения
50. Помещения для самостоятельной работы	Помещение для самостоятельной работы (читальный зал библиотеки, ауд. 217): ПК-23 шт., в т.ч. 1 шт.- ПК для лиц с ОВЗ (системный блок, монитор, клавиатура, мышь) с подключением к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду СПбГАСУ. ПО Microsoft Windows 10

50. Учебные аудитории для проведения практических занятий, курсового проектирования (выполнения курсовых работ), групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации	Комплект мультимедийного оборудования (персональный компьютер, мультимедийный проектор, экран, аудио-система), доска, комплект учебной мебели, подключение к компьютерной сети СПбГАСУ, выход в Интернет
50. Учебные аудитории для проведения лекционных занятий	Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа, комплект мультимедийного оборудования (персональный компьютер, мультимедийный проектор, экран, аудио-система), доска, экран, комплект учебной мебели, подключение к компьютерной сети СПбГАСУ, выход в Интернет

Для инвалидов и лиц с ОВЗ обеспечиваются специальные условия для получения образования в соответствии с требованиями нормативно-правовых документов.