

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о документе:

ФИО: Бенин Дмитрий Михайлович

Должность: И.о. директора института мелиорации, водного хозяйства и

строительства имени А.Н. Костякова

Дата подписания: 04.03.2025 15:49:35

Уникальный программный ключ:

dcb6dc8315334aed86f2a7c3a0ce2cf217be1e29

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

РОССИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ –

МСХА имени К.А. ТИМИРЯЗЕВА»

(ФГБОУ ВО РГАУ - МСХА имени К.А. Тимирязева)

Институт мелиорации, водного хозяйства и строительства имени А.Н. Костякова

Кафедра гидравлики, гидрологии и управления водными ресурсами

УТВЕРЖДАЮ:

И.о. директора института мелиорации,  
водного хозяйства и строительства  
имени А.Н. Костякова

Д.М. Бенин

«20» августа 2024 г.

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

### **Б1.В.10 Статистическое и имитационное моделирование при обосновании режима и параметров водохозяйственных систем**

для подготовки магистров

ФГОСВО

Направление: 20.04.02 Природообустройство и водопользование

Направленность: Цифровизация инженерных систем в АПК

Курс 1

Семестр 2

Форма обучения: очная

Год начала подготовки 2024

Москва, 2024

Разработчики: Раткович Л.Д., д.т.н., профессор

  
«26» августа 2024г

Матвеева Т.И., к.т.н., доцент

  
«26» августа 2024г

Рецензент: Ханов Н.В., профессор, д.т.н.,  
зав. кафедрой гидротехнических сооружений  
Института мелиорации, водного хозяйства и  
строительства, профессор

  
«26» августа 2024г

Программа составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО, ПООП профессионального стандарта № 686 от 26.05.2020 г. по направлению подготовки 20.04.02 Природообустройство и водопользование и учебного плана

Программа обсуждена на заседании кафедры протокол № 12 от «26» августа 2024г

И. о. заведующего кафедрой гидравлики, гидрологии и управления водными ресурсами Перминов А.В., к.т.н., доцент

  
«26» августа 2024г

**Согласовано:**

Председатель учебно-методической  
комиссии института мелиорации,  
водного хозяйства и строительства имени  
А.Н. Костякова Гавриловская Н.В., к.т.н., доцент

  
«26» августа 2024г.

И.о. заведующего выпускающей кафедры  
сельскохозяйственного водоснабжения,  
водоотведения, насосов и насосных станций  
Али М.С., к.т.н., доцент

  
«26» августа 2024г

Зав. отдела комплектования ЦНБ

/   
(подпись)

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>АННОТАЦИЯ.....</b>	<b>4</b>
<b>1. ЦЕЛЬ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ.....</b>	<b>4</b>
<b>2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ.....</b>	<b>5</b>
<b>3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ), СООТНЕСЕННЫХ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ .....</b>	<b>6</b>
<b>4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ .....</b>	<b>6</b>
4.1 РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ТРУДОЁМКОСТИ ДИСЦИПЛИНЫ ПО ВИДАМ РАБОТ ПО СЕМЕСТРАМ.....	6
4.2 СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ .....	9
4.3 ЛЕКЦИИ И СЕМИНАРСКИЕ ЗАНЯТИЯ .....	9
<b>5. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ.....</b>	<b>15</b>
<b>6. ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ И ПРОМЕЖУТОЧНАЯ АТТЕСТАЦИЯ ПО ИТОГАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ.....</b>	<b>15</b>
6.1. ТИПОВЫЕ КОНТРОЛЬНЫЕ ЗАДАНИЯ ИЛИ ИНЫЕ МАТЕРИАЛЫ, НЕОБХОДИМЫЕ ДЛЯ ОЦЕНКИ ЗНАНИЙ, УМЕНИЙ И НАВЫКОВ И (ИЛИ) ОПЫТА ДЕЯТЕЛЬНОСТИ .....	15
6.2. ОПИСАНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ И КРИТЕРИЕВ КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ, ОПИСАНИЕ ШКАЛ ОЦЕНИВАНИЯ.....	20
<b>7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ.....</b>	<b>23</b>
7.1 ОСНОВНАЯ ЛИТЕРАТУРА .....	23
7.2 ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ЛИТЕРАТУРА .....	23
7.3 НОРМАТИВНЫЕ ПРАВОВЫЕ АКТЫ .....	23
7.4 МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ, РЕКОМЕНДАЦИИ И ДРУГИЕ МАТЕРИАЛЫ К ЗАНЯТИЯМ .....	23
<b>8. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО-ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ», НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ).....</b>	<b>24</b>
<b>9. ПЕРЕЧЕНЬ ПРОГРАММНОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ И ИНФОРМАЦИОННЫХ СПРАВОЧНЫХ СИСТЕМ (ПРИ НЕОБХОДИМОСТИ).....</b>	<b>24</b>
<b>10. ОПИСАНИЕ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ БАЗЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ) .....</b>	<b>24</b>
<b>11. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ СТУДЕНТАМ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ.....</b>	<b>24</b>
Виды и формы отработки пропущенных занятий <b>Ошибка! Закладка не определена.</b>	
<b>12. МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ ПРЕПОДАВАТЕЛЯМ ПО ОРГАНИЗАЦИИ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ .....</b>	<b>26</b>

## **Аннотация**

рабочей программы учебной дисциплины

### **Б1.В.10 Статистическое и имитационное моделирование при обосновании режима и параметров водохозяйственных систем**

для подготовки магистров по направлению

20.04.02 Природообустройство и водопользование

направленности Цифровизация инженерных систем в АПК

**Цель освоения дисциплины:** освоение учащимися методологии инженерно-математической постановки и решения задач водохозяйственного проектирования и управления водными ресурсами на основе имитационного и оптимизационного моделирования, а также применения методов статистического моделирования природных процессов.

**Место дисциплины в учебном плане:** Дисциплина Б1.В.10 включена в вариативную часть, курс по выбору, учебного плана по направлению подготовки 20.04.02 Природообустройство и водопользование преподается на 1 курсе магистратуры во 2 семестре.

**Требования к результатам освоения дисциплины:** в результате освоения дисциплины формируются следующие профессиональные компетенции: ПКос-1.1; ПКос-1.2; ПКос-2.2; ПКос-4.2

**Краткое содержание дисциплины:** Приобретение знаний и умений в области математического моделирования с использованием математического инструментария для обработки и анализа состояния водохозяйственных систем. Изучение методологии моделирования природных и техногенных процессов. Получение навыков решения инженерных задач с применением математических моделей применительно к проблемам водообеспечения, регулирования качества вод, предотвращения наводнений на паводкоопасных территориях, построения правил использования водных ресурсов водохранилищ. Использование средств оптимизации в условиях одно и многокритериальном выборе. Обоснование водоохранных мероприятий. Математическое моделирование водохозяйственных систем и влияющих на ее функционирование процессов, обоснование и принятие решений в условиях неопределенности. Выработка способности самостоятельной математической постановки водохозяйственных задач и построения несложных моделей и алгоритмов.

**Общая трудоемкость дисциплины** составляет 3 зачетные единицы (108 часа/ из них на практическую подготовку 4 часа).

**Итоговый контроль:** зачет с оценкой

## 1. Цель освоения дисциплины

Основной целью курса «Статистическое и имитационное моделирование при обосновании режима и параметров водохозяйственных систем» является освоение учащимися методологии инженерно-математической постановки и решения задач водохозяйственного проектирования и управления водными ресурсами на основе имитационного и оптимизационного моделирования, а также применения методов статистического моделирования природных процессов.

## 2. Место дисциплины в учебном процессе

Дисциплина «Статистическое и имитационное моделирование при обосновании режима и параметров водохозяйственных систем» относится к вариативной части Блока 1 «Дисциплины (модули)» учебного плана. Дисциплина «Статистическое и имитационное моделирование при обосновании режима и параметров водохозяйственных систем» реализуется в соответствии с требованиями ФГОС, профессионального стандарта № 686 от 26.05.2020 г. ОПОП ВО и Учебного плана по направлению подготовки магистра 20.04.02 Природообустройство и водопользование.

Предшествующими курсами, на которых базируется дисциплина «Статистическое и имитационное моделирование при обосновании режима и параметров водохозяйственных систем» являются такие дисциплины бакалавриата, как: «Водохозяйственные системы и водопользование», «Гидроинформатика», «Гидравлика водохозяйственных сооружений», «Регулирование речного стока», из дисциплин магистратуры: «Геоинформационные системы», «Системный анализ в управлении качеством процессов природообустройства и водопользования», «Математическое моделирование процессов в компонентах природы».

Дисциплина «Статистическое и имитационное моделирование при обосновании режима и параметров водохозяйственных систем» является основополагающей для изучения следующих дисциплин: «Основы математического моделирования систем водоснабжения и водоотведения» (3 курс), «Гидротехнические системы водоснабжения и водоотведения» (4 курс), «Научно-исследовательская работа» (4 курс).

**Особенностью дисциплины** является необходимость применения компьютерных расчетов для решения основных и частных водохозяйственных задач, являющихся основой для проектирования водохозяйственных систем и управления водными ресурсами.

**Значимость дисциплины** обусловлена рассмотрением актуальных вопросов управления и проектирования ВХС, рассмотрением вопросов обоснования состава и структуры ВХС на основе современных методов водохозяйственного анализа; аспектов формирования структуры и обоснования режимов регулирования стока водохранилищами для правил использования водных ресурсов водохранилищ.

**Новизна дисциплины** связана с обучением студентов навыкам обоснования параметров ВХС и управления водными ресурсами применительно

к стратегии рационального водопользования; приобретению навыков имитационного и оптимизационного моделирования режимов и структуры ВХС для выполнения вариантных расчетов и балансов, ориентированных на поиск наиболее экономичных и экологически обусловленных проектов.

Рабочая программа дисциплины «Статистическое и имитационное моделирование при обосновании режима и параметров водохозяйственных систем» для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья разрабатывается индивидуально с учётом особенностей психофизического развития, индивидуальных возможностей и состояния здоровья таких обучающихся.

### **3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы**

Изучение данной учебной дисциплины направлено на формирование у обучающихся компетенций, представленных в таблице 1.

## **4. Структура и содержание дисциплины**

### **4.1 Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ по семестрам**

Общая трудоёмкость дисциплины составляет на 1 курсе во 2 семестре 4 зачетные единицы (108 часа), их распределение по видам работ представлено в таблице 2.

Таблица 1

## Требования к результатам освоения учебной дисциплины

№ п/п	Код компетенции	Содержание компетенции (или её части)	Индикаторы компетенций (для 3++)	В результате изучения учебной дисциплины обучающиеся должны:		
				знать	Уметь	владеть
1.	ПКос-1	Способен проводить исследования по повышению эффективности информационных объектов природообустройства и водопользования	ПКос-1.1 Знания методов регулирования стока, оптимизации режимов работы водохозяйственных систем.	актуальные и первоочередные проблемы водного хозяйства и технологию управления водными ресурсами на принципах рационального использования водных ресурсов и предупреждения негативного действия вод	разрабатывать постановочную часть проектных задач, связанных с регулированием и территориальным перераспределением стока, совместным управлением трансграничными водными ресурсами	навыками выполнения экспертного анализа функционирования водохозяйственных систем с использованием встроенных функций и надстроек в среде Excel
2.			ПКос-1.2 Умение использовать знания методов регулирования стока, оптимизации режимов работы водохозяйственных систем для проведения исследований по повышению эффективности территориально - временного регулирования стока, сбережению водных ресурсов.	Реализуемые схемы территориально - временного перераспределения стока применительно к различным режимам регулирования и типы моделей с учетом их классификационной принадлежности и области применения.	Выполнять статистическое моделирование гидрологических рядов, как одиночных, так и взаимно-коррелированных, а также использовать программные средства для обработки результатов имитационного и стохастического моделирования	навыками самостоятельной инженерной и математической постановки инженерно-гидрологических и водохозяйственных задач
3.	ПКос-2	Способен создавать информационные модели в области эксплуатации инженерной инфраструктуры.	ПКос-2.2 Умение использовать методы управления процессами для руководства процессами проектирования и строительства объектов природно-техногенных	Расширенный перечень основных и частных гидролого-водохозяйственных задач, свойственных актуальной водохозяйственной проблематике – водообеспечение, защита	Формулировать математическую постановку проектной задачи на основе имитационного и стохастического моделирования,	навыками генерации комплексной исходной информации и выбора инструментария и разработки моделирующего алгоритма для

			систем, обеспечения контроля их выполнения и соблюдения требований экологической безопасности	от наводнений, экологическая безопасность - решаемых с использованием имитационного и стохастического моделирования	разрабатывать моделирующий алгоритм применительно к специфике имитационного и стохастического моделирования для выбора параметров ВХС.	последующего моделирования
4	Пкос-4	Способен к организации и координации работы проектного подразделения, контроля сроков и качества разработки проектных решений.	Пкос-4.2 Умение организовать работу проектного подразделения для координации и контроля его работы, сроков и качества разработки проектных решений.	современные возможности компьютерных технологий, позволяющих автоматизировать расчетные методы обоснования проектных решений, связанных с протеканием природных процессов и режимами функционирования природно-технических систем	на основании результатов компьютерных модельных экспериментов разрабатывать рекомендации к принятию управленческих решений	навыками оформления, представления и обсуждения результатов профессиональной деятельности, полученных в ходе использования средств моделирования процессов и водохозяйственных систем



Таблица 2

## Распределение трудоёмкости дисциплины по видам работ по семестрам

Вид учебной работы	Трудоёмкость	
	час./ * всего	в т.ч. в семестре №2
<b>Общая трудоёмкость</b> дисциплины по учебному плану	<b>108/4</b>	<b>108/4</b>
<b>1. Контактная работа:</b>	<b>74,35/4</b>	<b>74,35/4</b>
<b>Аудиторная работа</b>	<b>74,35/4</b>	<b>74,35/4</b>
<i>в том числе:</i>		
<i>лекции (Л)</i>	30	30
<i>практические занятия (ПЗ)</i>	44/4	44/4
<i>контактная работа на промежуточном контроле (КРА)</i>	0,35	0,35
<b>2. Самостоятельная работа (СРС)</b>	<b>33,65</b>	<b>33,65</b>
<i>расчётно-графическая работа (РГР) (подготовка)</i>	18	18
<i>самостоятельное изучение разделов, самоподготовка (проработка и повторение лекционного материала и материала учебников и учебных пособий, подготовка к лабораторным и практическим занятиям, коллоквиумам и т.д.)</i>	6,65	6,65
<i>Подготовка к зачёту с оценкой (контроль)</i>	9	9
<b>Вид промежуточного контроля:</b>	зачёт с оценкой	

\* в том числе практическая подготовка

## 4.2 Содержание дисциплины

Таблица 3

## Тематический план учебной дисциплины

Наименование разделов и тем дисциплин (укрупнёно)	Всего	Аудиторная работа			Внеаудиторная работа СР
		Л	ПЗ/ *всего	ПКР	
<b>Модуль - 1. Теоретические основы и практика применения различных видов моделей</b>	<b>58</b>	<b>30</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>15,65</b>
<b>Модуль - 2. Примеры решения инженерно - гидрологических и водохозяйственных задач с применением математических моделей</b>	<b>85,65</b>	<b>-</b>	<b>44</b>		<b>18</b>
<i>контактная работа на промежуточном контроле (КРА)</i>	<b>0,35</b>			<b>0,35</b>	
<b>Итого по дисциплине</b>	<b>144</b>	<b>30</b>	<b>44</b>	<b>0,35</b>	<b>33,65</b>

\* в том числе практическая подготовка

**Модуль - 1. Теоретические основы и практика применения различных видов моделей**

Тема 1. Актуальные и первоочередные проблемы водного хозяйства и современные технологии управления водными ресурсами

Проблемы современного водохозяйственного комплекса вполне конкретны и заложены в национальной программе развития ВХК и национальной водной стратегии РФ. Это водообеспеченность отраслей экономики, регулирование и поддержание качества водных ресурсов и экологической устойчивости водных объектов, паводковая безопасность. Преодоление проблем связано с умением решать определенные инженерно-гидрологические и водохозяйственные задачи. В свою очередь решение указанных задач основано на различных способах моделирования.

## *Тема 2. Классификация используемых моделей в области управления водными ресурсами*

Дается функциональная классификация моделей в общей постановке и непосредственно используемых в гидролого-водохозяйственной практике. Рассматриваются методические и структурные особенности детерминированные и стохастические, имитационные и оптимизационные, другие типы моделей. Анализируется область применения различных типов моделей.

## *Тема 3. Основные и частные задачи в условиях функционирования водохозяйственных систем*

Все профильные задачи можно классифицировать путем разделения их на две группы - основные и частные. Каждая группа в свою очередь содержит определенный набор задач, решаемых с использованием методов математического моделирования. В их числе

- определение гарантированной водоотдачи водохранилищ
- определение объема и режима водозабора в системах ТПС
- распределение располагаемых водных ресурсов между водопользователями
- режим пропуска половодий (паводков) через гидроузел
- имитация режимов санитарно-экологических попусков в нижний бьеф гидроузлов
- моделирование ситуаций на трансграничных бассейнах

Рассматривается специфика постановки задач и структуры адекватной модели.

## *Тема 4. Моделирование ситуаций на трансграничных бассейнах*

Проблемы трансграничных бассейнов – одно из важнейших направлений в области водного хозяйства. Здесь сосредоточены водохозяйственные, экологические, правовые, социальные и нравственные аспекты. Вырабатываются навыки выявления проблем, которые следует решать с использованием разного типа моделей.

## *Тема 5. Методика разработки моделирующих алгоритмов на основе перехода от дифференциальных уравнений к конечно-разностным методам реализации программных модулей*

Как правило, процессы, естественные или техногенные, описываются дифференциальными, либо регрессионными уравнениями. При этом аналитические решения очень редко достижимы и практически значимы. Поэтому, модельные реализации, использующие конечно-разностные методы и метод статистических испытаний (Монте-Карло), наиболее затребованы.

Названные подходы рассматриваются как основа построения моделирующих алгоритмов.

## **Модуль - 2. Примеры решения инженерно-гидрологических и водохозяйственных задач с применением математических моделей**

### *Тема 6. Математическая постановка инженерно-гидрологических и водохозяйственных задач и подготовка исходной информации*

Рассматриваются общие принципы формализации задачи. Структура и содержание блоков. Общие рекомендации к формированию базы данных. Анализ и презентация результатов моделирования, принципы ведения дискуссии

### *Тема 7. Задача распределения располагаемых водных ресурсов между водопользователями*

Достаточно часто встречающаяся задача, как в проектной ситуации, так и в условиях нормальной эксплуатации. устанавливаются граничные условия, система ограничений, функции доходов отрасли. Отрабатывается моделирующий алгоритм и доводится до конкретного результата.

### *Тема 8. Моделирование парных коррелированных гидрологических рядов*

В качестве статистической модели годового стока принимается линейная авторегрессия первого порядка (простая цепь Маркова) между значениями обеспеченностей смежных лет. В качестве безусловного принимается трехпараметрическое гамма-распределение. Парная корреляция учитывается с помощью бета-распределения по методике Ратковича Л.Д.

### *Тема 9. Определение гарантированной водоотдачи водохранилища с использованием оптимизации*

Рассчитывается гарантированная отдача водохранилищ при установленных критериях удовлетворения требований по обеспеченности и глубине перебоев. Простраиваются анализирующие зависимости. Выделяется область оптимальных решений.

### *Тема 10. Определение объема и режима водозабора в системах ТПС*

Определение объемов и режима водозабора решается с помощью имитационной модели. В модели учитывается множество факторов: допустимые остаточные расходы, производительность водозаборных сооружений, режим отбора и т.д. По результатам модельных экспериментов строятся номограммы связи влияющих параметров.

### *Тема 11. Моделирование режима пропуска половодий (паводков) через гидроузлы.*

Моделируются морфометрические характеристики верхнего и нижнего бьефов гидроузла, режим трансформации волны половодья (паводка), оценка обстановки в нижнем бьефе гидроузла. Простраивается имитационный режим с заданным набором параметров. Имитационная модель позволяет сделать близкий к оптимальному режим сбросов и соответствующий режим маневрирования затворами применительно к условиям регулируемого водосброса.

### *Тема 12. Моделирование ситуации в трансграничных и пограничных створах*

Возможные ситуации на трансграничных водных объектах разыгрываются в зависимости от конкретных особенностей объекта. Разделяются ситуации в пограничных и трансграничных створах. Цель имитационного моделирования –

максимальный набор информации для принятия наиболее приемлемого решения для субъектов совместного использования водных ресурсов.

*Тема 13. Имитационное моделирование формирования качества воды в расчетном створе и обоснование санитарно-экологических попусков (допустимых расходов при отсутствии водохранилищных гидроузлов).*

В рамках имитационного регулирования совместно моделируются уравнения водохозяйственного и гидрохимического балансов. Оценка качества воды ставится в соответствие с набором водохозяйственных и водоохраных мероприятий. Решается задача обоснования мероприятий, либо повышения водности для улучшения качества вод.

### 4.3 Лекции и семинарские занятия

Таблица 4

#### Содержание лекций и семинарских занятий и контрольные мероприятия

№ п/п	№ раздела	№ и название лекций/семинарских занятий	Формируемые компетенции	Вид контрольного мероприятия	Кол-во часов из них практическая подготовка
1.	<b>Модуль - 1. Теоретические основы и практика применения различных видов моделей</b>				
	Тема 1.	Лекция № 1. Актуальные и первоочередные проблемы водного хозяйства и современные технологии управления водными ресурсами	ПКос-1.1		2
	Тема 2.	Лекция № 2. Классификация используемых моделей в области управления водными ресурсами	ПКос-1.1 ПКос-1.2		2
		Лекция № 3 Стохастические модели речного стока	ПКос-2.2		2
		Лекция № 4 Имитационное моделирование при решении инженерно-гидрологических и водохозяйственных задач			4
		Лекция № 5 Оптимизационные алгоритмы в имитационных моделях			2
	Тема 3.	Лекция № 6. Основные и частные задачи в условиях функционирования ВХС	ПКос-2.2 ПКос-4.2	Контрольная работа	4
		Лекция № 7. Распределение располагаемых водных ресурсов между водопользователями на стадии проектирования и в режиме эксплуатации водохранилищ			2
		Лекция № 8. Моделирование пропуска половодий (паводков) через гидроузел			2

№ п/п	№ раздела	№ и название лекций/семинарских занятий	Формируемые компетенции	Вид контрольного мероприятия	Кол-во часов из них практиче- ская подготов- ка
		Лекция № 9. Моделирование комплексных попусков из водохранилищ			2
	Тема 4.	Лекция № 10. Моделирование ситуаций на трансграничных реках	ПКос-2.2 ПКос-4.2	Лекция-дискуссия	4
	Тема 5.	Лекция № 11. Методика разработки моделирующих алгоритмов на основе перехода от дифференциальных уравнений к конечно-разностным методам реализации программных модулей	ПКос-1.1	Практическая работа под контролем	4
2	<b>Модуль - 2. Примеры решения инженерно - гидрологических и водохозяйственных задач с применением математических моделей</b>				
	Тема 6.	Практическая работа № 1. Математическая постановка инженерно-гидрологических и водохозяйственных задач и подготовка исходной информации	ПКос-1.1	решение типовых задач	4
	Тема 7.	Практическая работа № 2. Задача распределения располагаемых водных ресурсов между водопользователями	ПКос-1.1 ПКос-1.2	решение типовых задач, тестирование	4
	Тема 8.	Практическая работа № 3. Моделирование парных коррелированных гидрологических рядов	ПКос-1.1 ПКос-1.2	решение типовых задач	4
	Тема 9.	Практическая работа № 4,5 Определение гарантированной водоотдачи водохранилища с использованием оптимизации. Критерии имитационного моделирования	ПКос-1.1	решение типовых задач, тестирование	8
	Тема 10.	Практическая работа № 6. Определение объема и режима водозабора в системах ТПС	ПКос-1.2	решение типовых задач	4
	Тема 11.	Практическая работа № 7. Моделирование режима пропуска половодий (паводков) через гидроузлы.	ПКос-2.2	решение типовых задач, тестирование	8
	Тема 12.	Практическая работа № 8,9. Моделирование ситуации в трансграничных и пограничных створах	ПКос-1.1	решение типовых задач	4
	Тема 13.	Практическая работа № 10,11. Имитационное моделирование формирования качества воды в расчетном створе и обоснование санитарно-экологических попусков.	ПКос-1.1 ПКос-1.2 ПКос-4.2	решение типовых задач, тестирование	8
	<b>Всего за 2 семестр</b>				<b>74/4</b>

Таблица 5

**Перечень вопросов для самостоятельного изучения дисциплины**

№ п/п	№ раздела и темы	Перечень рассматриваемых вопросов для самостоятельного изучения
<b>Модуль - 1. Теоретические основы и практика применения различных видов моделей</b>		
1.	Тема 1. Актуальные и первоочередные проблемы водного хозяйства и современные технологии управления водными ресурсами	Проблемы современного водохозяйственного комплекса. Преодоление проблем. Способы моделирования для принятия решений. (ПКос-1.1)
2.	Тема 2. Классификация используемых моделей в области управления водными ресурсами	Функциональная классификация моделей в общей постановке и непосредственно используемых в гидролого-водохозяйственной практике. Методические и структурные особенности детерминированных, стохастических, имитационных и оптимизационных, другие типы моделей. Анализ области применения различных типов моделей. (ПКос-1.1, ПКос-1.2, ПКос-2.2)
3.	Тема 3. Основные и локальные задачи в условиях функционирования различных водохозяйственных комплексов	Профильные задачи, их классификация. Набор задач, решаемых с использованием методов математического моделирования. (ПКос-2.2, ПКос-4.2)
4.	Тема 4. Моделирование ситуаций на трансграничных бассейнах	Проблемы трансграничных бассейнов. Сосредоточенные водохозяйственные, экологические, правовые, социальные и нравственные аспекты. (ПКос-2.2, ПКос-4.2)
5.	Тема 5. Методика разработки моделирующих алгоритмов на основе перехода от дифференциальных уравнений к конечно-разностным методам реализации программных модулей	Основные подходы решения задач как основа построения моделирующих алгоритмов. (ПКос-1.1)
<b>Модуль - 2. Примеры решения инженерно - гидрологических и водохозяйственных задач с применением математических моделей</b>		
6	Тема 6. Математическая постановка инженерно - гидрологических и водохозяйственных задач и подготовка исходной информации.	Общие рекомендации к формированию базы данных. Анализ и презентация результатов моделирования, принципы ведения дискуссии. (ПКос-1.1)
7	Тема 7. Задача распределения располагаемых водных ресурсов между водопользователями	Установление граничных условий, система ограничений, (ПКос-1.1, ПКос-1.2)
8	Тема 8. Моделирование парных коррелированных гидрологических рядов	Линейная авторегрессия первого порядка (простая цепь Маркова). Парная корреляция. (ПКос-1.1, ПКос-1.2)
9	Тема 9. Определение гарантированной водоотдачи водохранилища с использованием оптимизации	Построение анализирующих зависимостей. Область оптимальных решений. (ПКос-1.1)
10	Тема 10. Определение объема и режима водозабора в системах ТПС	Определение объемов и режима водозабора (ПКос-1.2)
11	Тема 11. Моделирование режима пропуска половодий (паводков) через гидроузел.	Имитационное моделирование. (ПКос-2.2)
12	Тема 12. Моделирование ситуации в трансграничных и пограничных створах	Возможные ситуации на трансграничных водных объектах. Цель имитационного моделирования (ПКос-1.1)

№ п/п	№ раздела и темы	Перечень рассматриваемых вопросов для самостоятельного изучения
13	Тема 13. Имитационное моделирование формирования качества воды в расчетном створе и обоснование санитарно-экологических попусков (допустимых расходов при отсутствии водохранилищных гидроузлов).	Оценка качества воды в соответствие с набором водохозяйственных и водоохраных мероприятий. (ПКос-1.1, ПКос-1.2, ПКос-4.2)

## 5. Образовательные технологии

В университете имеется компьютерный класс, где могут выполняться необходимые расчеты, и проводится поиск необходимой информации. Контроль выполнения работ и степень освоения теоретического материала проводится непосредственно на занятиях. При изучении дисциплины ведутся работы по созданию тематической базы презентации в Microsoft Office Power Point.

Таблица 6

### Применение активных и интерактивных образовательных технологий

№ п/п	Тема и форма занятия		Наименование используемых активных и интерактивных образовательных технологий
1	Актуальные и первоочередные проблемы водного хозяйства и современные технологии управления водными ресурсами	Л	Технология активного обучения в форме «проблемная лекция»
2	Математическая постановка инженерно - гидрологических и водохозяйственных задач и подготовка исходной информации.	Л	Технология активного обучения в форме «лекция визуализация»
3	Задача распределения располагаемых водных ресурсов между водопользователями	Л	Технология активного обучения в форме «лекция-диалог»
4	Моделирование режима пропуска половодий (паводков) через гидроузел.	Л	Технология активного обучения в форме «проблемная лекция»
5	Моделирование ситуации в трансграничных и пограничных створах	Л	Технология активного обучения в форме «проблемная лекция»

## 6. Текущий контроль успеваемости и промежуточная аттестация по итогам освоения дисциплины

### 6.1. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности

Текущий контроль студентов –осуществляется с помощью следующих форм:

- ✓ учет посещений и работы на лекционных и практических занятиях,
- ✓ контрольная работа

- ✓ решение типовых задач.

Целью всех форм контроля является проверка уровня освоения студентами дисциплины и проводится на протяжении всего учебного семестра.

Самостоятельная работа по курсу оценивается по результатам изучения текущих и дополнительных теоретических вопросов, по подготовке к тестированию и решению типовых задач. При самостоятельном изучении вопросов по дисциплине следует пользоваться источниками из списка литературы, приведенного в рабочей программе.

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

Промежуточная аттестация осуществляется в конце семестра и включает:

- ✓ выполнение и защиту РГР, проведение зачёта с оценкой.

К зачету с оценкой допускаются студенты, выполнившие контрольную работу и защитившие расчетно-графическую работу. При подготовке к сдаче зачета с оценкой рекомендуется пользоваться записями, сделанными на лекционных и практических занятиях, а также в ходе текущей самостоятельной работы, выполненной расчетно-графической работы. Зачет проводится в устной форме и включает в себя ответ студента на теоретические вопросы. По его итогам выставляется «зачет» с соответствующей оценкой или «незачет».

### *Примерная тематика расчетно-графических работ*

На практических занятиях по данной дисциплине предусматривается выполнение РГР с возможными темами:

- а) Трансформация максимального стока через гидроузел.
- б) Моделирование условий верхнего и нижнего бьефа в зависимости от ущерба, наносимого наводнениями
- в) Моделирование гидрографа экстремальных половодий

*Вопросы для подготовки к контрольным мероприятиям (контрольная работа, практическая работа под контролем)*

### **Задачи**

1. Рассчитать приближенную зависимость расхода поверхностного водосброса и объема форсировки заданного водохранилища
2. Смоделировать расчет мертвого объема водохранилища с заданной батиграфией и средним значением мутности потока
3. Рассчитать зависимость показателя качества водных ресурсов в зависимости от степени очистки промышленных стоков с заданным ПДК
4. Рассчитать величину мертвого объема как функцию минимальной гарантированной водоподачи
5. Используя батиграфическую зависимость водоема установить уровень тяготения в заданной антропогенной обстановке

### *Вопросы к защите расчетно-графической работы*

### **Методы стохастического моделирования гидрологических рядов:**

вид модели

алгоритм модели



**Имитационное моделирование при расчетах водохозяйственных балансов**  
при сезонном регулировании  
при многолетнем регулировании  
с элементами оптимизации

**Имитационное моделирование половодий, используя функции распределения**

приближенное по треугольнику (Кочерин Н.И.)  
с использованием Бета - распределения

**Имитационное моделирование трансформации максимального стока через гидроузлы**

**Применение оптимизационного алгоритма для минимизации максимального расхода**

*Перечень вопросов, выносимых на промежуточную аттестацию  
(зачет с оценкой)*

**Вопросы к теме 1:**

1. Актуальные задачи водного хозяйства, которые могут быть решены с использованием компьютерного моделирования

**Вопросы к теме 2:**

2. Представьте классификацию моделей, применяемых в водном хозяйстве
3. Что такое стохастические и имитационные модели, область их применения
4. Детерминистические модели в гидрологии
5. Имитационное моделирование-как инструмент системного анализа
5. Гидродинамические модели в задаче трансформации стока по длине реки

**Вопросы к теме 3:**

6. Возможности применения моделей для решения общих и частных водохозяйственных задач
7. Моделирование многолетних гидрологических рядов
8. Использование многолетних рядов для водохозяйственных расчетов
9. Математическая постановка задачи определение гарантированной водоотдачи водохранилищ
10. Математическая постановка задачи определение объема и режима водозабора в системах ТПС
11. Математическая постановка задачи пропуска половодий через гидроузел

**Вопросы к теме 4.**

12. Моделирование ситуаций на трансграничных реках
13. Постановка задач и методика решения в условиях совместного использования водных ресурсов странами –партнерами

**Вопросы к теме 5.**

14. Записать уравнение регрессии в общем виде
15. Описать стохастическую модель стока в рамках регрессии первого порядка
16. В чем суть метода Монте-Карло

**Вопросы к теме 6.**

17. Общие принципы формализации задачи.
18. Структура и содержание блоков имитационной модели.
19. Формирование базы данных для моделирования.

20. Форма презентация результатов моделирования.

**Вопросы к теме 7.**

21. Каковы принципы и методика распределения располагаемых водных ресурсов

между водопользователями

22. Разница в постановке задачи между проектным и эксплуатационным случаями

23. Моделирование взаимосвязанных гидрологических рядов

**Вопросы к теме 8.**

24. Моделирование критериев удовлетворения требований водопользователей в отечественной и зарубежной практике

**Вопросы к теме 9.**

Построение анализирующей зависимости  $\beta=f(\alpha)$  при различных системах критериев покрытия

**Вопросы к теме 10.**

Модель изъятия части стока для переброски в дефицитные районы:

факторы, влияющие на режим и объем переброски

учет зимнего режима

Моделирующий алгоритм

**Вопросы к теме 11.**

Алгоритм моделирования условий верхнего и нижнего бьефов противопаводковых водохранилищ

Моделирование формы гидрографа по параметрам входного притока

Имитационно-оптимизационный алгоритм моделирования трансформации максимального стока через гидроузлы

**Вопросы к теме 12.**

Имитационный алгоритм для трансграничных и пограничных ситуаций

**Вопрос к теме 13.**

Моделирование параметров мероприятий для улучшения качества водных ресурсов с учетом санитарно-экологических требований

*Типовые задания и тестирование*

**I. ЗАДАНИЯ С ВЫБОРОМ НЕСКОЛЬКИХ ПРАВИЛЬНЫХ ОТВЕТОВ**

*Нажимайте на клавиши с номерами всех правильных ответов*

1. Какие типы моделей используются в водохозяйственной практике

- 1) стохастические
- 2) имитационные
- 3) детерминированные
- 4) оптимизационные
- 5) поведения

2. Что дает моделирование в процессе водохозяйственного проектирования

- 1) воспроизведение процесса или обстановки
- 2) единственное решение

- 3) множество решений для рационального выбора показателей или параметров задачи
  - 4) более надежный результат по сравнению с традиционными методами
  - 5) увеличение числа проектировщиков
3. Какие типы распределений обычно используются для моделирования годового стока
- 1) Пуассона
  - 2) Бернулли
  - 3) Нормальное распределение
  - 4) Пирсона III типа
  - 5) Трех - параметрическое распределение С.Н. Крицкого - М.Ф. Менкеля
4. Что достигается с помощью имитационных водохозяйственных моделей
- 1) увеличение зарплаты проектировщиков
  - 2) множество оптимальных решений
  - 3) мгновенное получение результата
  - 4) получение функциональной зависимости между стоком и испарением
  - 5) воспроизведение естественных или техногенных процессов

## II. ЗАДАНИЯ НА УСТАНОВЛЕНИЕ СООТВЕТСТВИЯ

### 7. Установите соответствие

№	ПОНЯТИЯ	№	ОПРЕДЕЛЕНИЯ
1	Алгоритм	1	Математическая модель, описывающая движение воды в разных средах, или имитирующая прохождение речного стока по длине реки, или движение подземных вод
2	Имитационная модель	2	Математическая модель, передающая характерную вероятностную сущность исследуемого процесса, с целью проведения массовых статистических испытаний
3	Стохастическая модель	3	Последовательности действий, приводящих к получению результата, или создания модели
4	Гидродинамическая модель	4	Модель, которая с достаточной точностью воссоздает природный или технический процесс в условиях разных видов воздействия.

Ответы: 1, 2, 3.

## III. СИСТЕМЫ ЗАДАНИЙ В ТЕСТОВОЙ ФОРМЕ

**ЦЕПНОЕ ЗАДАНИЕ** (дорабатывается, в настоящее время используется тестовое задание дисциплины КИВР): **НАХОЖДЕНИЕ ПОЛЕЗНОЙ ЕМКОСТИ ВОДОХРАНИЛИЩА**

- |   |  |   |
|---|--|---|
| { | <p>Годовое водопотребление близко к стоку года расчетной обеспеченности, но не превышает его</p> <p>Годовой сток расчетного года меньше годового водопотребления</p> <p>Годовой сток расчетного года много выше годового водопотребления, а внутригодовой режим стока соответствует режиму водопотребления</p> | } |
|---|--|---|

*Перечень дискуссионных тем для круглого стола (диалог-диспут, проблемные лекции)*

1. Стохастических и детерминистических моделей в гидрологии и водохозяйственных
2. Значение обобщенного метода водохозяйственных расчетов в проектной практике
3. Сочетание имитационного моделирования с оптимизационными методами

## 6.2. Описание показателей и критериев контроля успеваемости, описание шкал оценивания

Для оценки знаний, умений, навыков и формирования компетенции по дисциплине применяется традиционная система контроля и оценки успеваемости студентов.

**Оценка успеваемости** складывается из следующих оценочных компонентов:

- оформление расчетно-графической работы (соответствие ГОСТ 7.32-2001, ГОСТ 7.1-2003, ГОСТ 7.12-93, ГОСТ 7.82-2001);
- правильность расчетов (оценивается округление величин, точность расчетов, использование программных средств);
- подробность и точность подписей к рисункам и таблицам, выбор формул и описание их составляющих, постановка задачи во введении к работе, выводы в конце расчетных глав и всей работы;
- устный ответы на вопросы (оценивается знание определений, алгоритмов вычислений, обоснованность ответов, и применение знаний для решения задач).

Итоговая оценка определяется как среднее арифметическое из оценок компонентов (отлично, хорошо, удовлетворительно, и неудовлетворительно).

Таблица 7а

Критерии оценивания типовых задач и тестирования

Оценка/сформированные компетенции	Критерии оценивания
Высокий уровень /зачет	Все типовые задачи выполнены без ошибок и недочетов. Сформированы все умения и навыки решения практических задач. <b>Компетенции, закреплённые за дисциплиной, сформированы на уровне – высокий.</b>
Средний уровень « /зачет	Типовые задачи выполнены полностью. Сформированы все умения и навыки решения практических задач. <b>Компетенции, закреплённые за дисциплиной, сформированы на уровне – хороший (средний).</b>
Пороговый уровень /зачет	Типовые задачи выполнены частично. Частично сформированы умения и навыки решения практических задач. <b>Компетенции, закреплённые за дисциплиной, сформированы на уровне – достаточный.</b>
Минимальный уровень	Правильно выполнены менее половины типовых задач.

незачет	<b>Компетенции, закреплённые за дисциплиной, не сформированы.</b>
---------	---

Таблица 76

Критерии оценивания текущей успеваемости в форме контрольной работы

Оценка/сформированные компетенции	Критерии оценивания
Высокий уровень «5»(отлично)	ставится за работу, выполненную без ошибок и недочетов или имеющую не более одного недочета. <b>Компетенции, закреплённые за дисциплиной, сформированы на уровне – высокий.</b>
Средний уровень «4»(хорошо)	ставится за работу, выполненную полностью, но при наличии в ней не более одной негрубой ошибки и одного недочета или не более двух недочетов. <b>Компетенции, закреплённые за дисциплиной, сформированы на уровне – хороший (средний).</b>
Пороговый уровень «3» (удовлетворительно)	ставится в том случае, если студент правильно выполнил не менее половины работы или допустил: а) не более двух грубых ошибок, б) не более одной грубой ошибки и одного недочета, в) не более двух-трех негрубых ошибок, г) одной негрубой ошибки и трех недочетов, д) или при отсутствии ошибок, но при наличии 4-5 недочетов. <b>Компетенции, закреплённые за дисциплиной, сформированы на уровне – достаточный.</b>
Минимальный уровень «2» (неудовлетворительно)	ставится, когда число ошибок и недочетов превосходит норму, при которой может быть выставлена оценка «3», или если правильно выполнено менее половины работы. <b>Компетенции, закреплённые за дисциплиной, не сформированы.</b>

Грубыми являются ошибки, свидетельствующие, что студент: не усвоил основные физические теории и законы или не умеет применять их при решении задач различных типов; не знает формул, графиков, схем или не умеет применять их к решениям задач; не знает единиц физических величин или не умеет пользоваться ими; к грубым ошибкам относятся также неправильно сформулированные вопросы задачи или неверные объяснения хода ее решения, незнание приемов решения задач, аналогичных ранее решенным в классе, а также ошибки, свидетельствующие о неправильном понимании условия задачи или истолковании решения.

Негрубыми ошибками являются: неточность чертежа, графика, схемы; пропуск или неточное написание наименования единиц физических величин; выбор нерационального хода решения.

К недочетам относятся: нерациональные записи при вычислениях, нерациональные приемы вычислений, преобразований и решений задач; отдельные погрешности в формулировке вопроса или ответа; отдельные ошибки вычислительного характера; небрежное выполнение записей, чертежей, схем, графиков.

Критерии оценки знаний студентов на зачете с оценкой

Таблица 8

## Критерии оценивания результатов обучения

Оценка/ сформированные компетенции	Критерии оценивания
Высокий уровень/ «5» отлично, зачёт	<p>«Зачет» с оценкой «отлично» заслуживает студент, освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал без пробелов; выполнивший РГР на высоком качественном уровне; а так же усвоивший взаимосвязь основных понятий дисциплины в их значении для приобретаемой профессии и проявивший творческие способности в понимании, изложении и использовании учебно-программного материала. При этом обнаруживается:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• всестороннее, систематическое и глубокое знание учебного материала,</li> <li>• умение выполнять задания, предусмотренные программой,</li> <li>• усвоивший основную и знакомый с дополнительной литературой, рекомендованной программой</li> </ul> <p>практические навыки профессионального применения освоенных знаний сформированы. <b>Компетенции</b>, закреплённые за дисциплиной, <b>сформированы на уровне – высокий.</b></p>
Средний уровень / «4» хорошо, зачёт	<p>«Зачет» с оценкой «хорошо» заслуживает студент, практически полностью освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал, учебные задания не оценены на высокий уровень (выполнивший РГР на среднем качественном уровне), показывающий систематический характер знаний по дисциплине и способным к их самостоятельному пополнению и обновлению в ходе дальнейшей учебной работы и профессиональной деятельности. При этом обнаруживается:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• полное знание учебно-программного материала</li> <li>• успешно выполняющий предусмотренные в программе задания</li> <li>• усвоивший основную литературу, рекомендованную в программе</li> </ul> <p>в основном сформировал практические навыки. <b>Компетенции</b>, закреплённые за дисциплиной, <b>сформированы на уровне – хороший (средний).</b></p>
Пороговый уровень / «3» удовлетворительно, зачёт	<p>«Зачет» с оценкой «удовлетворительно» заслуживает студент, частично с пробелами освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал, РГР оценена на пороговом уровне, обнаруживаются знания и понимание основных положений учебного материала, но излагается он неполно, непоследовательно, допускаются неточности в определении понятий, не умеет доказательно обосновывать свои суждения, допускает погрешности в ответе на зачете и при выполнении заданий, но обладающим необходимыми знаниями для их устранения под руководством преподавателя. При этом обнаруживаются:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• знания основного учебно-программного материала в объеме, необходимом для дальнейшей учебы и предстоящей работы по специальности</li> <li>• справляющийся с выполнением заданий, предусмотренных программой</li> <li>• знакомый с основной литературой, рекомендованной программой</li> </ul> <p>некоторые практические навыки не сформированы. <b>Компетенции</b>, закреплённые за дисциплиной, <b>сформированы на уровне – достаточный.</b></p>
Минимальный уровень/ «2» неудовлетворительно Незачет	<p>оценку «неудовлетворительно» заслуживает студент, не освоивший знания, умения, компетенции и теоретический материал, не выполнивший РГР, имеет разрозненные, бессистемные знания, не умеет выделять главное и второстепенное, допускает ошибки в определении понятий, а также допускает принципиальные ошибки в выполнении предусмотренных программой заданий, искажает их смысл, практические навыки не сформированы. <b>Компетенции</b>, закреплённые за дисциплиной, <b>не сформированы.</b></p>

## **7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины**

### **7.1 Основная литература**

1. Водохозяйственные системы и водопользование : Учебник. - М. : ИНФРА-М, 2019. - 452 с.
2. Особенности методологии комплексного водопользования: монография / В. Н. Маркин, Л. Д. Раткович, И. В. Глазунова; Российский государственный аграрный университет - МСХА имени К. А. Тимирязева (Москва). — Электрон. текстовые дан. — Москва: РГАУ-МСХА им. К. А. Тимирязева, 2016. — 117 с.: рис., табл. — Коллекция: Монографии. — Режим доступа : <http://elib.timacad.ru/dl/local/396.pdf>.
3. Вопросы рационального использования водных ресурсов и проектного обоснования водохозяйственных систем: монография / Л. Д. Раткович, В. Н. Маркин, И. В. Глазунова; Московский государственный университет природообустройства. — Электрон. текстовые дан. — Москва: МГУП, 2013. — 258 с.: рис., табл. — Коллекция: Монографии. — Режим доступа : <http://elib.timacad.ru/dl/local/pr06.pdf>.
4. Шабанов В. В. Методика эколого-водохозяйственной оценки водных объектов : монография / В. В. Шабанов, В. Н. Маркин ; Московский государственный университет природообустройства. - Москва : МГУП, 2009. - 154 с.
5. Акопов, А. С. Имитационное моделирование : учебник и практикум для вузов / А. С. Акопов. — 2-е изд., перераб. и доп. — Москва : Издательство Юрайт, 2024. — 426 с. — (Высшее образование). — ISBN 978-5-534-18379-5. — Текст : электронный // Образовательная платформа Юрайт [сайт]. — URL: <https://urait.ru/bcode/534885>

### **7.2 Дополнительная литература**

1. Данилов-Данильян, В.И. Управление водными ресурсами. Согласование стратегий водопользования. / В.И. Данилов-Данильян, И.Л. Хранович . — М. : Научный мир, 2010 . — 232 с.

### **7.3 Нормативные и правовые акты**

1. Водный Кодекс Российской Федерации: утвержден ГД РФ от 03.06.2006 N 74-ФЗ, (с изменениями на 8 августа 2024 года, редакция, действующая с 1 сентября 2024 года)
2. Федеральный закон "Об Охране окружающей среды" утвержден ГД РФ от 10 января 2002 г. N 7-ФЗ (с изменениями на 25 декабря 2023 года, редакция, действующая с 1 января 2024 года)
3. Водная стратегия российской федерации на период до 2020 года: распоряжение Правительства Российской Федерации от 27 августа 2009 г. № 1235-р

4. ГН 2.1.5.1315-03 Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования

#### 7.4 Методические указания, рекомендации и другие материалы к занятиям

1. Галямина И.Г. Управление водохозяйственными системами: уч. пособие / И.Г.Галямина, Т.И. Матвеева, В.Н. Маркин[и др.]. – 2-е изд., перераб. и доп.. – Москва : ООО "Мегаполис", 2020. – 127 с. – ISBN 9785604486160.

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

Для освоения дисциплины необходимы следующие ресурсы информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»:

1. Электронная библиотечная система <https://www.library.timacad.ru>
2. Научная электронная библиотека открытого доступа (OpenAccess) <https://cyberleninka.ru>
3. Научно-популярная энциклопедия, открытый доступ <http://water-rf.ru/>
4. <https://ru.wikipedia.org/wiki/> Справочно-поисковая система – Википедия
5. Шабанов В.В. Словарь по прикладной экологии, рациональному природопользованию и природообустройству. <http://www.twirpx.com/file/585902/>
6. Российская государственная библиотека [Электронный ресурс]: содержит электронные версии книг, учебников, монографий, сборников научных трудов как отечественных, так и зарубежных авторов, периодических изданий. Режим доступа: [http:// www.rbc.ru](http://www.rbc.ru)

#### 9. Перечень программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)

- a. [www.consultant.ru](http://www.consultant.ru) Справочная правовая система «КонсультантПлюс».
- b. Справочная правовая система «Гарант» <http://www.garant.ru/>

#### 10. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

Таблица 10

##### Сведения об обеспеченности специализированными аудиториями, кабинетами, лабораториями

Наименование специальных помещений и помещений для самостоятельной работы (№ учебного корпуса, № аудитории)	Оснащенность специальных помещений и помещений для самостоятельной работы
1	2
Учебная лаборатория «Гидросиловых установок».	Для реализации учебной программы используются:



<p>Учебная аудитории для проведения занятий лекционного и практического типа, выполнения курсовых работ, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации.</p> <p><b>28 корпус 8 аудитория</b></p>	<p>- демонстрационные модели - плакаты, стенды, макеты сооружений; - гидравлические лотки, турбины.</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Парты моноблок двухместная 16 шт.</li> <li>2. Доска меловая 2 шт.</li> <li>3. Плакаты. (без инв.№)</li> <li>4. Модели сооружений 4 шт. (без инв.№)</li> <li>5. Зеркальный лоток №1 -1шт. (инв.№ 410134000001283)</li> <li>6. Насос КМ-150-125-250 (инв.№ 210134000000024)</li> <li>7. Лоток гидравлический б/у (ост) (инв.№ 410136000004901)</li> </ol>
<p>Учебная аудитории для проведения занятий лекционного и практического типа, выполнения курсовых работ, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации.</p> <p><b>28 корпус 6 аудитория</b></p>	<p>Для реализации учебной программы используются:</p> <p>- плакаты, стенды</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Парты моноблок двухместная 7шт.</li> <li>2. Парты двухместная 7 шт</li> <li>3. Стул 14 шт</li> <li>4. Доска меловая 1 шт.</li> <li>5. Плакат 36 шт. (без инв.№)</li> <li>6. Учебный макет 1 шт. (без инв.№)</li> </ol>
<p>Библиотека, читальный зал</p> <p><b>29 корпус</b></p>	<p>Парты и стулья в достаточном количестве</p>
<p>Комнаты для самоподготовки в общежитиях Академии (для студентов проживающих в общежитии)</p>	<p>Парты и стулья в достаточном количестве</p>

## 11. Методические рекомендации студентам по освоению дисциплины

- 1) Для качественного освоения дисциплины и получения профессиональных навыков рекомендуется регулярное посещение лекционных и практических занятий. Целесообразно закрепление материала после каждого вида занятий, просматривая конспект, литературные источники, новости в сети интернет.
- 2) Современный специалист должен обладать необходимой эрудицией, как профессиональной, так и общекультурного характера. Стоит, помимо основной учебной литературы, знакомиться с журнальными публикациями, появляющимися монографиями. Это позволит успешно составлять (или участвовать в составлении) техническую документацию, в том числе и работать над курсовыми работами, участвовать в дискуссиях на профессиональные темы и научно-практических конференциях, отстаивать варианты решений.
- 3) Многие задачи, рассматриваемые при изучении дисциплины требуют значительного объема вычислений. Всегда старайтесь максимально использовать вычислительные возможности компьютерных программ (Excel, Mathcad, другие модели). В этом случае ошибка, допущенная в начале работы, не введет вас в глубокую депрессию на финише.
- 4) Не следует стремиться достичь высокой точностью результата. 10 знаков после запятой свидетельствуют лишь о слабой подготовленности. Точность

расчетов определяется точностью исходной информации и нормативных требований.

- 5) Самостоятельная работа не должна превращаться в повседневную рутину. Эффективный способ бороться с этим – творческое отношение к предмету. Практически, в любой теме можно найти интересные методические особенности, нерешенные вопросы, предмет для научной работы. Научная дисциплина образовательного цикла находится на стыке многих наук и использует их достижения. Широкий круг проблем и достаточно обширная сфера научных исследований, каждый студент может найти себе что-то интересное для себя.

### **Виды и формы отработки пропущенных занятий**

Пропущенные занятия студент отрабатывает до начала зачетной сессии.

Формой отработки пропущенных занятий может быть представление преподавателю рукописного конспекта лекции или соответствующего раздела выполняемой расчетной работы, а также реферата или презентации по теме пропущенного занятия и собеседование по данной теме. Контроль теоретических знаний по пропущенной теме занятия может быть проведен в устной или письменной форме.

## **12. Методические рекомендации преподавателям по организации обучения по дисциплине**

### **МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ЛЕКЦИЯМ**

Лекционный материал должен содержать постановку задачи рассматриваемых проблем, примерную технологию их решения. Необходимым условием является соответствие материала лекции учебному плану и позициям рабочей программы, а также рекомендованным литературным источникам, перечню вопросов для тестирования и экзаменационным вопросам. В процессе обучения следует вводить результаты новых исследований, при этом: студенты обеспечиваются доступом к источнику; подготавливается иллюстрационный материал; определяется место новшества в изучаемом курсе; изыскивается возможность использования нововведения в практических работах.

**Цель лекционного курса:** развить у студентов основные знания по принятию управленческих решений, обосновать их, делать постановку оптимизационных задач и знать методы их решения.

**Используемые методы обучения:** лекция должна включать конспективную часть (цели, задачи, определения, ссылки на источники, используемые методы), необходимую для понимания и усвоения дальнейших знаний в процессе практических и самостоятельных занятий. Рассматриваемые вопросы стоит показывать с использованием конкретных примеров, обозначая их водохозяйственные и экологические проблемы и, по возможности, делая обобщения для других вероятных ситуаций.

**Используемые средства обучения** включают печатные и электронные ресурсы, которые дополняются раздаточным материалом: плакаты с классификационными схемами.

**Перечень раздаточного материала, используемого на занятии**

- Классификационная таблица моделей, используемых в процессе гидролого-водохозяйственного обоснования проектных схем
- Блок-схемы моделей разного типа
- Примеры моделирующих алгоритмов
- Источники получения информации и их классификация
- Формы водохозяйственных балансов и их моделирование в процессе обоснования водохозяйственных и водоохранных мероприятий
- Схемы сооружений, обеспечивающих моделируемые схемы
- Эскизы характерных зависимостей и последовательность их реализации

Ознакомление с документом – Стратегия развития водохозяйственного комплекса Российской Федерации до 2020 года. Рассмотрение вопросов наличия и использования водных ресурсов в странах Мира (выполняется по вариантам и обсуждается на занятиях после доклада студента).

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ПРАКТИЧЕСКИМ ЗАНЯТИЯМ**

**Используемые методы обучения:** Излагается тематика практических занятий, формулируется постановка решаемой задачи в соответствии с календарным планом. Методика решения задачи доводится до студентов сначала в целом, а затем поэтапно детализируется. Обязательным условием является учет степени и уровня подготовки студентов. Поэтому целесообразно сначала тестировать группу на выяснение уровня инженерной подготовки и расчетных возможностей в части применения компьютерных технологий. При необходимости следует провести дополнительное обучение.

**Задания студентам для самостоятельной работы** ориентированы на выполнение расчетных заданий. Предусматривается решение некоторых практических задач по курсу, затронутых или сформулированных в лекционном курсе.

**Программу разработали:**

Раткович Л.Д., д.т.н., профессор

  
(подпись)

Матвеева Т.И., к.т.н., доцент

  
(подпись)

**РЕЦЕНЗИЯ**  
**на рабочую программу дисциплины**  
**Статистическое и имитационное моделирование при обосновании режима и**  
**параметров водохозяйственных систем**  
**ОПОП ВО по направлению 20.04.02 Природообустройство и водопользование,**  
**направленность Цифровизация инженерных систем в АПК**  
**(квалификация выпускника – магистр)**

Ханов Н.В., профессор, д.т.н., зав. кафедрой гидротехнических сооружений Института мелиорации, водного хозяйства и строительства, профессор (далее по тексту рецензент), проведена рецензия рабочей программы дисциплины «Статистическое и имитационное моделирование при обосновании режима и параметров водохозяйственных систем» ОПОП ВО по направлению 20.04.02 Природообустройство и водопользование, направленность «Цифровизация инженерных систем в АПК» (квалификация выпускника – магистр) разработанной в ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева», на кафедре гидравлики, гидрологии и управления водными ресурсами (разработчики – Раткович Л.Д., профессор, д.т.н., Матвеева Т.И., доцент, к.т.н.).

Рассмотрев представленные на рецензию материалы, рецензент пришел к следующим выводам:

1. Предъявленная рабочая программа дисциплины «Статистическое и имитационное моделирование при обосновании режима и параметров водохозяйственных систем» (далее по тексту Программа) соответствует требованиям ФГОС по направлению 20.04.02 Природообустройство и водопользование. Программа содержит все основные разделы, соответствует требованиям к нормативно-методическим документам.

2. Представленная в Программе **актуальность** учебной дисциплины в рамках реализации ОПОП ВО не подлежит сомнению – дисциплина относится к вариативной части учебного цикла – Б1.В

3. Представленные в Программе **цели** дисциплины соответствуют требованиям ФГОС направления 20.04.02 Природообустройство и водопользование.

4. В соответствии с Программой за дисциплиной «Статистическое и имитационное моделирование при обосновании режима и параметров водохозяйственных систем» закреплено 4 **компетенции**. Дисциплина «Статистическое и имитационное моделирование при обосновании режима и параметров водохозяйственных систем» и представленная Программа способна реализовать их в объявленных требованиях. **Результаты обучения**, представленные в Программе в категориях знать, уметь, владеть соответствуют специфике и содержанию дисциплины и демонстрируют возможность получения заявленных результатов.

5. Общая трудоёмкость дисциплины «Статистическое и имитационное моделирование при обосновании режима и параметров водохозяйственных систем» составляет 3 зачётных единицы (108 часа / из них практическая подготовка 4 часов).

6. Информация о взаимосвязи изучаемых дисциплин и вопросам исключения дублирования в содержании дисциплин соответствует действительности. Дисциплина «Статистическое и имитационное моделирование при обосновании режима и параметров водохозяйственных систем» взаимосвязана с другими дисциплинами ОПОП ВО и Учебного плана по направлению 20.04.02 Природообустройство и водопользование и возможность дублирования в содержании отсутствует.

7. Представленная Программа предполагает использование современных образовательных технологий, используемые при реализации различных видов учебной работы. Формы образовательных технологий соответствуют специфике дисциплины.

8. Программа дисциплины «Статистическое и имитационное моделирование при обосновании режима и параметров водохозяйственных систем» предполагает 5 занятий в интерактивной форме.

9. Виды, содержание и трудоёмкость самостоятельной работы студентов, представленные в Программе, соответствуют требованиям к подготовке выпускников, содержащимся во ФГОС ВО направления 20.04.02 Природообустройство и водопользование.

10. Представленные и описанные в Программе формы *текущей* оценки знаний (опрос, как в форме обсуждения отдельных вопросов, так и выступления и участие в дискуссиях, работа над РГР), соответствуют специфике дисциплины и требованиям к выпускникам.

Форма промежуточного контроля знаний студентов, предусмотренная Программой, осуществляется в форме зачета с оценкой, что соответствует статусу дисциплины, как дисциплины вариативной части учебного цикла – Б1.В ФГОС направления 20.04.02 Природообустройство и водопользование.

11. Формы оценки знаний, представленные в Программе, соответствуют специфике дисциплины и требованиям к выпускникам.

12. Учебно-методическое обеспечение дисциплины представлено: основной литературой – 5 источников, дополнительной литературой – 8 наименований, периодическими изданиями – 6 источников со ссылкой на электронные ресурсы, Интернет-ресурсы – 8 источника и соответствует требованиям ФГОС направления 20.04.02 Природообустройство и водопользование.

13. Материально-техническое обеспечение дисциплины соответствует специфике дисциплины «Статистическое и имитационное моделирование при обосновании режима и параметров водохозяйственных систем» и обеспечивает использование современных образовательных, в том числе интерактивных методов обучения.

14. Методические рекомендации студентам и методические рекомендации преподавателям по организации обучения по дисциплине дают представление о специфике обучения по дисциплине «Статистическое и имитационное моделирование при обосновании режима и параметров водохозяйственных систем».

## ОБЩИЕ ВЫВОДЫ

На основании проведенной рецензии можно сделать заключение, что характер, структура и содержание рабочей программы дисциплины «Статистическое и имитационное моделирование при обосновании режима и параметров водохозяйственных систем» ОПОП ВО по направлению 20.04.02 Природообустройство и водопользование, направленность Цифровизация инженерных систем в АПК (квалификация выпускника – магистр), разработанной Ратковичем Л.Д., профессором, д.т.н., Матвеевой Т.И., к.т.н., доцентом кафедры гидравлики, гидрологии и управления водными ресурсами соответствует требованиям ФГОС ВО, современным требованиям экономики, рынка труда и позволит при её реализации успешно обеспечить формирование заявленных компетенций.

Рецензент: Рецензент: Ханов Н.В., профессор, д.т.н., зав. кафедрой гидротехнических сооружений Института мелиорации, водного хозяйства и строительства, профессор

  
(подпись) «

26» августа 2024г