



**Оборотная сторона титульного листа РПД**

**I. Рабочая программа пересмотрена на заседании Департамента морских арктических технологий:**

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

Директор департамента

\_\_\_\_\_  
(подпись)

А.Т. Беккер  
(И.О. Фамилия)

**II. Рабочая программа пересмотрена на заседании Департамента морских арктических технологий:**

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

Директор департамента

\_\_\_\_\_  
(подпись)

А.Т. Беккер  
(И.О. Фамилия)

## I. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

**Цель:** обучение магистрантов, будущих инженеров и научных работников, теоретическим основам технологического моделирования систем и объектов водоснабжения и водоотведения, умеющих использовать полученные знания при решении конкретных задач с использованием математического моделирования, экспериментальных исследований, компьютерной техники и средств телекоммуникации.

### **Задачи:**

- изучить теоретические методы исследования;  
освоить принципы формирования модельных задач при решении профессиональных технологических проблем;
- изучить теорию планирования эксперимента;
- изучить способы обработки результатов эксперимента и построения эмпирических зависимостей;
- изучить численные методы моделирования;
- получить квалификацию, позволяющую практически использовать полученные знания при гидравлическом моделировании, моделировании процессов седиментации, фильтрации и физико-химических методов обработки воды.

Для успешного изучения дисциплины «Технологическое моделирование» у обучающихся должны быть сформированы следующие предварительные компетенции:

- способен решать задачи профессиональной деятельности на основе использования теоретических и практических основ естественных и технических наук, а также математического аппарата (ОПК-1);
- способен участвовать в инженерных изысканиях, необходимых для строительства и реконструкции объектов строительства и жилищно-коммунального хозяйства (ОПК-5);
- способен участвовать в проектировании объектов строительства и жилищно-коммунального хозяйства, в подготовке расчетного и технико-экономического обоснований их проектов, участвовать в подготовке проектной документации, в том числе с использованием средств автоматизированного проектирования и вычислительных программных комплексов (ОПК-6).

В результате изучения данной дисциплины у обучающихся формируются следующие профессиональные компетенции:

Тип задач	Код и наименование профессиональной компетенции (результат освоения)	Код и наименование индикатора достижения компетенции
Научно-исследовательский	ПК-1 Способен выполнять и организовывать научные исследования в сфере водоснабжения и водоотведения	ПК-1.1. Выбор метода и/или методики проведения исследований в сфере водоснабжения и водоотведения.
		ПК-1.2. Проведение исследования в сфере водоснабжения и водоотведения в соответствии с его методикой.
		ПК-1.3. Оценка основных технико-экономических показателей системы водоснабжения (водоотведения).

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Наименование показателя оценивания (результата обучения по дисциплине)
ПК-1.1. Выбор метода и/или методики проведения исследований в сфере водоснабжения и водоотведения.	Знает: информационные технологии в строительстве; теоретические и экспериментальные методы исследований; особенности построения физических и математических моделей процессов и явлений в области водоснабжения и водоотведения.
	Умеет: использовать на практике методы научных исследований объектов водоснабжения и водоотведения
	Владеет: методами постановки задач исследований; навыками применения компьютерного моделирования работы сетей водоснабжения и водоотведения
ПК-1.2. Проведение исследования в сфере водоснабжения и водоотведения в соответствии с его методикой.	Знает: современные методы исследования; технологические проблемы эксплуатации объектов водоснабжения (водоотведения), новые направления и тенденции в методах обработки природных и сточных вод
	Умеет: использовать инновационные технологии в обработке природных и сточных вод, а также при оценке работы распределительных систем и насосных станций
	Владеет: методами постановки задач исследований, гипотетическим и аксиоматическим методами, компьютерными технологиями; методы обработки экспериментальных данных
ПК-1.3. Оценка основных	Знает:

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Наименование показателя оценивания (результата обучения по дисциплине)
технико-экономических показателей системы водоснабжения (водоотведения).	основы технико-экономического анализа при выборе оптимального варианта технического решения
	Умеет: проводить технико-экономическое обоснование проектных решений
	Владеет: методами постановки и решения конкретных задач, связанных с технико-экономическим анализом технологических процессов системы водоснабжения и водоотведения

## II. ТРУДОЁМКОСТЬ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДОВ УЧЕБНЫХ ЗАНЯТИЙ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачётные единицы (144 академических часа).

(1 зачетная единица соответствует 36 академическим часам)

Видами учебных занятий и работы обучающегося по дисциплине являются:

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

Структура дисциплины:

Форма обучения – очная.

№	Наименование раздела дисциплины	Семестр	Количество часов по видам учебных занятий и работы обучающегося						Формы промежуточной аттестации
			Лек	Лаб	Пр	ОК	СР	Контроль	
1	Раздел I. Моделирование. Методы теоретических исследований и методология эксперимента	1	12	-	42	-	36	-	ПР-2, УО-1
2	Раздел 2. Технологическое моделирование в задачах водоснабжения и водоотведения	1	6	-	12	-	-	-	ПР-7, УО-1
3	Экзамен	1	-	-	-	-	-	36	УО-1
	Итого:		18	-	54	-	36	36	УО-1, ПР-2, ПР-7

### **III. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА**

#### **Лекционные занятия (18 час.)**

**Раздел 1. Моделирование. Методы теоретических исследований и методология эксперимента (12 часов)**

**Тема 1. Понятие моделирования (2 часа)**

Цели и принципы моделирования. Теория моделирования, виды моделей. Физическое, математическое и компьютерное моделирование.

**Тема 2. Аналитические и вероятностные методы исследований (2 часа)**

Модельные задачи на основе дифференциальных уравнений. Полуэмпирические методы. Методы оптимизации. Вероятностные модели.

**Тема 3. Теоретические основы обеспечения подобия экспериментов натурным процессам (2 часа)**

Элементы теории подобия. Теоремы подобия. Инвариантность. Автомодельность. Анализ размерностей. Геометрическое и динамическое подобие. Критерии подобия. Подобие гидравлических явлений.

**Тема 4. Основы планирования и постановки эксперимента (2 часа).**

Принцип «черного ящика». Параметр оптимизации. Границы проведения эксперимента. Понятие фактора и уровня. Нормальное распределение. Подтверждение нормальности распределения случайной величины, асимметрия и эксцесс выборки. Погрешности измерений, систематические и случайные. Понятие дисперсии.

**Тема 5. Рациональное планирование экспериментальных исследований (2 часа).**

План полного и дробного факторного экспериментов. Обработка результатов экспериментов. Статистическое обоснование достоверности результатов экспериментов.

**Тема 6. Планирование экстремальных экспериментов (2 часа).**

Задачи экстремальных экспериментов. Планы первого порядка. Основные понятия и определения. Метод Бокса-Уилсона.

**Раздел 2. Технологическое моделирование в задачах водоснабжения и водоотведения (6 часов).**

**Тема 1. Технологическое моделирование процессов седиментации и процеживания (2 часа).**

Параметризация процесса седиментации. Гидравлическая крупность. Моделирование гидродинамики седиментационных сооружений. Моделирование осаждения. Модельная задача процессов процеживания. Особенности физического моделирования мембранных процессов.

**Тема 2. Технологическое моделирование процессов фильтрации (2 часа).**

Параметризация процесса фильтрации. Безразмерные комплексы. Установки для технологического моделирования процессов фильтрации.

**Тема 3. Моделирование процессов биологической очистки (2 часа).**

Параметризация процесса биологической очистки. Установки для технологического моделирования биологической очистки сточных вод.

**IV. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ПРАКТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ КУРСА И САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ**

**Практические занятия (54 часов)**

**Раздел 1. Моделирование. Методы теоретических исследований и методология эксперимента (42 часов)**

**Практическое занятие 1 (2 часа).**

Аналитические и вероятностные методы исследований. Построение модельной задачи. Решение оптимизационных задач (транспортная задача).

**Практическое занятие 2 (2 часа).**

Использование метода наименьших квадратов для получения линейных и нелинейных зависимостей.

**Практическое занятие 3 (2 часа).**

Изучение методов планирования полного факторного эксперимента.

**Практическое занятие 4 (2 часа).**

Изучение методов планирования дробного факторного эксперимента.

**Практическое занятие 5 (2 часа).**

Погрешности измерений, систематические и случайные. Понятие дисперсии.

**Практическое занятие 6 (2 часа).**

Нормальное распределение. Подтверждение нормальности распределения случайной величины, асимметрия и эксцесс выборки.

**Практическое занятие 7 (2 часа).**

Статистическое обоснование достоверности результатов экспериментов. Критерии Стьюдента, Кохрена, Фишера. Индекс детерминации.

**Практическое занятие 8 (2 часа).**

Использование функций MS EXCEL для обработки экспериментальных данных. Корреляционные матрицы.

**Практическое занятие 9 (2 часа).**

Использование функций MS EXCEL для обработки экспериментальных данных. Линии тренда и индекс детерминации.

**Практическое занятие 10 (2 часа).**

Использование функций MS EXCEL для обработки экспериментальных данных. Регрессионный анализ, линейная регрессия.

**Практическое занятие 11 (2 часа).**

Использование функций MS EXCEL для обработки экспериментальных данных. Регрессионный анализ, нелинейная регрессия.

**Практическое занятие 12 (2 часа).**

Ортогональные и центральные планы второго порядка.

**Практическое занятие 13 (2 часа).**

Основы методов компьютерного моделирования. Основные программы, применяемые при технологическом моделировании систем, сооружений и элементов водоснабжения и водоотведения.

**Практическое занятие 14 (2 часа).**

Структура работы основных программ и программных комплексов для моделирования, их возможности, решаемые ими задачи. EPANET, GEOstudio, ANSYS, SolidWorks.

**Практическое занятие 15 (2 часа).**

Моделирование работы трубопроводной сети в программе EPANET. Структура и основные элементы программы.

**Практическое занятие 16 (2 часа).**

Моделирование работы трубопроводной сети в программе EPANET. Физические принципы и уравнения положенные в основу работы программы.

**Практическое занятие 17 (2 часа).**

Структура программного комплекса GEOstudio, физические принципы и

уравнения, положенные в основу работы программного комплекса. Состав программ и возможностей системы.

**Практическое занятие 18 (2 часа).**

Основные этапы моделирования в элементах комплекса GEOstudio. Построение моделей, сеток и анализ результатов.

**Практическое занятие 19 (2 часа).**

Структура программного комплекса ANSYS, физические принципы и уравнения, положенные в основу работы программного комплекса. Состав программ и возможностей системы.

**Практическое занятие 20 (2 часа).**

Основные этапы моделирования в элементах комплекса ANSYS. Построение моделей, сеток.

**Практическое занятие 21 (2 часа).**

Основные этапы моделирования в элементах комплекса ANSYS. Настройки решателя, модели турбулентности, обработка данных моделирования.

**Раздел 2. Технологическое моделирование в задачах водоснабжения и водоотведения (12 часов).**

**Практическое занятие 1 (2 часа).**

Технологическое моделирование седиментационных процессов. Параметризация процесса осаждения взвешенных частиц в водопроводных отстойниках.

**Практическое занятие 2 (2 часа).**

Технологическое моделирование фильтрационных процессов. Типовые математические модели макрокинетических процессов течения жидкости в идеальных и неидеальных аппаратах. Параметризация процесса фильтрации на основе модельных задач.

**Практическое занятие 3 (2 часа).**

Компьютерное моделирование участка трубопроводной сети в программе EPANET.

**Практическое занятие 4 (2 часа).**

Компьютерное моделирование движения жидкости через грунтовую дамбу в программном комплексе GEOstudio.

**Практическое занятие 5 (2 часа).**

Компьютерное моделирование распределения потоков по секциям отстойника с тонкослойными модулями в программном комплексе ANSYS.

### **Практическое занятие 6 (2 часа).**

Обоснование необходимости проведения экспериментальных исследований (лабораторных, натурных и численных). Обоснование необходимости проведения экспериментальных исследований.

### **Задания для самостоятельной работы**

Самостоятельная работа магистрантов заключается в подготовке к лекционным и практическим занятиям, самостоятельного анализа нормативной, технической и научной литературы. В рамках раздела 1 студент изучает основные методы постановки эксперимента и осуществляет подготовку к трем контрольным работам, выполняемым в рамках курса. В рамках раздела 2, студентом выполняется развернутый конспект по заданным темам. Итоговая аттестация проводится в форме экзамена путем ответов на экзаменационные вопросы в устной и письменной форме после определенного периода подготовки. Примерные формы контрольных работ, темы для конспектирования и экзаменационные вопросы приведены в фонде оценочных средств настоящей рабочей программы.

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

Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся по дисциплине включает в себя:

- план-график выполнения самостоятельной работы по дисциплине, в том числе примерные нормы времени на выполнение по каждому заданию;
- требования к представлению и оформлению результатов самостоятельной работы;
- критерии оценки выполнения самостоятельной работы.

### **План-график выполнения самостоятельной работы по дисциплине**

<b>№ п/п</b>	<b>Дата/сроки выполнения</b>	<b>Вид самостоятельной работы</b>	<b>Примерные нормы времени на выполнение</b>	<b>Форма контроля</b>
1	В течение	Подготовка к	6 часов	УО-1

	семестра	аудиторным занятиям		(собеседование/устный опрос)
	1-10 неделя семестра	Подготовка к выполнению и защите контрольных работ	20 часов	ПР-2 (контрольная работа) УО-1 (собеседование/устный опрос)
	10-12 неделя семестра	Подготовка конспекта по разделу 2.	10 часов	ПР-7 (конспект) УО-1 (собеседование/устный опрос)
	12-18 неделя семестра	Подготовка к экзамену	36 часов	Экзамен УО-1 (собеседование/устный опрос)
Итого:			72 часа	

### **Рекомендации по самостоятельной работе студентов**

*Планирование и организация времени, отведенного на выполнение заданий самостоятельной работы.*

Изучив график выполнения самостоятельных работ, следует правильно её организовать. Рекомендуется изучить структуру каждого задания, обратить внимание на график выполнения работ. Обратите внимание, что итоги самостоятельной работы влияют на окончательную оценку по итогам освоения учебной дисциплины.

*Работа с литературой.*

При выполнении ряда заданий требуется работать с литературой. Рекомендуется использовать различные возможности работы с литературой: фонды научной библиотеки ДВФУ (<http://www.dvfu.ru/library/>) и других ведущих вузов страны, а также доступных для использования научно-библиотечных систем.

В процессе выполнения самостоятельной работы, в том числе при написании эссе рекомендуется работать со следующими видами изданий:

а) Научные издания, предназначенные для научной работы и содержащие теоретические, экспериментальные сведения об исследованиях. Они могут публиковаться в форме: монографий, научных статей в журналах или в научных сборниках;

б) Учебная литература подразделяется на:

- учебные издания (учебники, учебные пособия, тексты лекций), в которых содержится наиболее полное системное изложение дисциплины или какого-то ее раздела;

- справочники и другие издания, содержащие краткие сведения научного или прикладного характера, не предназначенные для сплошного чтения. Их цель – возможность быстрого получения самых общих представлений о предмете.

Существуют два метода работы над источниками:

– сплошное чтение обязательно при изучении учебника, глав монографии или статьи, то есть того, что имеет учебное значение. Как правило, здесь требуется повторное чтение, для того чтобы понять написанное. Старайтесь при сплошном чтении не пропускать комментарии, сноски, справочные материалы, так как они предназначены для пояснений и помощи. Анализируйте рисунки (карты, диаграммы, графики), старайтесь понять, какие тенденции и закономерности они отражают;

– метод выборочного чтения дополняет сплошное чтение; он применяется для поисков дополнительных, уточняющих необходимых сведений в словарях, энциклопедиях, иных справочных изданиях. Этот метод крайне важен для повторения изученного и его закрепления, особенно при подготовке к зачету.

Для того чтобы каждый метод принес наибольший эффект, необходимо фиксировать все важные моменты, связанные с интересующей Вас темой.

Тезисы – это основные положения научного труда, статьи или другого произведения, а возможно, и устного выступления; они несут в себе большой объем информации, нежели план. Простые тезисы лаконичны по форме; сложные – помимо главной авторской мысли содержат краткое ее обоснование и доказательства, придающие тезисам более весомый и убедительный характер. Тезисы прочитанного позволяют глубже раскрыть его содержание; обучаясь излагать суть прочитанного в тезисной форме, вы сумеете выделять из множества мыслей авторов самые главные и ценные и делать обобщения.

Конспект – это способ самостоятельно изложить содержание книги или статьи в логической последовательности. Конспектируя какой-либо источник, надо стремиться к тому, чтобы немногими словами сказать о многом. В тексте конспекта желательно поместить не только выводы или положения, но и их аргументированные доказательства (факты, цифры, цитаты).

Писать конспект можно и по мере изучения произведения, например, если прорабатывается монография или несколько журнальных статей.

Составляя тезисы или конспект, всегда делайте ссылки на страницы, с которых вы взяли конспектируемое положение или факт, – это поможет вам сократить время на поиск нужного места в книге, если возникает потребность глубже разобраться с излагаемым вопросом или что-то уточнить при написании письменных работ.

## Методические рекомендации по выполнению заданий для самостоятельной работы и критерии оценки.

### Контрольные работы.

От обучающегося требуется:

1. Подготовиться к контрольной работе, изучив основные теоретические основы используемых методов.
2. Грамотно, точно и своевременно выполнить работу.
3. Подготовиться к контрольным вопросам по теме работы.

После выполнения всех контрольных работ проводится собеседование (устный опрос) для оценки знания студента и умения логически построить ответ.

Опрос – важнейшее средство проверки знаний студента. Обучающая функция опроса состоит в выявлении деталей, которые по каким-то причинам оказались недостаточно осмысленными в ходе учебных занятий и при подготовке задания по самостоятельной работе.

Критерии оценки. Используется зачетная система. Во время защиты контрольной работы определяется качество её выполнения, грамотность построения решения и отчета, знание студентом основных теоретических предпосылок и методов выполнения работы.

*Самостоятельная работа № 2.* Отчет по разделу 2 осуществляется в форме конспекта. Конспект, как оценочное средство, позволяет оценить умение обучающегося письменно излагать суть поставленного вопроса, самостоятельно проводить анализ, формулировать выводы. Эссе предоставляется в письменном виде. Методические рекомендации по написанию конспекта представлены ниже.

#### Критерии оценки.

Оценка	Требования
«зачтено»	Студент владеет навыками самостоятельной работы по теме, способен реферировать литературные источники; владеет методами анализа теоретических и/или практических аспектов изучаемой области. Конспект характеризуется смысловой цельностью, связностью и последовательностью изложения. Магистрант умеет обобщать фактический материал, делать самостоятельные выводы. Работа соответствует требованиям и выполнена в установленные сроки.
«не зачтено»	Не раскрыта структура и теоретическая составляющая темы. Магистрант не умеет обобщать фактический материал, делать самостоятельные выводы, не владеет навыком реферировать

### Методические рекомендации по написанию конспекта

Цель выполнения конспекта состоит в развитии навыков самостоятельного мышления и краткого письменного изложения собственных мыслей. Писать конспект чрезвычайно полезно, поскольку это позволяет автору научиться четко и грамотно формулировать мысли, структурировать информацию, использовать основные категории анализа, выделять причинно-следственные связи, иллюстрировать понятия соответствующими примерами; овладеть научным стилем речи.

Конспект должен содержать: четкое изложение сути поставленной проблемы, включать самостоятельно проведенный анализ этой проблемы с использованием концепций и аналитического инструментария, рассматриваемого в рамках дисциплины, выводы. В зависимости от специфики дисциплины формы эссе могут значительно дифференцироваться. В некоторых случаях это может быть анализ имеющихся статистических данных по изучаемой проблеме, анализ материалов из средств массовой информации и использованием изучаемых моделей, подробный разбор предложенной задачи с развернутыми мнениями, подбор и детальный анализ примеров, иллюстрирующих проблему и т.д.

## VI. КОНТРОЛЬ ДОСТИЖЕНИЙ ЦЕЛЕЙ КУРСА

№ п/п	Контролируемые модули/разделы / темы дисциплины	Код индикатора достижения компетенции	Результаты обучения	Оценочные средства – наименование	
				текущий контроль	промежуточные аттестация
1	Раздел I. Моделирование. Методы теоретических исследований и методология эксперимента	ПК-1.1. Выбор метода и/или методики проведения исследований в сфере водоснабжения и водоотведения.	<p>Знает: основные методы и методики моделирования гидравлических и технических систем водоснабжения. Обладает знаниями в планировании исследования.</p> <p>Умеет: возможности использования тех или иных методов моделирования для решения поставленных научно-технических задач. Обладает умениями планировать эксперименты.</p> <p>Владеет: навыками выбора методов моделирования систем водоснабжения и водоотведения. Владеет</p>	ПР-2, УО-1	вопросы к экзамену 1-23

			навыками планирования исследований.		
		ПК-1.3. Оценка основных технико-экономических показателей системы водоснабжения (водоотведения).	Знает: взаимосвязь показателей, свойств и характеристик систем водоснабжения и водоотведения с используемыми методами и методиками технологического моделирования	ПР-2, УО-1	
			Умеет: давать оценку основным показателям, свойств и характеристик систем водоснабжения и водоотведения при подготовке (или выбору методов технологического моделирования)		
2	Раздел 2. Технологическое моделирование в задачах водоснабжения и водоотведения	ПК-1.2. Проведение исследования в сфере водоснабжения и водоотведения в соответствии с его методикой.	Знает: основные методы лабораторного и компьютерного моделирования гидравлических систем и технологических процессов в системах, сооружениях и объектах водоснабжения и водоотведения	ПР-7, УО-1	вопросы к экзамену 24-29
			Умеет: пользоваться методами и программными комплексами при лабораторном и компьютерном моделировании гидравлических систем и технологических процессов в системах, сооружениях и объектах водоснабжения и водоотведения		
		ПК-1.3. Оценка основных технико-экономических показателей системы водоснабжения (водоотведения).	Владеет: методами и программными комплексами при лабораторном и компьютерном моделировании гидравлических систем и технологических процессов в системах, сооружениях и объектах водоснабжения и водоотведения	ПР-7, УО-1	

Типовые контрольные задания, методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений и навыков, а также качественные критерии оценивания, которые описывают уровень сформированности

компетенций, представлены в разделе VIII.

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

### **Основная литература**

1. Овчаров, А. О. Методология научного исследования : учебник / А.О. Овчаров, Т.Н. Овчарова. — Москва : ИНФРА-М, 2021. — 304 с. + Доп. материалы [Электронный ресурс]. — (Высшее образование: Магистратура). — DOI 10.12737/357. - ISBN 978-5-16-009204-1.

Режим доступа - <https://znanium.com/catalog/product/1545403>

2. Волосухин, В. А. Планирование научного эксперимента: Учебник / В.А.Волосухин, А.И.Тищенко, 2-е изд. - М.: ИЦ РИОР, НИЦ ИНФРА-М, 2018. - 176 с.: - (Высшее образование: Магистратура). - ISBN 978-5-369-01229-1.

Режим доступа - <https://znanium.com/catalog/product/923357>

3. Плахотникова, Е.В. Организация и методология научных исследований в машиностроении : учебник / Е.В. Плахотникова, В.Б. Протасьев, А.С. Ямников. - Москва ; Вологда : Инфра-Инженерия, 2019. - 316 с. - ISBN 978-5-9729-0391-7.

Режим доступа - <https://znanium.com/catalog/product/1048765>

4. Обработка экспериментальных данных на ЭВМ : учебник / О.С. Логунова, П.Ю. Романов, Е.А. Ильина [и др.]. — Москва : ИНФРА-М, 2019. — 326 с. — (Высшее образование: Бакалавриат). — [www.dx.doi.org/10.12737/textbook\\_5aafb5a99fb14.44742313](http://www.dx.doi.org/10.12737/textbook_5aafb5a99fb14.44742313). - ISBN 978-5-16-013461-1.

Режим доступа - <https://znanium.com/catalog/product/1025509>

5. Пижурин, А. А. Методы и средства научных исследований : учебник / А.А. Пижурин, А.А. Пижурин (мл.), В.Е. Пятков. — Москва : ИНФРА-М, 2021. — 264 с. + Доп. материалы [Электронный ресурс]. — (Высшее образование: Бакалавриат). - ISBN 978-5-16-010816-2.

Режим доступа - <https://znanium.com/catalog/product/1140661>

## Дополнительная литература

1. Бабешко, Л. О. Эконометрика и эконометрическое моделирование в Excel и R : учебник / Л.О. Бабешко, И.В. Орлова. — Москва : ИНФРА-М, 2022. — 300 с. : ил. — (Высшее образование : Магистратура). — DOI 10.12737/1079837. - ISBN 978-5-16-016059-7.

Режим доступа - <https://znanium.com/catalog/product/1771210>

2. Козлов, А. Ю. Статистический анализ данных в MS Excel : учебное пособие / А.Ю. Козлов, В.С. Мхитарян, В.Ф. Шишов. — Москва : ИНФРА-М, 2021. — 320 с. — (Высшее образование: Бакалавриат). — DOI 10.12737/2842. - ISBN 978-5-16-004579-5.

Режим доступа - <https://znanium.com/catalog/product/1684740>

3. Стрельников, В. В. Анализ и прогноз загрязнений окружающей среды : учебник / В.В. Стрельников, Н.В. Чернышева. — Москва : ИНФРА-М, 2021. — 339 с. — (Высшее образование: Бакалавриат). — DOI 10.12737/1030338. - ISBN 978-5-16-015389-6.

Режим доступа - <https://znanium.com/catalog/product/1030338>

4. Федорова, Н. Н. Моделирование гидрогазодинамических процессов в ПК ANSYS 17.0 : учебное пособие / Н. Н. Федорова, С. А. Вальгер, Ю. В. Захарова. — Новосибирск : Новосибирский государственный архитектурно-строительный университет (Сибстрин), ЭБС АСВ, 2016. — 169 с. — ISBN 978-5-7795-0798-1.

Режим доступа - <https://www.iprbookshop.ru/68793.html>

5. Басов, К. А. ANSYS : справочник пользователя / К. А. Басов. — 2-е изд. — Саратов : Профобразование, 2019. — 640 с. — ISBN 978-5-4488-0064-1.

Режим доступа - <https://www.iprbookshop.ru/87978.html>

## Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»

1. Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU

<https://www.elibrary.ru/>

2. Российская государственная библиотека, Электронная библиотека диссертаций РГБ <http://diss.rsl.ru/>

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

1. Пакет программного обеспечения Microsoft Office (Word, Outlook, Power Point, Excel)

1. База данных Scopus <http://www.scopus.com/home.url>
2. База данных Web of Science <http://apps.webofknowledge.com/>

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

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

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

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

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

Особо значимой для профессиональной подготовки студентов является *самостоятельная работа* по курсу. В ходе этой работы студенты отбирают необходимый материал по изучаемому вопросу и анализируют его. Студентам

необходимо ознакомиться с основными источниками, без которых невозможно полноценное понимание проблематики курса.

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

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

**Подготовка к экзамену.** К сдаче экзамена допускаются обучающиеся, выполнившие все задания (лабораторные, самостоятельные), предусмотренные учебной программой дисциплины, посетившие не менее 85% аудиторных занятий.

## IX. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

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

### Материально-техническое и программное обеспечение дисциплины

Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы	Перечень лицензионного программного обеспечения. Реквизиты подтверждающего документа
690922, Приморский край, г. Владивосток, остров Русский, полуостров Саперный, поселок Аякс	Помещение укомплектовано специализированной учебной мебелью Оборудование: Доска аудиторная.	
690922, Приморский край, г. Владивосток, остров Русский, полуостров Саперный, поселок Аякс, 10, корп. А (Лит. П), Этаж 10, каб. А1017. Аудитория для самостоятельной работы	Оборудование: Моноблок Lenovo C360G-i34164G500UDK – 15 шт. Интегрированный сенсорный дисплей Polymedia FlipBox - 1 шт. Копир-принтер-цветной сканер в e-mail с 4 лотками Xerox WorkCentre 5330 (WC5330C – 1 шт.)	Word, Outlook, Power Point, Excel

Для проведения учебных занятий по дисциплине, а также для организации самостоятельной работы студентам доступны лекционные

кабинеты, соответствующие действующим санитарным и противопожарным нормам, а также требованиям техники безопасности при проведении учебных и научно-производственных работ.

В целях обеспечения специальных условий обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в ДВФУ все здания оборудованы пандусами, лифтами, подъемниками, специализированными местами, оснащенными туалетными комнатами, табличками информационно-навигационной поддержки.

## **Х. ФОНД ФОНДЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**

Для дисциплины «Технологическое моделирование» используются следующие оценочные средства:

Устный опрос:

1. Собеседование (УО-1)

Письменные работы:

1. Контрольная работа (ПР-2)

2. Конспект (ПР-7)

### **Устный опрос**

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

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

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

### **Письменные работы**

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

Контрольная работа (ПР-2) – средство проверки умений применять полученные знания для решения задач определенного типа по теме или разделу.

Конспект (ПР-7) – продукт самостоятельной работы обучающегося, отражающий основные идеи заслушанной лекции, сообщения и т.д.

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

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

Промежуточная аттестация студентов по дисциплине «Технологическое моделирование» проводится в соответствии с локальными нормативными актами ДВФУ и является обязательной. Форма отчётности по дисциплине – экзамен (1-й, осенний семестр). Экзамен по дисциплине включает сочетание письменного и устного ответов на билет из 3 вопросов.

### **Методические указания по сдаче экзамена**

Экзамен принимается ведущим преподавателем. При большой численности студентов по распоряжению директора отделения допускается привлечение в помощь ведущему преподавателю других преподавателей. В первую очередь привлекаются преподаватели, которые проводили практические занятия по дисциплине в группе.

Форма проведения экзамена письменная с элементами устного ответа. Во время проведения экзамена студенты могут пользоваться рабочей программой дисциплины, а также с разрешения преподавателя, проводящего зачет, справочной литературой и другими пособиями (учебниками, учебными пособиями, рекомендованной литературой и т.п.). Время, предоставляемое студенту на подготовку к ответу на экзамене, должно составлять не более 30 минут. По истечении данного времени студент должен быть готов к ответу.

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

При промежуточной аттестации обучающимся устанавливается оценка «неудовлетворительно», «удовлетворительно», «хорошо» или «отлично».

### **Вопросы к экзамену**

1. Автомодельность.
2. Анализ размерностей. Теорема Букингама.
3. Аналитические методы исследований с помощью экспериментов.

4. Критерии подобия гидравлических процессов.
5. Критерии подобия химических процессов
6. Дробный факторный эксперимент для поиска области оптимума.
7. Задачи экстремальных экспериментов. Основные понятия и определения.
8. Законы распределения случайных величин, кривая распределения.
9. Метод комбинационных и взаимно-ортогональных квадратов.
10. Воспроизводимость экспериментальных исследований, методы определения.
11. Адекватность модели экспериментальным данным, методы определения.
12. Обработка результатов экспериментов.
13. План полного и дробного факторного экспериментов.
14. Планы первого порядка. Метод Бокса-Уилсона.
15. Теорема Тейлора. Крутое восхождение по поверхности отклика.
16. Формирование модельной задачи и ее решение.
17. Отсеивание ошибочных результатов.
18. Свойство матриц полного факторного эксперимента.
19. Требования к объекту экспериментальных исследований.
20. Корреляционный анализ.
21. Планирование экстремальных экспериментов. Планы первого порядка.
22. Статистическая обработка результатов экспериментальных исследований.
23. Центральные композиционные планы второго порядка.
24. Методы моделирования химических процессов в системах водоочистки и водоподготовки.
25. Методы компьютерного моделирования гидравлических процессов.
26. Методы компьютерного моделирования фильтрационных процессов.
27. Методы моделирования процессов седиментации.
28. Моделирование процессов коагуляции и флокуляции.
29. Моделирование процессов флотации.

## Критерии выставления оценки студенту на экзамене

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

Оценка	Требования к сформированным компетенциям
«неудовлетворительно»	Студент обнаруживает незнание большей части проблем, связанных с изучением вопроса, допускает ошибки в ответе, искажает смысл текста, беспорядочно и неуверенно излагает материал. Данная оценка характеризует недостатки в подготовке студента, которые являются серьезным препятствием к успешной профессиональной и научной деятельности.
«удовлетворительно»	Студент обнаруживает поверхностное знание всего круга проблем, связанных с изучением вопроса, практические не допускает ошибок в ответе, неуверенно излагает материал. Данная оценка характеризует недостатки в подготовке студента, которые не являются препятствием к успешной профессиональной и научной деятельности.
«хорошо»	Студент обнаруживает достаточное знание всего круга проблем, связанных с тем предмета, допускает ошибок в ответе, но присутствуют неточности, неуверенно, но внятно излагает материал. Данная оценка характеризует наличие мелких недостатки в подготовке студента, которые не являются препятствием к успешной профессиональной и научной деятельности.
«отлично»	Студент показал развернутый ответ, представляющий собой связное, логическое, последовательное раскрытие поставленного вопроса, широкое знание литературы. Студент обнаружил понимание материала, обоснованность суждений, способность применить полученные знания на практике. Допускаются некоторые неточности в ответе, которые студент исправляет самостоятельно.

## Оценочные средства для текущей аттестации

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

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

Объектами оценивания выступают:

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

учебной работы;

– результаты самостоятельной работы.

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

#### **Раздел 1. Опрос по результатам контрольной работы.**

1. Основные критерии подобия гидравлических процессов.
2. Критерии подобия химических процессов.
3. Теорема Букингама.
4. План полного и дробного факторного экспериментов.
5. Планы первого порядка. Метод Бокса-Уилсона.
6. Полный факторный эксперимент для поиска области оптимума.
7. Применение латинских квадратов для планирования эксперимента.
8. Корреляционный анализ, корреляция.
9. Регрессионный анализ.
10. Линия тренда, индекс детерминации.

#### **Раздел 2. Опрос по конспекту.**

1. Программы для вычислительной гидродинамики.
2. Основные уравнения, положенные в основу CFD программ.
3. Уравнение Навье-Стокса.
4. Уравнение Рейнольдса.
5. Критерии подобия при моделировании седиментации.
6. Лабораторное моделирование процессов седиментации.
7. Лабораторное моделирование фильтрации.
8. Компьютерное моделирование фильтрации.
9. Основные уравнения, положенные в основу компьютерных программ моделирование фильтрационных процессов.

### **Критерии оценивания**

<b>Оценка</b>	<b>Требования</b>
<b>«зачтено»</b>	Студент показал развернутый ответ на вопрос, знание литературы, теоретические основы выполненной контрольной работы и конспекта, обнаружил понимание материала, обоснованность суждений, неточности в ответе исправляет самостоятельно.
<b>«не зачтено»</b>	Студент обнаруживает незнание вопроса, неуверенно излагает ответ.

### **Тематика конспектов**

## Раздел 2.

1. Параметризация процессов седиментации. Методы лабораторного и компьютерного моделирования процессов седиментации.

2. Моделирование фильтрации. Компьютерное моделирование фильтрационных процессов. Устройство фильтрационных колонок для моделирования процессов удаления взвешенных веществ на фильтрах станций водоподготовки.

3. Компьютерные методы гидравлического моделирования. Основные программы вычислительной гидродинамики. Основные уравнения, положенные в основу методов моделирования.

### Критерии оценки конспекта

Оценка	Требования
«зачтено»	Студент владеет навыками самостоятельной работы по теме исследования, реферировать литературные источники; методами анализа теоретических и/или практических аспектов изучаемой области. Эссе характеризуется смысловой цельностью, связностью и последовательностью изложения. Студент умеет обобщать фактический материал, делать самостоятельные выводы. Работа соответствует требованиям и выполнена в установленные сроки.
«не зачтено»	Не раскрыта структура и теоретическая составляющая темы. Студент не умеет обобщать фактический материал, делать самостоятельные выводы, не владеет навыком реферировать литературные источники. Эссе не выполнено.

### Тематика контрольных работ

1. Вывод критериального уравнения с помощью ПИ- теоремы.

На основе выданного набора факторов, влияющих на процесс, необходимо сформировать критериальное уравнение и получить безразмерные критерии геометрического и динамического подобия.

2. Планирование научного эксперимента.

На основании задания, полученного от научного руководителя, выполняется предварительное планирование эксперимента. Производится выбор вида плана от типа исследуемого процесса. Выбираются факторы эксперимента. Производится расчет необходимого числа уровней. Обозначаются и обосновываются границы проведения эксперимента.

3. Использование возможностей MS EXCEL для обработки данных.

На основании выданных данных производится построение корреляционной матрицы и выполняется регрессионный анализ.

### Критерии оценки контрольных работ

Оценка	Требования
<i>«зачтено»</i>	Студент выполнил контрольную работу в полном объёме с соблюдением необходимой последовательности этапов проведения работы, при необходимости задает наводящие вопросы. Допускаются неточности, но в логических пределах.
<i>«не зачтено»</i>	Студент выполнил работу не полностью; в ходе работы допускает грубые ошибки, которые не может исправить. Контрольная работа не выполнена.