

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования «Кабардино-Балкарский государственный университет  
им. Х.М. Бербекова» (КБГУ)

ИНСТИТУТ ФИЗИКИ И МАТЕМАТИКИ  
КАФЕДРА АЛГЕБРЫ И ДИФФЕРЕНЦИАЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ

СОГЛАСОВАНО

Руководитель образовательной  
программы \_\_\_\_\_ А.Х. Журтов

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2022 г.

УТВЕРЖДАЮ

Директор ИФ и М  
\_\_\_\_\_ Б.И. Кунижев

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2022 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«НЕЛОКАЛЬНЫЕ КРАЕВЫЕ ЗАДАЧИ ДЛЯ МОДЕЛЬНЫХ УРАВНЕНИЙ  
МАТЕМАТИЧЕСКОЙ БИОЛОГИИ»

(код и наименование дисциплины)

Направление подготовки

01.03.01 - Математика

(код и наименование направления подготовки)

Профиль подготовки

Дифференциальные уравнения, динамические системы и оптимальное управление

(наименование профиля подготовки)

Квалификация (степень) выпускника

бакалавр

Форма обучения

очная

Нальчик 2022

Рабочая программа дисциплины «Нелокальные краевые задачи для модельных уравнений математической биологии» /сост. Л.В. Канукоева – Нальчик: КБГУ, 2022. – 34 с.

Рабочая программа дисциплины для студентов очной формы обучения по направлению подготовки 01.03.01 Математика в 7 семестре, 4 курса.

Рабочая программа составлена с учетом Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 01.03.01 – Математика (уровень бакалавриата) утвержденного приказом Министерства образования и науки РФ от 10 января 2018 г. №8 (Зарегистрировано в Минюсте России 06 февраля 2018 г. № 49941).

## Содержание

1. Цель и задачи освоения дисциплины (модуля).....	4
2. Место дисциплины в структуре ОПОП ВО .....	4
3. Требования к результатам освоения дисциплины (модуля).....	4
4. Содержание и структура дисциплины (модуля).....	5
4.1. Содержание дисциплины (модуля).....	5
4.2. Структура дисциплины .....	7
4.3. Лекционные занятия.....	7
4.4. Практические занятия .....	7
4.5. Самостоятельное изучение разделов дисциплины .....	8
5. Оценочные материалы для текущего и рубежного контроля успеваемости и промежуточной аттестации .....	9
6. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности.....	19
7. Учебно-методическое обеспечение дисциплины .....	20
7.1. Нормативно-законодательные акты .....	20
7.2. Основная литература.....	20
7.3. Дополнительная литература .....	21
7.4. Периодические издания .....	21
7.5. Интернет-ресурсы .....	21
7.6. Методические указания по проведению различных учебных занятий, к курсовому проектированию и другим видам самостоятельной работы .....	24
8. Материально-техническое обеспечение дисциплины .....	29
Лист изменений (дополнений) в рабочей программе.....	32
Приложение 1.....	33
Приложение 2.....	34

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

Последние десятилетия характеризуются глубоким проникновением методов математического моделирования в науку о живом. Использование математики для поиска и познания биологических законов имеет длительную историю. Сейчас имеется уже много статей и книг, специально посвященных математическому моделированию различных биологических процессов и явлений, сложилась новая дисциплина – математическая биология.

Предмет «Нелокальные краевые задачи для модельных уравнений математической биологии» составляет исследование основных типов как локальных, так и нелокальных уравнений, описывающих различные биологические процессы и явления.

В связи с этим, основными целями дисциплины являются:

- изучение новых задач для модельных уравнений математической биологии;
- знакомство с новыми методами, используемыми для доказательства единственности и существования решений рассматриваемых задач;
- закрепление на практике необходимых навыков работы с новыми методами.

Задачи дисциплины:

- усвоение студентами основного теоретического материала курса;
- выработка прочного навыка по решению соответствующих задач;
- приобретение студентами знаний, позволяющих применять их в научной деятельности.

## 2. Место дисциплины в структуре ОПОП ВО

Дисциплина «Нелокальные краевые задачи для модельных уравнений математической биологии» относится к вариативной части Блока 1 «Дисциплины (модули)» основной образовательной программы по направлению подготовки 01.03.01 Математика профиля «Дифференциальные уравнения, динамические системы и оптимальное управление» части формируемой участниками образовательных отношений.

Для успешного изучения дисциплины необходимы знания, умения и навыки, приобретенные в результате освоения предшествующих дисциплин: математический анализ; алгебра; дифференциальные уравнения; функциональный анализ; уравнения с частными производными.

Получаемые знания лежат в основе математического образования, необходимы для понимания и освоения ряда математических наук и их приложений. На знаниях, умениях и навыках, приобретенных в ходе изучения курса «Нелокальные краевые задачи для модельных уравнений математической биологии» базируются следующие дисциплины: «Нелокальные краевые задачи для смешанных парабола-гиперболических уравнений», «Аналоги задачи Бицадзе-Самарского для уравнений смешанного типа».

## 3. Требования к результатам освоения дисциплины (модуля)

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование элементов следующих профессиональных компетенций (ПКС) в соответствии с ФГОС ВО и ОПОП ВО по данному направлению подготовки:

**ПКС-4-** способен активно участвовать в исследовании новых математических моделей в естественных науках.

*Индикаторы достижения компетенции ПКС-4:*

**ПКС-4.1.** Способен решать актуальные и значимые задачи фундаментальной и прикладной математики.

**ПКС-4.2.** Способен применять методы математического моделирования в естественных науках.

В результате освоения дисциплины студент должен:

**знать** основной теоретический материал курса, позволяющий исследовать нелокальные краевые задачи для уравнений математической биологии;

**уметь** применять полученные теоретические знания на практике и ориентироваться в материале учебных дисциплин, содержащих нелокальные задачи для уравнений математической биологии;

**владеть** методами доказательства разрешимости соответствующих задач;

**приобрести опыт** по самостоятельной работе с математическим аппаратом, представленным в научной литературе и развить способности к научно-исследовательской деятельности.

#### 4. Содержание и структура дисциплины (модуля)

##### 4.1. Содержание дисциплины (модуля)

№ п/п	Наименование раздела/темы	Содержание раздела	Код контролируемой компетенции (или ее части)	Наименование оценочного средства
1	2	3	4	5
1	<i>Элементы функционального анализа, интегральных уравнений и дробного исчисления</i>	Основные понятия функционального анализа. Обобщенный принцип сжатых отображений. Основная лемма вариационного исчисления. Элементы дробного исчисления. Понятия локальных и нелокальных операторов	ПКС-4	ДЗ, КР, К, Т
2	<i>Нагруженные уравнения и системы</i>	Понятие нагруженного уравнения. Понятие нагруженных дифференциальных уравнений и их классификация. Нагруженные интегральные уравнения и их классификация. Определение и классификация непрерывных дифференциальных уравнений. Важнейшие модельные уравнения математической биологии и их связь с уравнениями синергетики.	ПКС-4	ДЗ, КР, К, Т
3	<i>Локальные и нелокальные задачи для дифференциальных уравнений</i>	Основные локальные краевые задачи для уравнений эллиптического, параболического и	ПКС-4	ДЗ, КР, К, Т

		смешанного типов второго порядка. Определение и классификация нелокальных задач. Понятие корректности постановки локальных и нелокальных задач.		
4	<i>Задачи для модельных уравнений математической биологии</i>	Задача Коши для уравнения Бернулли- Ферхюльста и обобщенного уравнения мультипликативного роста. Формула Даламбера и задача Коши для одномерного волнового уравнения Задачи Гурса и Дарбу для одномерного волнового уравнения. Задача Коши для уравнения Мак Кендрика-фон Ферстера. Задача Коши со смешанным носителем для нагруженного эволюционного уравнения.	ПКС-4	ДЗ, КР, К, Т
5	<i>Нелокальные задачи для модельных уравнений математической биологии</i>	Нелокальные задачи для уравнения Мак Кендрика-фон Фёрстера. Нелокальные задачи для уравнений гиперболического типа. Нелокальные задачи для линейных параболических уравнений второго порядка. Модельные задачи для эллиптического и смешанного типов уравнений.	ПКС-4	ДЗ, КР, К, Т

В графе 5 приводятся планируемые формы текущего контроля: защита лабораторной работы (ЛР), выполнение курсового проекта (КП), контрольной работы (КР), расчетно-графического задания (РГЗ), домашнего задания (ДЗ) написание реферата (Р), эссе (Э), коллоквиум (К), рубежный контроль (РК), тестирование (Т) и т.д.

#### 4.2. Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетные единицы (144 часа).

Вид работы	7 семестр	Всего
<b>Общая трудоемкость (в часах)</b>	<b>144</b>	<b>144</b>
<b>Контактная работа (в часах):</b>	<b>42</b>	<b>42</b>
Лекции (Л)	14	14
Практические занятия (ПЗ)	28	28
<b>Самостоятельная работа (в часах), в том числе контактная работа:</b>	<b>102</b>	<b>102</b>
Самостоятельное изучение разделов	69	69
Контрольная работа (КР)	6	6
Подготовка и прохождение промежуточной аттестации	27	27
<b>Вид промежуточной аттестации</b>	<b>экзамен</b>	<b>экзамен</b>

#### 4.3. Лекционные занятия

№ п/п	Тема
1.	<i>Элементы функционального анализа, интегральных уравнений и дробного исчисления. Цель и задачи изучения темы – повторить элементы функционального анализа, ознакомить с интегральными уравнениями и дробным исчислением.</i>
2.	<i>Нагруженные уравнения и системы. Цель и задачи изучения темы – ознакомить студентов с нагруженными уравнениями и системами.</i>
3.	<i>Локальные и нелокальные задачи для дифференциальных уравнений. Цель и задачи изучения темы – изучить локальные и нелокальные задачи для дифференциальных уравнений.</i>
4.	<i>Задачи для модельных уравнений математической биологии. Цель и задачи изучения темы – изучить основные задачи модельных уравнений математической биологии.</i>
5.	<i>Нелокальные задачи для модельных уравнений математической биологии. Цель и задачи изучения темы – исследовать нелокальные задачи модельных уравнений математической биологии.</i>

#### 4.4. Практические занятия

№ п/п	Тема
1.	Понятия локальных и нелокальных операторов
2.	Понятие нагруженного уравнения. Понятие нагруженных дифференциальных уравнений и их классификация.
3.	Нагруженные интегральные уравнения и их классификация.
4.	Определение и классификация непрерывных дифференциальных уравнений.
5.	Важнейшие модельные уравнения математической биологии и их связь с

	уравнениями синергетики.
6.	Одномерные реактивно-диффузионные уравнения биологической синергетики
7.	Уравнения Тьюринга
8.	Уравнения Лесли
9.	Основные локальные краевые задачи для уравнений эллиптического, параболического и смешанного типов второго порядка.
10.	Определение и классификация нелокальных задач.
11.	Понятие корректности постановки локальных и нелокальных задач.
12.	Задача Коши для уравнения Бернулли-Ферхюльста и обобщенного уравнения мультипликативного роста.
13.	Формула Даламбера и задача Коши для одномерного волнового уравнения. Задачи Гурса и Дарбу для одномерного волнового уравнения.
14.	Задача Коши для уравнения Мак Кендрика-фон Ферстера.
15.	Задача Коши со смешанным носителем для нагруженного эволюционного уравнения.
16.	Нелокальные задачи для уравнения Мак Кендрика-фон Ферстера. Нелокальные задачи для уравнений гиперболического типа.
17.	Нелокальные задачи для линейных параболических уравнений второго порядка.
18.	Модельные задачи для эллиптического и смешанного типов уравнений.

#### 4.5. Самостоятельное изучение разделов дисциплины

№ п/п	Вопросы, выносимые на самостоятельное изучение
1.	Характеристическая форма и классификация квазилинейных уравнений 2-го порядка.
2.	Определение характеристического уравнения и характеристических многообразий.
3.	Нагруженные уравнения и их связь с нелокальными операторами.
4.	Определение непрерывного дифференциального уравнения по Вольтерра. Дифференциальные уравнения в частных уравнениях дробного порядка.
5.	Уравнение Бернулли-Ферхюльста и понятие устойчивости состояния равновесия по Ляпунову.
6.	Уравнения мультипликативного роста. Разностные и обыкновенные уравнения с запаздыванием.
7.	Уравнения Бейли и Марчука. Уравнения рождаемости.
8.	Одномерные реактивно-диффузионные уравнения биологической синергетики.
9.	Формула Грина для линейных дифференциальных операторов второго порядка и необходимые краевые условия.
10.	Теорема о среднем значении задачи Гурса и Дарбу для одномерного волнового уравнения.



11.	Задача Коши и теорема о среднем значении для трехмерного волнового уравнения.
12.	Модельное уравнение переноса биологических субстанции.

## **5. Оценочные материалы для текущего и рубежного контроля успеваемости и промежуточной аттестации**

Конечными результатами освоения программы дисциплины являются сформированные когнитивные дескрипторы «знать», «уметь», «владеть», расписанные по отдельным компетенциям. Формирование этих дескрипторов происходит в течение всего семестра по этапам в рамках различного вида занятий и самостоятельной работы.

В ходе изучения дисциплины предусматриваются текущий, рубежный контроль и промежуточная аттестация.

**5.1. Оценочные материалы для текущего контроля.** Цель текущего контроля – оценка результатов работы в семестре и обеспечение своевременной обратной связи, для коррекции обучения, активизации самостоятельной работы обучающегося. Объектом текущего контроля являются конкретизированные результаты обучения (учебные достижения) по дисциплине.

*Текущий контроль* успеваемости обеспечивает оценивание хода освоения дисциплины «Нелокальные краевые задачи для модельных уравнений математической биологии» и включает: ответы на теоретические вопросы на практическом занятии, решение практических задач и выполнение заданий на практическом занятии. Оценка качества подготовки на основании выполненных заданий ведется преподавателем (с обсуждением результатов), баллы начисляются в зависимости от сложности задания.

### ***Вопросы по темам дисциплины «Нелокальные краевые задачи для модельных уравнений математической биологии» (контролируемые компетенции ПКС-4)***

*Тема 1. Элементы функционального анализа, интегральных уравнений и дробного исчисления.*

1. Основные понятия функционального анализа.
2. Обобщенный принцип сжатых отображений.
3. Основная лемма вариационного исчисления.
4. Элементы дробного исчисления.
5. Понятия локальных и нелокальных операторов.

*Тема 2. Нагруженные уравнения и системы.*

1. Понятие нагруженного уравнения. Понятие нагруженных дифференциальных уравнений и их классификация.
2. Нагруженные интегральные уравнения и их классификация.
3. Определение и классификация непрерывных дифференциальных уравнений.
4. Важнейшие модельные уравнения математической биологии и их связь с уравнениями синергетики.

*Тема 3. Локальные и нелокальные задачи для дифференциальных уравнений.*

1. Основные локальные краевые задачи для уравнений эллиптического, параболического и смешанного типов второго порядка.
2. Определение и классификация нелокальных задач.
3. Понятие корректности постановки локальных и нелокальных задач.

*Тема 4. Задачи для модельных уравнений математической биологии.*

1. Задача Коши для уравнения Бернулли-Ферхюльста и обобщенного уравнения мультипликативного роста.

2. Формула Даламбера и задача Коши для одномерного волнового уравнения  
Задачи Гурса и Дарбу для одномерного волнового уравнения.
3. Задача Коши для уравнения Мак Кендрика-фон Ферстера.
4. Задача Коши со смешанным носителем для нагруженного эволюционного уравнения.

*Тема 5. Нелокальные задачи для модельных уравнений математической биологии.*

1. Нелокальные задачи для уравнения Мак Кендрика-фон Ферстера.
2. Нелокальные задачи для уравнений гиперболического типа.
3. Нелокальные задачи для линейных параболических уравнений второго порядка.
4. Модельные задачи для эллиптического и смешанного типов уравнений.

#### ***Критерии формирования оценок (оценивания) устного опроса.***

В результате устного опроса знания, обучающегося оцениваются по следующей шкале:

**4 балла**, ставится, если обучающийся:

- 1) полно излагает изученный материал, даёт правильное определенное экономических понятий;
- 2) обнаруживает понимание материала, может обосновать свои суждения, применить знания на практике, привести необходимые примеры не только по учебнику, но и самостоятельно составленные;
- 3) излагает материал последовательно и правильно с точки зрения норм литературного языка.

**3 балла**, ставится, если обучающийся даёт ответ, удовлетворяющий тем же требованиям, что и для балла «1», но допускает 1-2 ошибки, которые сам же исправляет, и 1-2 недочёта в последовательности и языковом оформлении излагаемого.

**2-1 балл**, ставится, если обучающийся обнаруживает знание и понимание основных положений данной темы, но:

- 1) излагает материал неполно и допускает неточности в определении понятий;
- 2) не умеет достаточно глубоко и доказательно обосновать свои суждения и привести свои примеры;
- 3) излагает материал непоследовательно и допускает ошибки в языковом оформлении излагаемого.

**0 баллов**, ставится, если обучающийся обнаруживает незнание большей части соответствующего раздела изучаемого материала, допускает ошибки в формулировке.

Баллы могут ставиться не только за единовременный ответ, но и за рассредоточенный во времени, т.е. за сумму ответов, данных студентом на протяжении занятия.

#### ***5.1.2. Оценочные материалы для самостоятельной работы обучающегося***

##### ***( типовые задачи) (контролируемые компетенции ПКС-4)***

Перечень типовых задач для самостоятельной работы сформирован в соответствии с тематикой практических занятий по дисциплине «Нелокальные краевые задачи для модельных уравнений математической биологии».

##### ***Задачи для самостоятельной работы по темам дисциплины (контролируемые компетенции ПКС-4):***

*Тема 1. Элементы функционального анализа, интегральных уравнений и дробного исчисления.*

1. Пусть  $X$  – линейное нормированное пространство. Доказать, что для любых элементов  $x, y \in X$  выполняется неравенство  $\|x\| \leq \max(\|x + y\|, \|x - y\|)$ .

2. Можно ли в пространстве  $C^1[a, b]$  принять за норму элемента  $x(t)$ :

а)  $\max_{t \in [a, b]} |x(t)|$ ;

б)  $\max_{t \in [a, b]} |x'(t)|$ .

3. Будет ли множество всех многочленов в пространстве  $C[a, b]$

а) открытым;

б) замкнутым?

4. Доказать, что всякое конечномерное линейное многообразие в линейном нормированном пространстве есть подпространство.

5. Решить интегральные уравнения методом последовательных приближений:

а)  $y(x) = \frac{1}{2} \int_0^1 e^{x-t} y(t) dt + e^x$ ;

б)  $y(x) = \int_0^x y(t) dt + \frac{x^2}{2}$ .

6. С помощью резольвенты найти решение интегрального уравнения при указанном значении  $\lambda$  и проверить его прямой подстановкой:

а)  $y(x) = \lambda \int_0^1 e^{x-t} y(t) dt + e^x$ ,  $\lambda = 2$ ;

б)

$y(x) = \lambda \int_0^{\pi/2} x \sin ty(t) dt + \sin x$ ,  $\lambda = 4$ .

7. Решить или установить неразрешимость интегральных уравнений с вырожденным ядром:

а)  $y(x) = \int_0^\pi \operatorname{tg} x \cos t y(t) dt + \cos x$ ;

б)  $y(x) = \int_1^x \frac{2t}{x^2} y(t) dt + x^2$ .

8. Найти собственные значения и собственные функции следующих интегральных уравнений:

а)  $y(x) = \lambda \int_0^1 (1 + 2x) y(t) dt$ ;

б)  $y(x) = \lambda \int_0^\pi \cos x \cos t y(t) dt$ .

9. Решить уравнения Вольтерра, сведя их к обыкновенным дифференциальным уравнениям:

а)  $y(x) = \int_0^x \frac{t}{t+1} y(t) dt + e^x$ ;

б)  $y(x) = \int_0^x (x-t) y(t) dt + 2 \sinh x$ .

10. Вычислить:  $D_{0x}^{1/2} x^{1/4} D_{0x}^{-1/4} g(x)$ .

*Методические рекомендации по решению задач*

При решении задач необходимо внимательно ознакомиться с контентом по соответствующему вопросу темы «Элементы функционального анализа, интегральных уравнений и дробного исчисления». Основная цель сформировать навыки решения задач по элементам функционального анализа, интегральных уравнений и дробного исчисления.

*Тема 2. Нагруженные уравнения и системы.*

1. Решить системы дифференциальных уравнений:

1)  $\begin{cases} \frac{dx}{dt} = 2x + y, & x(0) = 1, \\ \frac{dy}{dt} = x + 2y, & y(0) = -1; \end{cases}$

2)  $\begin{cases} \frac{dx}{dt} = 2x - y, & x(0) = -1, \\ \frac{dy}{dt} = -x + 2y, & y(0) = 3; \end{cases}$

$$3) \begin{cases} \frac{dx}{dt} = x^2 + y^2, \\ \frac{dy}{dt} = 2xy; \end{cases}$$

$$4) \begin{cases} \frac{dx}{dt} = \frac{x}{y}, \\ \frac{dy}{dt} = \frac{y}{x}, \end{cases}$$

$$4) \begin{cases} \frac{dx}{dt} = -\frac{1}{y}, \\ \frac{dy}{dt} = \frac{1}{x}; \end{cases}$$

$$5) \begin{cases} \frac{dx}{dt} = \frac{y}{x-y}, \\ \frac{dy}{dt} = \frac{x}{x-y}. \end{cases}$$

2. Найти общее решение уравнения:

$$z \frac{\partial z}{\partial x} + xz \frac{\partial z}{\partial y} = y.$$

3. Решить следующие задачи Коши:

$$1) xy \frac{\partial z}{\partial x} + xz \frac{\partial z}{\partial y} = yz, \quad z = 1 + y^2 \text{ при } x = 1;$$

$$2) \frac{\partial z}{\partial x} + (z - x^2) \frac{\partial z}{\partial y} = 2x, \quad z = x^2 + x \text{ при } y = 2x^2;$$

$$3) y \frac{\partial z}{\partial x} + xz \frac{\partial z}{\partial y} = yz, \quad z = -y^2 \text{ при } x = 0;$$

$$4) xy \frac{\partial z}{\partial x} + yz \frac{\partial z}{\partial y} = x^3 + y, \quad z = 4y^3 \text{ при } x = 3y^2;$$

$$5) y^2 \frac{\partial z}{\partial x} + xy \frac{\partial z}{\partial y} = x^3 z, \quad z = e^{y^2/2} \text{ при } x = 2y;$$

*Методические рекомендации по решению задач*

При решении задач необходимо внимательно ознакомиться с контентом по соответствующему вопросу темы «Нагруженные уравнения и системы». Основная цель сформировать навыки решения задач по нагруженным уравнениям и системам.

*Тема 3. Локальные и нелокальные задачи для дифференциальных уравнений.*

1. Решить следующие задачи Коши в тех случаях, когда решение существует:

$$1) x \frac{\partial z}{\partial x} + y \frac{\partial z}{\partial y} = x + y + z, \quad z = x + y \text{ при } y = x + 1;$$

$$2) \frac{\partial z}{\partial x} + 2 \frac{\partial z}{\partial y} = 5, \quad z = 0 \text{ при } y = kx;$$

$$3) \frac{\partial z}{\partial x} + 3 \frac{\partial z}{\partial y} = 2, \quad z = y^2 \text{ при } x = 1;$$

$$4) \frac{\partial z}{\partial x} + 3 \frac{\partial z}{\partial y} = 2, \quad z = 2x \text{ при } y = 3x;$$

$$5) 2 \frac{\partial z}{\partial x} - \frac{\partial z}{\partial y} = 2, \quad z = 2ay \text{ при } x = (a^2 + a - 2)y.$$

2. Найти общее решение следующих уравнений:

$$1) \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + 4 \frac{\partial^2 u}{\partial x \partial y} - 5 \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} + \frac{\partial u}{\partial x} - \frac{\partial u}{\partial y} = 0;$$

$$2) \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} - \sin x \frac{\partial^2 u}{\partial x \partial y} + (\sin x - \operatorname{ctgx}) \frac{\partial u}{\partial x} = 0;$$

- 3)  $4x \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} - y \frac{\partial^2 u}{\partial x \partial y} + 7 \frac{\partial u}{\partial x} = 0;$
- 4)  $\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} - 4x \frac{\partial^2 u}{\partial x \partial y} + 4x^2 \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} - \frac{\partial u}{\partial x} + 2(x-1) \frac{\partial u}{\partial y} = 0;$
- 5)  $x \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} - y \frac{\partial^2 u}{\partial x \partial y} + 2 \frac{\partial u}{\partial x} = 0.$

*Методические рекомендации по решению задач*

При решении задач необходимо внимательно ознакомиться с контентом по соответствующему вопросу темы «Локальные и нелокальные задачи для дифференциальных уравнений». Основная цель сформировать навыки решения задач по локальным и нелокальным задачам для дифференциальных уравнений.

*Тема 4. Задачи для модельных уравнений математической биологии.*

1. Найти общее решение следующих уравнений:

- 1)  $2x \frac{\partial^2 u}{\partial x \partial y} - y \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} - 3 \frac{\partial u}{\partial y} = 0;$
- 2)  $\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} - 4x \frac{\partial^2 u}{\partial x \partial y} + 4x^2 \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} - \frac{1}{x} \frac{\partial u}{\partial x} = 0.$

2. В следующих задачах требуется найти решения указанных уравнений при задаваемых начальных условиях:

- 1)  $3 \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + 5 \frac{\partial^2 u}{\partial x \partial y} - 2 \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} + 7 \left( \frac{\partial u}{\partial x} + 2 \frac{\partial u}{\partial y} \right) = 0, \quad u|_{x=0} = 1, \quad \frac{\partial u}{\partial x}|_{x=0} = 3y;$
- 2)  $5 \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + 6 \frac{\partial^2 u}{\partial x \partial y} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} + \frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial u}{\partial y} = 0, \quad u|_{x=0} = 2y, \quad \frac{\partial u}{\partial x}|_{x=0} = 5y;$
- 3)  $3 \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + 2 \frac{\partial^2 u}{\partial x \partial y} - \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} + \frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial u}{\partial y} = 0, \quad u|_{x=0} = 2y, \quad \frac{\partial u}{\partial x}|_{x=0} = 4y;$
- 4)  $\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} - 6 \frac{\partial^2 u}{\partial x \partial y} + 8 \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} + \frac{\partial u}{\partial x} - \frac{\partial u}{\partial y} = 0, \quad u|_{y=0} = 2x, \quad \frac{\partial u}{\partial y}|_{y=0} = 3x + 1.$

*Методические рекомендации по решению задач*

При решении задач необходимо внимательно ознакомиться с контентом по соответствующему вопросу темы «Задачи для модельных уравнений математической биологии». Основная цель сформировать навыки решения задач для модельных уравнений математической биологии.

*Тема 5. Нелокальные задачи для модельных уравнений математической биологии.*

1. В круге  $0 \leq r < R$  найти решение  $u = u(r, t)$  задачи

$$\frac{\partial u}{\partial t} = a^2 \left( \frac{\partial^2 u}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial u}{\partial r} \right) - h^2 u, \quad h > 0,$$

$$|u(0, t)| < \infty, \quad u(R, t) = T, \quad u(r, 0) = T.$$

2. В следующих задачах найти решения заданных уравнений по заданным значениям  $\varphi(x), \psi(x)$  искомых решений на дугах пары независимых характеристик:

- 1)  $\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} = \frac{\partial^2 u}{\partial y^2}, \quad u(x, y) = \varphi(x) \text{ на } y + x = 0, \quad u(x, y) = \psi(x) \text{ на } y - x = 0, \quad \varphi(0) = \psi(0);$
- 2)  $\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + 6 \frac{\partial^2 u}{\partial x \partial y} + 5 \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} = 0, \quad u(x, y) = \varphi(x) \text{ на } y - x = 0, \quad u(x, y) = \psi(x) \text{ на } y + x = 0;$

$$5x - y = 0, \varphi(0) = \psi(0);$$

$$3) \quad \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + 6 \frac{\partial^2 u}{\partial x \partial y} + 5 \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} = 0, \quad u(x, y) = \varphi(x) \quad \text{на} \quad y = 5x + 3, \quad u(x, y) = \psi(x) \quad \text{на} \\ y = x - 1, \varphi(-1) = \psi(-1);$$

$$4) \quad \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} - 6 \frac{\partial^2 u}{\partial x \partial y} + 8 \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} = 0, \quad u(x, y) = \varphi(x) \quad \text{на} \quad y + 4x = 0, \quad u(x, y) = \psi(x) \quad \text{на} \\ y + 2x + 2 = 0, \varphi(1) = \psi(1).$$

3. В полосе  $0 < x < l, t > 0$  решить следующие начально-краевые задачи со стационарной неоднородностью,  $\alpha, \beta, A, v_0$  и т.д. – постоянные:

$$1) \quad \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = a^2 \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} + A \sin \frac{3\pi x}{l}, \quad u(0, t) = 0, u(l, t) = 0, u(x, 0) = 0, \frac{\partial u}{\partial t}(x, 0) = 0;$$

$$2) \quad \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = a^2 \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} + A \cos \frac{5\pi x}{2l}, \quad u(0, t) = 0, u(l, t) = 0, u(x, 0) = 0, \frac{\partial u}{\partial t}(x, 0) = 0;$$

$$3) \quad \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = a^2 \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} + A \sin \frac{5\pi x}{2l}, \quad u(0, t) = 0, \frac{\partial u}{\partial x}(l, t) = 0, u(x, 0) = 0, \frac{\partial u}{\partial t}(x, 0) = 0;$$

*Методические рекомендации по решению задач*

При решении задач необходимо внимательно ознакомиться с контентом по соответствующему вопросу темы «Нелокальные задачи для модельных уравнений математической биологии». Основная цель сформировать навыки решения задач для модельных уравнений математической биологии.

**Критерии формирования оценок по заданиям для самостоятельной работы студента (типовые задачи):**

«отлично» (4 балла) - обучающийся показал глубокие знания материала по поставленным вопросам, грамотно, логично его излагает, структурировал и детализировал информацию, избегая простого повторения информации из текста, информация представлена в переработанном виде. Свободно использует необходимые формулы при решении задач;

«хорошо» (3 балла) - обучающийся твердо знает материал, грамотно его излагает, не допускает существенных неточностей в процессе решения задач;

«удовлетворительно» (2 балла) - обучающийся имеет знания основного материала по поставленным вопросам, но не усвоил его деталей, допускает отдельные неточности при решении задач;

«неудовлетворительно» (менее 1 балла) – обучающийся допускает грубые ошибки в ответе на поставленные вопросы и при решении задач.

## 5.2. Оценочные материалы для рубежного контроля

Рубежный контроль осуществляется по более или менее самостоятельным разделам – учебным модулям курса и проводится по окончании изучения материала модуля в заранее установленное время. Рубежный контроль проводится с целью определения качества усвоения материала учебного модуля в целом. В течение семестра проводится **три таких контрольных мероприятия по графику.**

В качестве форм рубежного контроля можно использовать тестирование (письменное или компьютерное), проведение коллоквиума или контрольных работ. Выполняемые работы должны храниться на кафедре в течение учебного года и по требованию предоставляться в Управление контроля качества. На рубежные контрольные мероприятия рекомендуется выносить весь программный материал (все разделы) по дисциплине.

### 5.2.1. Оценочные материалы для контрольной работы (контролируемые компетенции ПКС-4)

**Контрольная работа** – письменная работа небольшого объема, предполагающая проверку знаний заданного к изучению материала и навыков его практического применения. Проводится три раза в течение изучения дисциплины (семестр) в часы аудиторной работы. Не менее чем за 1 неделю до контрольной работы, преподаватель должен определить студентам исходные данные для подготовки: назвать разделы (темы, вопросы), по которым будут контрольные задания, теоретические источники (с точным указанием разделов, тем, статей) для подготовки.

Контрольные работы могут состоять из одного или нескольких заданий практического содержания. При выполнении контрольной работы пользоваться конспектами лекций, учебниками, задачками не разрешено. Длительность решения контрольных заданий составляет не более 90 минут.

#### Образцы контрольных заданий:

##### Контрольная работа №1

1. Можно ли в пространстве  $C^1[a, b]$  принять за норму элемента  $x(t)$  :

$$|x(b) - x(a)| + \max_{t \in [a, b]} |x'(t)|.$$

2. Решить интегральные уравнения методом последовательных приближений:

а)  $y(x) = \frac{1}{2} \int_0^1 e^{x-t} y(t) dt + e^x$  ;                      б)  $y(x) = \int_e^x \frac{2}{t \ln x} y(t) dt + 1$  .

##### Контрольная работа №2

1. Решить систему дифференциальных уравнений:

$$\begin{cases} \frac{dx}{dt} = \sin x \cos y, \\ \frac{dy}{dt} = \cos x \sin y. \end{cases}$$

2. Какому условию должна удовлетворять функция  $\varphi(x) \in C^1$  для того, чтобы задача Коши

$$y \frac{\partial z}{\partial x} - x \frac{\partial z}{\partial y} = 0, \quad z = \varphi(x) \text{ при } y = 0, \quad -\infty < x < \infty,$$

имела решение на всей плоскости  $x, y$  ?

##### Контрольная работа №3

1. Проинтегрировать следующее уравнение:

$$(x + \sin x + \sin y)dx + \cos y dy = 0.$$

2. Имеют ли решения в окрестности точки (1,1) следующие задачи Коши для уравнения

$$(x^3 - 3xy^2) \frac{\partial z}{\partial x} + (3x^2 y - y^3) \frac{\partial z}{\partial y} = 0$$

а)  $z = \sin y$  при  $x^2 + y^2 = 2$  ;

б)  $z = \sin y$  при  $x = 1$  ?

##### Контрольная работа №4

1. Найти решение модели экологического взаимодействия «хищник-жертва»

$$\begin{cases} u_1' = u_1(\mu_1 - \gamma \cdot u_2), \\ u_2' = -u_2(\mu_2 - \beta \cdot u_1) \end{cases}$$

2. Найти общее решение дифференциального уравнения, описывающего динамику концентрации живых клеток

$$u' = f(t) - b(t)u - c(t)u^\alpha, \quad u = u(t).$$

### Контрольная работа №5

Найти решения задач:

$$1) \frac{\partial u}{\partial t} = \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + u + e^{-x} \cos x, \quad 0 < x, t < \infty, \quad u(0, t) = \frac{\partial u(0, t)}{\partial x} = 0.$$

$$2) x \frac{\partial z}{\partial x} + z \frac{\partial z}{\partial y} = z + 2x^2, \quad z = x \text{ при } y = 1/4 - x^2.$$

### Контрольная работа №6

Найти регулярное в области  $\Omega = \{(x, t): 0 < x < l, 0 < t < T\}$  решение  $u = u(x, t)$  уравнения

$$u_x + u_t + c(x, t)u = 0,$$

удовлетворяющим условиям:

$$u(0, t) = \int_0^l k(x, t)u(x, t)dx, \quad 0 \leq t \leq T,$$

$$u(x, 0) = \tau(x), \quad 0 \leq x \leq l.$$

#### **Критерии формирования оценок по контрольным работам:**

**7 баллов** - ставится за работу, выполненную полностью без ошибок и недочетов; обучающийся демонстрирует знание теоретического и практического материала по теме практической работы, решено 100% задач;

**6 баллов** – ставится за работу, выполненную полностью, но при наличии в ней не более одной негрубой ошибки и одного недочета, не более трех недочетов. Обучающийся демонстрирует знание теоретического и практического материала по теме практической работы, допуская незначительные неточности при решении задач, решено 70% задач;

**5 баллов** – ставится за работу, если бакалавр правильно выполнил не менее 2/3 всей работы или допустил не более одной грубой ошибки и двух недочетов, не более одной грубой и одной негрубой ошибки, не более трех негрубых ошибок, одной негрубой. Обучающийся затрудняется с правильной оценкой предложенной задачи, дает неполный ответ, решено 55% задач

менее **4 баллов** – ставится за работу, если число ошибок и недочетов превысило норму для оценки 3 или правильно выполнено менее 2/3 всей работы. Обучающийся дает неверную оценку ситуации, решено менее 50 % задач.

#### **5.2.2. Оценочные материалы: типовые тестовые задания по дисциплине «Нелокальные краевые задачи для модельных уравнений математической биологии» (контролируемые компетенции ПКС-4).**

**Тест** – система стандартизированных заданий, позволяющая автоматизировать процедуру измерения уровня знаний и умений студента. Решение заданий в тестовой форме проводится три раза в течение семестра на платформе <http://open.kbsu.ru/moodle/>. Не менее чем за 1 неделю до тестирования, преподаватель должен определить студентам исходные данные для подготовки к тестированию: назвать разделы (темы, вопросы), по которым будут задания в тестовой форме, теоретические источники (с точным указанием разделов, тем, статей) для подготовки.



Оценка результатов тестирования производится компьютерной программой, результат выдается немедленно по окончании теста. Максимальный балл за решение заданий в тестовой форме – 5 баллов. До окончания теста студент может еще раз просмотреть все свои ответы на задания и при необходимости внести коррективы.

Полный перечень тестовых заданий представлен в ЭОИС – <http://open.kbsu.ru/moodle/course/search.php?search=%D0%BD%D0%B5%D0%BB%D0%BE%D0%BA%D0%B0%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D1%8B%D0%B5>

### **Образцы тестовых заданий**

1. Функция вида

$$G(\xi, \eta; x, t) = \frac{\pi^{-1/2}}{2} (t - \eta)^{-1/2} \sum_{n=-\infty}^{+\infty} \left[ \exp \left\{ -\frac{(x - \xi + 2n)^2}{4(t - \eta)} \right\} - \exp \left\{ -\frac{(x + \xi + 2n)^2}{4(t - \eta)} \right\} \right] \text{ является...}$$

- : функцией Пуассона;
- : функцией Римана;
- +: функцией Грина;
- : функцией Бесселя.

2. Уравнение вида  $u_{xx} - \operatorname{sgn} x(1-x) \cdot u_t = f(x, t)$  является...

- : уравнением смешанно-гиперболического типа;
- : уравнением параболического типа;
- +: уравнением смешанно-параболического типа;
- : уравнением смешанно-эллиптического типа.

3. Уравнением диффузии дробного порядка является...

- :  $u_{xx} - D_{0t}^2 u = f(x, t)$
- +:  $u_{xx} - D_{0t}^{1/3} u = f(x, t)$
- :  $u_{xx} - D_{0t}^0 u_t = f(x, t)$
- :  $u_{xx} - D_{0t}^\alpha u_x = f(x, t)$

### **5.3. Оценочные материалы для промежуточной аттестации**

Целью промежуточных аттестаций по дисциплине является оценка качества освоения дисциплины обучающимися.

Промежуточная аттестация предназначена для объективного подтверждения и оценивания достигнутых результатов обучения после завершения изучения дисциплины. Осуществляется в конце семестра и представляет собой итоговую оценку знаний по дисциплине «Нелокальные краевые задачи для модельных уравнений математической биологии» в виде проведения экзамена (7 семестр). На промежуточную аттестацию отводится до 30 баллов.

#### **Полный перечень вопросов, выносимых на экзамен (контролируемые компетенции ПКС-4):**

1. Элементы дробного исчисления.
2. Понятия локальных и нелокальных операторов
3. Понятие нагруженного уравнения.
4. Понятие нагруженных дифференциальных уравнений и их классификация.
5. Нагруженные интегральные уравнения и их классификация.
6. Определение и классификация непрерывных дифференциальных уравнений.
7. Важнейшие модельные уравнения математической биологии и их связь с уравнениями синергетики.

8. Основные локальные краевые задачи для уравнений эллиптического, параболического и смешанного типов второго порядка.
9. Определение и классификация нелокальных задач.
10. Понятие корректности постановки локальных и нелокальных задач.
11. Задача Коши для уравнения Бернулли-Ферхюльста и обобщенного уравнения мультипликативного роста.
12. Формула Даламбера и задача Коши для одномерного волнового уравнения Задачи Гурса и Дарбу для одномерного волнового уравнения.
13. Теорема о среднем значений задачи Гурса и Дарбу для одномерного волнового уравнения.
14. Задача Коши и теорема о среднем значений для трехмерного волнового уравнения.
15. Задача Коши для уравнения Мак Кендрика-фон Фёрстера.
16. Задача Коши со смешанным носителем для нагруженного эволюционного уравнения.
17. Нелокальные задачи для уравнения Мак Кендрика-фон Фёрстера.
18. Задача Гурса для нагруженного уравнения второго порядка.
19. Нелокальные задачи для уравнения с волновым оператором в главной части.
20. Задача Гурса для уравнения Аллера.
21. Первая краевая задача для эволюционного уравнения и ее нелокальное обобщение.
22. Задача Торнли.
23. Необходимые нелокальные условия для уравнения Фурье и сведение задачи Самарского к первой краевой задаче.
24. Внутреннекраевая задача с нелокальным смещением для системы уравнений половозрастной структуры популяции.
25. Принцип экстремума для эллиптического уравнения. Единственность решения задачи Дирихле и задачи Бицадзе – Самарского.
26. Принцип экстремума для уравнения смешанного типа и единственность решения задачи Трикоми.
27. Критерий единственности решения задачи Дирихле для уравнения смешанного типа в цилиндрической области.

**Критерии формирования оценок по промежуточной аттестации.** Уровень знаний определяется оценками «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

1. Оценка «отлично» (91-100 баллов) - студент показывает полные и глубокие знания программного материала, логично и аргументировано отвечает на поставленный вопрос, а также дополнительные вопросы, показывает высокий уровень теоретических знаний.

2. Оценка «хорошо» (81-90 баллов) - студент показывает глубокие знания программного материала, грамотно его излагает, достаточно полно отвечает на поставленный вопрос и дополнительные вопросы, умело формулирует выводы. В тоже время при ответе допускает несущественные погрешности.

3. Оценка «удовлетворительно» (61-80 баллов) - студент показывает достаточные, но не глубокие знания программного материала; при ответе не допускает грубых ошибок или противоречий, однако в формулировании ответа отсутствует должная связь между анализом, аргументацией и выводами. Для получения правильного ответа требуется уточняющие вопросы.

4. Оценки «неудовлетворительно» (36-60 баллов) - студент показывает недостаточные знания программного материала, не способен аргументированно и последовательно его излагать, допускаются грубые ошибки в ответах, неправильно отвечает на поставленный вопрос или затрудняется с ответом.

## 6. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности

Максимальная сумма (100 баллов), набираемая студентом по дисциплине включает две составляющие:

– первая составляющая – оценка регулярности, своевременности и качества выполнения студентом учебной работы по изучению дисциплины в течение периода изучения дисциплины (семестра, или нескольких семестров) (сумма – не более 70 баллов). Баллы, характеризующие успеваемость студента по дисциплине, набираются им в течение всего периода обучения за изучение отдельных тем и выполнение отдельных видов работ.

– вторая составляющая – оценка знаний студента по результатам промежуточной аттестации (не более 30 –баллов).

Критерием оценки уровня сформированности компетенций в рамках учебной дисциплины «Нелокальные краевые задачи для модельных уравнений математической биологии» является экзамен (7 семестр). Общий балл текущего и рубежного контроля складывается из составляющих, приведенных в Приложении 1.

Целью промежуточных аттестаций по дисциплине является оценка качества освоения дисциплины обучающимися. Критерии оценки качества освоения дисциплины прилагается (Приложение 2).

Типовые задания, обеспечивающие формирование компетенций ПКС-4 представлены в таблице 1.

*Таблица 1. Результаты освоения учебной дисциплины, подлежащие проверке*

Результаты обучения (компетенции)	Индикаторы достижения компетенции	Основные показатели оценки результатов обучения	Вид оценочного материала, обеспечивающие формирование компетенций
<b>ПКС-4-</b> способен активно участвовать в исследовании новых математических моделей в естественных науках.	<b>ПКС-4.1.</b> Способен решать актуальные и значимые задачи фундаментальной и прикладной математики.	<b>Знает</b> формулировки утверждений и методы их доказательства  <b>Умеет</b> проводить доказательства математических утверждений  <b>Владеет</b> аппаратом профильных предметных областей, методами доказательства утверждений	Типовые оценочные материалы для устного опроса (раздел 5.1.1, №№1-5 и т.д.), типовые тестовые задания (раздел 5.2.2, №№1-8 и т.д.), типовые оценочные материалы к зачету и экзамену (раздел 5.3, №№1-6 и т.д.)

	<p><b>ПКС-4.2.</b> Способен применять методы математического моделирования в естественных науках.</p>	<p><b>Знает</b> основные методы математического моделирования в естественных науках.</p> <p><b>Умеет</b> применять методы математического моделирования в естественных науках.</p> <p><b>Владеет</b> способами математического моделирования.</p>	<p>Типовые оценочные материалы для устного опроса (раздел 5.1.1, №№1-5 и т.д.), типовые тестовые задания (раздел 5.2.2, №№1-6 и т.д.), типовые оценочные материалы к зачету и экзамену (раздел 5.3, №№1-4 и т.д.)</p>
--	---	---	---

Таким образом, выполнение типовых заданий, представленных в разделе 5 «Оценочные материалы для текущего и рубежного контроля успеваемости и промежуточной аттестации» позволит обеспечить:

- способен активно участвовать в исследовании новых математических моделей в естественных науках (ПКС-4).

## 7. Учебно-методическое обеспечение дисциплины

### 7.1. Нормативно-законодательные акты

1. Федеральный закон "Об образовании в Российской Федерации" от 29.12.2012 N 273-ФЗ (последняя редакция). - [Электронный ресурс]. – Режим доступа: Консультант Плюс: URL: <http://consultant.ru/>

2. Приказ Минобрнауки России от 10.01.2018 N8 "Об утверждении федерального государственного образовательного стандарта высшего образования - бакалавриат по направлению подготовки 01.03.01 Математика (Зарегистрировано в Минюсте России 6.02.2018 N49941) – Режим доступа: URL: [https://fgosvo.ru/uploadfiles/FGOS%20VO%203++/Bak/010301\\_B\\_3\\_15062021.pdf](https://fgosvo.ru/uploadfiles/FGOS%20VO%203++/Bak/010301_B_3_15062021.pdf)

### 7.2. Основная литература

1. Кудряшов, Н. А. Аналитическая теория нелинейных дифференциальных уравнений / Н. А. Кудряшов. — 2-е изд. — Москва, Ижевск : Институт компьютерных исследований, 2019. — 360 с. — ISBN 978-5-4344-0673-4. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/91910.html>
2. Нахушев А.М. Уравнения математической биологии. – М. Высшая школа, 1995. – 301 с. (17 экз.)
3. Ризниченко, Г. Ю. Лекции по математическим моделям в биологии. Ч.1 / Г. Ю. Ризниченко. — Ижевск : Регулярная и хаотическая динамика, Институт компьютерных исследований, 2019. — 230 с. — ISBN 978-5-4344-0801-1. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/92043.html>
4. Ризниченко, Г. Ю. Математические модели в биофизике и экологии / Г. Ю. Ризниченко. — Москва, Ижевск : Институт компьютерных исследований, 2019. — 184 с. — ISBN 978-5-4344-0734-2. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/91957.html>

### 7.3. Дополнительная литература

1. Братусь А. С., Новожилов А. С., Платонов А. П. Динамические системы и модели биологии: [Электронный ресурс] – М.: Физматлит, 2010. – 400 с. – Режим доступа: [https://books.google.ru/books?id=gqIODAAAQBAJ&printsec=frontcover&hl=ru&source=gb\\_s\\_ge\\_summary\\_r&cad=0#v=onepage&q&f=false](https://books.google.ru/books?id=gqIODAAAQBAJ&printsec=frontcover&hl=ru&source=gb_s_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false)
2. Новиков, Д. А. Математические модели формирования и функционирования команд : монография / Д. А. Новиков. — Москва : Издательство физико-математической литературы, 2008. — 186 с. — ISBN 9785-94052-146-0. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/8493.html>
3. Решетняк, Е. П. Идентификация математических моделей систем управления химико-технологическими процессами с измерением производных / Е. П. Решетняк, А. В. Комиссаров, И. В. Харина. — Саратов : Саратовский военный институт биологической и химической безопасности, Вузовское образование, 2008. — 8 с. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/8159.html>
4. Столярова, З. Ф. Распознавание типов и методы решения дифференциальных уравнений первого порядка : методические указания / З. Ф. Столярова ; под редакцией А. Г. Станевский. — Москва : Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана, 2011. — 56 с. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <https://www.iprbookshop.ru/31209.html>

### 7.4. Периодические издания

1. Вестник МГУ Серия 1. Математика. Механика.
2. Дифференциальные уравнения
3. Доклады РАН
4. Журнал вычислительной математики и математической физики
5. Известия вузов. Северо-Кавказский регион. Естественные науки
6. Успехи математических наук

### 7.5. Интернет-ресурсы

При изучении дисциплины «Нелокальные краевые задачи для модельных уравнений математической биологии» обучающиеся обеспечены доступом (удаленный доступ) к ресурсам:

– **общие информационные, справочные и поисковые:**

1. Справочная правовая система «Гарант». URL: <http://www.garant.ru>

2. Справочно-информационная система «Консультант Плюс». URL: <http://www.consultant.ru/>

№п/п	Наименование электронного ресурса	Краткая характеристика	Адрес сайта	Наименование организации-владельца; реквизиты договора	Условия доступа
1.	Научная электронная библиотека (НЭБ РФФИ)	Электр. библиотека научных публикаций - около 4000 иностранных и	<a href="http://elibrary.ru">http://elibrary.ru</a>	ООО «НЭБ»	Полный доступ

		3900 отечественных научных журналов, рефераты публикаций 20 тыс. журналов, а также описания 1,5 млн. зарубежных и российских диссертаций; 2800 росс. журналов на безвозмездной основе			
2.	<b>База данных Science Index (РИНЦ)</b>	Национальная информационно-аналитическая система, аккумулирующая более 6 миллионов публикаций российских авторов, а также информацию об их цитировании из более 4500 российских журналов.	<a href="http://elibrary.ru">http://elibrary.ru</a>	ООО «НЭБ» Лицензионный договор Science Index №SIO-741/2022 от 19.07.2022 г. Активен до 31.07.2023г.	Авторизованный доступ. Позволяет дополнять и уточнять сведения о публикациях ученых КБГУ, имеющихся в РИНЦ
3.	<b>ЭБС «Консультант студента»</b>	13800 изданий по всем областям знаний, включает более чем 12000 учебников и учебных пособий для ВО и СПО, 864 наименований журналов и 917 монографий.	<a href="http://www.studmedlib.ru">http://www.studmedlib.ru</a> <a href="http://www.medcollege.ru">http://www.medcollege.ru</a>	ООО «Политехресурс» (г. Москва) Договор №310СЛ/08-2021 От 30.09.2021 г. Активен до 30.09.2022г.	Полный доступ (регистрация по IP-адресам КБГУ)
4.	<b>«Электронная библиотека</b>	Коллекция «Медицина (ВО) ГЭОТАР-	<a href="http://www.studmedlib.ru">http://www.studmedlib.ru</a>	ООО «Политехресурс»	Полный доступ (регистрация

	<b>технического вуза» (ЭБС «Консультант студента»)</b>	Медиа. Books in English (книги на английском языке)»		(г. Москва) Договор №701КС/02-2022 от 13.04.2022 г. Активен до 19.04.2022г.	по IP-адресам КБГУ)
5.	<b>ЭБС «Лань»</b>	Электронные версии книг ведущих издательств учебной и научной литературы (в том числе университетских издательств), так и электронные версии периодических изданий по различным областям знаний.	<a href="https://e.lanbook.com/">https://e.lanbook.com/</a>	ООО «ЭБС ЛАНЬ» (г. Санкт-Петербург) Договор №6ЕП/223 от 15.02.2022 г. Активен до 28.02.2023г.	Полный доступ (регистрация по IP-адресам КБГУ)
6.	<b>Национальная электронная библиотека РГБ</b>	Объединенный электронный каталог фондов российских библиотек, содержащий 4 331 542 электронных документов образовательного и научного характера по различным отраслям знаний	<a href="https://нэб.рф">https://нэб.рф</a>	ФГБУ «Российская государственная библиотека» Договор №101/НЭБ/1666-п от 10.09.2020г. Сроком на 5 лет	Доступ с электронного читального зала библиотеки КБГУ
7.	<b>ЭБС «IPRbooks»</b>	107831 публикаций, в т.ч.: 19071 – учебных изданий, 6746 – научных изданий, 700 коллекций, 343 журнала ВАК,	<a href="http://iprbookshop.ru/">http://iprbookshop.ru/</a>	ООО «Ай Пи Эр Медиа» (г. Саратов) Договор №9200/22П от 08.04.2022 г. Активен до 02.04.2023г.	Полный доступ (регистрация по IP-адресам КБГУ)

		2085 аудиоизданий.			
8.	<b>ЭБС «Юрайт» для СПО</b>	Электронные версии учебной и научной литературы издательств «Юрайт» для СПО и электронные версии периодических изданий по различным областям знаний.	<a href="https://www.biblio-online.ru/">https://www.biblio-online.ru/</a>	ООО «Электронное издательство ЮРАЙТ» (г. Москва) Договор №192/ЕП-223 От 29.10.2021 г. Активен до 31.10.2022 г.	Полный доступ (регистрация по IP-адресам КБГУ)
9.	<b>Polpred.com. Новости. Обзор СМИ. Россия и зарубежье</b>	Обзор СМИ России и зарубежья. Полные тексты + аналитика из 600 изданий по 53 отраслям	<a href="http://polpred.com">http://polpred.com</a>	ООО «Полпред справочники» Безвозмездно (без официального договора)	Доступ по IP-адресам КБГУ
10.	<b>Президентская библиотека им. Б.Н. Ельцина</b>	Более 500 000 электронных документов по истории Отечества, российской государственности, русскому языку и праву	<a href="http://www.prilib.ru">http://www.prilib.ru</a>	ФГБУ «Президентская библиотека им. Б.Н. Ельцина» (г. Санкт-Петербург) Соглашение от 15.11.2016г. бессрочный	Авторизованный доступ из библиотеки (ауд. №115,214)

Для эффективного усвоения дисциплины, помимо учебного материала, студентам необходимо пользоваться данными всемирной сети Интернет, такими сайтами, как:

1. Библиотека КБГУ. URL: <http://lib.kbsu.ru>
2. Свободная энциклопедия «Википедия». URL: <https://ru.wikipedia.org/>
3. Служба тематических толковых словарей. URL: <http://glossary.ru/>
4. Электронно-библиотечная система «Консультант студента». URL: <http://www.studentlibrary.ru/>

#### **7.6. Методические указания по проведению различных учебных занятий, к курсовому проектированию и другим видам самостоятельной работы**

##### ***Методические рекомендации по изучению дисциплины «Нелокальные краевые задачи для модельных уравнений математической биологии» для обучающихся***

Основными целями дисциплины являются:

- изучение новых задач для модельных уравнений математической биологии;



- знакомство с новыми методами, используемыми для доказательства единственности и существования решений рассматриваемых задач;
- закрепление на практике необходимых навыков работы с новыми методами.

Приступая к изучению дисциплины, обучающемуся необходимо ознакомиться с тематическим планом занятий, списком рекомендованной учебной литературы. Следует уяснить последовательность выполнения индивидуальных учебных заданий, занести в свою рабочую тетрадь темы и сроки проведения семинаров, написания учебных и творческих работ. При изучении дисциплины обучающиеся выполняют следующие задания: изучают рекомендованную учебную и научную литературу; пишут контрольные работы, выполняют самостоятельные творческие работы, участвуют в выполнении практических заданий. Уровень и глубина усвоения дисциплины зависят от активной и систематической работы на лекциях, изучения рекомендованной литературы, выполнения контрольных письменных заданий.

Курс изучается на лекциях, семинарах, при самостоятельной и индивидуальной работе обучающихся. Обучающийся для полного освоения материала должен не пропускать занятия и активно участвовать в учебном процессе. Для максимальной эффективности изучения необходимо постоянно вести конспект лекций, знать рекомендуемую преподавателем литературу, позволяющую дополнить знания и лучше подготовиться к семинарским занятиям.

В соответствии с учебным планом на каждую тему выделено необходимое количество часов практических занятий, которые проводятся в соответствии с вопросами, рекомендованными к изучению по определенным темам. Обучающиеся должны регулярно готовиться к семинарским занятиям и участвовать в обсуждении вопросов. При подготовке к занятиям следует руководствоваться конспектом лекций и рекомендованной литературой. Тематический план дисциплины, учебно-методические материалы, а также список рекомендованной литературы приведены в рабочей программе.

### ***Методические рекомендации при работе над конспектом во время проведения лекции***

В процессе лекционных занятий целесообразно конспектировать учебный материал. Для этого используются общие и утвердившиеся в практике правила, и приемы конспектирования лекций.

Конспектирование лекций ведется в специально отведенной для этого тетради, каждый лист которой должен иметь поля, на которых делаются пометки из рекомендованной литературы, дополняющие материал прослушанной лекции, а также подчеркивающие особую важность тех или иных теоретических положений.

Целесообразно записывать тему и план лекций, рекомендуемую литературу к теме. Записи разделов лекции должны иметь заголовки, подзаголовки, красные строки. Для выделения разделов, выводов, определений, основных идей можно использовать цветные карандаши и фломастеры.

Названные в лекции ссылки на первоисточники надо пометить на полях, чтобы при самостоятельной работе найти и вписать их. В конспекте дословно записываются определения понятий, категорий и законов. Остальное должно быть записано своими словами.

Каждому студенту необходимо выработать и использовать допустимые сокращения наиболее распространенных терминов и понятий.

### ***Методические рекомендации по подготовке к практическим занятиям***

Практические (семинарские) занятия – составная часть учебного процесса, групповая форма занятий при активном участии студентов. Практические занятия способствуют углубленному изучению наиболее сложных проблем науки и служат основной формой подведения итогов самостоятельной работы обучающихся. Целью

практических занятий является углубление и закрепление теоретических знаний, полученных обучающимися на лекциях и в процессе самостоятельного изучения учебного материала, а, следовательно, формирование у них определенных умений и навыков.

В ходе подготовки к семинарскому занятию необходимо прочитать конспект лекции, изучить основную литературу, ознакомиться с дополнительной литературой, выполнить выданные преподавателем практические задания. При этом учесть рекомендации преподавателя и требования программы. Дорабатывать свой конспект лекции, делая в нем соответствующие записи из литературы.

Желательно при подготовке к практическим занятиям по дисциплине одновременно использовать несколько источников, раскрывающих заданные вопросы.

На практических занятиях обучающиеся учатся грамотно излагать проблемы, свободно высказывать свои мысли и суждения, рассматривают ситуации, способствующие развитию профессиональной компетентности. Следует иметь в виду, что подготовка к практическому занятию зависит от формы, места проведения семинара, конкретных заданий и поручений. Это может быть написание доклада, эссе, реферата (с последующим их обсуждением), коллоквиум.

### ***Методические рекомендации по организации самостоятельной работы***

Самостоятельная работа (по В.И. Далю «самостоятельный – человек, имеющий свои твердые убеждения») осуществляется при всех формах обучения: очной и заочной.

Самостоятельная работа обучающихся - способ активного, целенаправленного приобретения студентом новых для него знаний и умений без непосредственного участия в этом процесса преподавателей. Повышение роли самостоятельной работы обучающихся при проведении различных видов учебных занятий предполагает:

- оптимизацию методов обучения, внедрение в учебный процесс новых технологий обучения, повышающих производительность труда преподавателя, активное использование информационных технологий, позволяющих обучающемуся в удобное для него время осваивать учебный материал;
- широкое внедрение компьютеризированного тестирования;
- совершенствование методики проведения практик и научно-исследовательской работы обучающихся, поскольку именно эти виды учебной работы в первую очередь готовят обучающихся к самостоятельному выполнению профессиональных задач;
- модернизацию системы курсового и дипломного проектирования, которая должна повышать роль студента в подборе материала, поиске путей решения задач.

Самостоятельная работа приводит студента к получению нового знания, упорядочению и углублению имеющихся знаний, формированию у него профессиональных навыков и умений. Самостоятельная работа выполняет ряд функций:

- развивающую;
- информационно-обучающую;
- ориентирующую и стимулирующую;
- воспитывающую;
- исследовательскую.

В рамках курса выполняются следующие виды самостоятельной работы:

1. Проработка учебного материала (по конспектам, учебной и научной литературе);
2. Выполнение разноуровневых задач и заданий;
3. Работа с тестами и вопросами для самопроверки;
4. Выполнение итоговой контрольной работы.

Студентам рекомендуется с самого начала освоения курса работать с литературой и предлагаемыми заданиями в форме подготовки к очередному аудиторному занятию. При этом актуализируются имеющиеся знания, а также создается база для усвоения нового материала, возникают вопросы, ответы на которые студент получает в аудитории.

Необходимо отметить, что некоторые задания для самостоятельной работы по курсу имеют определенную специфику. При освоении курса студент может пользоваться библиотекой вуза, которая в полной мере обеспечена соответствующей литературой. Значительную помощь в подготовке к очередному занятию может оказать имеющийся в учебно-методическом комплексе краткий конспект лекций. Он же может использоваться и для закрепления полученного в аудитории материала. Самостоятельная работа студентов предусмотрена учебным планом и выполняется в обязательном порядке. Задания предложены по каждой изучаемой теме и могут готовиться индивидуально или в группе. По необходимости студент может обращаться за консультацией к преподавателю. Выполнение заданий контролируется и оценивается преподавателем.

Для успешного самостоятельного изучения материала сегодня используются различные средства обучения, среди которых особое место занимают информационные технологии разного уровня и направленности: электронные учебники и курсы лекций, базы тестовых заданий и задач. Электронный учебник представляет собой программное средство, позволяющее представить для изучения теоретический материал, организовать апробирование, тренаж и самостоятельную творческую работу, помогающее студентам и преподавателю оценить уровень знаний в определенной тематике, а также содержащее необходимую справочную информацию. Электронный учебник может интегрировать в себе возможности различных педагогических программных средств: обучающих программ, справочников, учебных баз данных, тренажеров, контролирующих программ.

Для успешной организации самостоятельной работы все активнее применяются разнообразные образовательные ресурсы в сети Интернет: системы тестирования по различным областям, виртуальные лекции, лаборатории, при этом пользователю достаточно иметь компьютер и подключение к Интернету для того, чтобы связаться с преподавателем, решать вычислительные задачи и получать знания. Использование сетей усиливает роль самостоятельной работы студента и позволяет кардинальным образом изменить методику преподавания.

Студент может получать все задания и методические указания через сервер, что дает ему возможность привести в соответствие личные возможности с необходимыми для выполнения работ трудозатратами. Студент имеет возможность выполнять работу дома или в аудитории. Большое воспитательное и образовательное значение в самостоятельном учебном труде студента имеет самоконтроль. Самоконтроль возбуждает и поддерживает внимание и интерес, повышает активность памяти и мышления, позволяет студенту своевременно обнаружить и устранить допущенные ошибки и недостатки, объективно определить уровень своих знаний, практических умений. Самое доступное и простое средство самоконтроля с применением информационно-коммуникационных технологий - это ряд тестов «on-line», которые позволяют в режиме реального времени определить свой уровень владения предметным материалом, выявить свои ошибки и получить рекомендации по самосовершенствованию.

### ***Методические рекомендации по работе с литературой***

Всю литературу можно разделить на учебники и учебные пособия, оригинальные научные монографические источники, научные публикации в периодической печати. Из них можно выделить литературу основную (рекомендуемую), дополнительную и литературу для углубленного изучения дисциплины.

Изучение дисциплины следует начинать с учебника, поскольку учебник – это книга, в которой изложены основы научных знаний по определенному предмету в соответствии с целями и задачами обучения, установленными программой.

При работе с литературой необходимо учитывать, что имеются различные виды чтения, и каждый из них используется на определенных этапах освоения материала.

*Предварительное* чтение направлено на выявление в тексте незнакомых терминов и поиск их значения в справочной литературе. В частности, при чтении указанной литературы необходимо подробнейшим образом анализировать понятия.

*Сквозное чтение* предполагает прочтение материала от начала до конца. Сквозное чтение литературы из приведенного списка дает возможность студенту сформировать свод основных понятий из изучаемой области и свободно владеть ими.

*Выборочное* – наоборот, имеет целью поиск и отбор материала. В рамках данного курса выборочное чтение, как способ освоения содержания курса, должно использоваться при подготовке к практическим занятиям по соответствующим разделам.

*Аналитическое чтение* – это критический разбор текста с последующим его конспектированием. Освоение указанных понятий будет наиболее эффективным в том случае, если при чтении текстов студент будет задавать к этим текстам вопросы. Часть из этих вопросов сформулирована в ФОС в перечне вопросов для собеседования. Перечень этих вопросов ограничен, поэтому важно не только содержание вопросов, но сам принцип освоения литературы с помощью вопросов к текстам.

Целью *изучающего* чтения является глубокое и всестороннее понимание учебной информации. Есть несколько приемов изучающего чтения:

1. Чтение по алгоритму предполагает разбиение информации на блоки: название; автор; источник; основная идея текста; фактический материал; анализ текста путем сопоставления имеющихся точек зрения по рассматриваемым вопросам; новизна.

2. Прием постановки вопросов к тексту имеет следующий алгоритм:

- медленно прочитать текст, стараясь понять смысл изложенного;
- выделить ключевые слова в тексте;
- постараться понять основные идеи, подтекст и общий замысел автора.

3. Прием тестирования заключается в формулировании тезисов в виде положений, утверждений, выводов.

К этому можно добавить и иные приемы: прием реферирования, прием комментирования.

Важной составляющей любого солидного научного издания является список литературы, на которую ссылается автор. При возникновении интереса к какой-то обсуждаемой в тексте проблеме всегда есть возможность обратиться к списку относящейся к ней литературы. В этом случае вся проблема как бы разбивается на составляющие части, каждая из которых может изучаться отдельно от других. При этом важно не терять из вида общий контекст и не погружаться чрезмерно в детали, потому что таким образом можно не увидеть главного.

Подготовка к экзамену должна проводиться на основе лекционного материала, материала практических занятий с обязательным обращением к основным учебникам по курсу. Это позволит исключить ошибки в понимании материала, облегчит его осмысление, прокомментирует материал многочисленными примерами.

### ***Методические рекомендации для подготовки к экзамену***

Экзамен является формой итогового контроля знаний и умений, обучающихся по данной дисциплине, полученных на лекциях, практических занятиях и в процессе самостоятельной работы. Основой для определения оценки служит уровень усвоения обучающимися материала, предусмотренного данной рабочей программой. К экзамену допускаются студенты, набравшие 36 и более баллов по итогам текущего и промежуточного контроля. На экзамене студент может набрать от 15 до 30 баллов.

В период подготовки к экзамену обучающиеся вновь обращаются к учебно-методическому материалу и закрепляют промежуточные знания.

Подготовка обучающегося к экзамену включает три этапа:

- самостоятельная работа в течение семестра;
- непосредственная подготовка в дни, предшествующие экзамену по темам курса;
- подготовка к ответу на экзаменационные вопросы.

При подготовке к экзамену обучающимся целесообразно использовать материалы лекций, учебно-методические комплексы, нормативные документы, основную и дополнительную литературу.

На экзамен выносится материал в объеме, предусмотренном рабочей программой учебной дисциплины за семестр. Экзамен проводится в письменной/устной форме. Зачет проводится в форме устного опроса по вопросам без подготовки.

При проведении экзамена в письменной (устной) форме, ведущий преподаватель составляет экзаменационные билеты, которые включают в себя: тестовые задания; теоретические задания; задачи или ситуации. Формулировка теоретических задания совпадает с формулировкой перечня экзаменационных вопросов, доведенных до сведения обучающихся накануне экзаменационной сессии. Содержание вопросов одного билета относится к различным разделам программы с тем, чтобы более полно охватить материал учебной дисциплины.

В аудитории, где проводится устный экзамен, должно одновременно находиться не более шести студентов на одного преподавателя, принимающего экзамен. На подготовку ответа на билет на экзамене отводится 40 минут.

При проведении письменного экзамена на работу отводится 60 минут.

Результат устного (письменного) экзамена и зачета выражается оценками:

Уровень знаний определяется оценками «отлично», «хорошо», «удовлетворительно», «неудовлетворительно».

1. Оценка «отлично» (91-100 баллов) - студент показывает полные и глубокие знания программного материала, логично и аргументировано отвечает на поставленный вопрос, а также дополнительные вопросы, показывает высокий уровень теоретических знаний.

2. Оценка «хорошо» (81-90 баллов) - студент показывает глубокие знания программного материала, грамотно его излагает, достаточно полно отвечает на поставленный вопрос и дополнительные вопросы, умело формулирует выводы. В тоже время при ответе допускает несущественные погрешности.

3. Оценка «удовлетворительно» (61-80 баллов) - студент показывает достаточные, но не глубокие знания программного материала; при ответе не допускает грубых ошибок или противоречий, однако в формулировании ответа отсутствует должная связь между анализом, аргументацией и выводами. Для получения правильного ответа требуется уточняющие вопросы.

4. Оценки «неудовлетворительно» (36-60 баллов) - студент показывает недостаточные знания программного материала, не способен аргументированно и последовательно его излагать, допускаются грубые ошибки в ответах, неправильно отвечает на поставленный вопрос или затрудняется с ответом.

## **8. Материально-техническое обеспечение дисциплины**

### **8.1. Требования к материально-техническому обеспечению**

Для реализации рабочей программы дисциплины имеются специальные помещения для проведения занятий лекционного и семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, а также помещения для самостоятельной работы и помещения для хранения и профилактического обслуживания оборудования. Специальные помещения укомплектованы специализированной мебелью и техническими средствами обучения, служащими для представления информации большой аудитории.

При проведении занятий лекционного/ семинарского типа занятий используются:

лицензионное программное обеспечение:

- программное обеспечение средств антивирусной защиты Kaspersky Endpoint Security для бизнеса - Стандартный Russian Edition. 1000-1500 Node 1 year Educational Renewal License (KL4863RAVFQ);

- программное обеспечение для работы с PDF-документами. ABBYY FineReader 15 Business;
- программное обеспечение для работы с документами формата PDF Acrobat Pro DC for teams ALL Multiple Platforms Multi European Languages Level 1 (1-9) Education Named License 65297997BB01A12;
- офисное программное обеспечение МойОфис Стандартный.

свободно распространяемые программы:

- Web Browser – Firefox;
- AcademicMarthCADLicense - математическое программное обеспечение, которое позволяет выполнять, анализировать важнейшие инженерные расчеты и обмениваться ими;
- 7zip - программ для сжатия и распаковки файлов;
- AdobeReader– программа для чтения PDF файлов;
- DjvuReader – приложения для распознавания, конвентирования и работы с Djvu файлами.

## **8.2. Особенности реализации дисциплины для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья**

Для студентов с ограниченными возможностями здоровья созданы специальные условия для получения образования. В целях доступности получения высшего образования по образовательным программам инвалидами и лицами с ограниченными возможностями здоровья университетом обеспечивается:

1. Альтернативная версия официального сайта в сети «Интернет» для слабовидящих;

2. Для инвалидов с нарушениями зрения (слабовидящие, слепые) - присутствие ассистента, оказывающего обучающемуся необходимую помощь, дублирование вслух справочной информации о расписании учебных занятий; наличие средств для усиления остаточного зрения, брайлевской компьютерной техники, видеоувеличителей, программ не визуального доступа к информации, программ-синтезаторов речи и других технических средств приема-передачи учебной информации в доступных формах для студентов с нарушениями зрения;

3. Для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья по слуху (слабослышащие, глухие) – звукоусиливающая аппаратура, мультимедийные средства и другие технические средства приема-передачи учебной информации в доступных формах;

4. Для инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья, имеющих нарушения опорно-двигательного аппарата, созданы материально-технические условия обеспечивающие возможность беспрепятственного доступа обучающихся в учебные помещения, объекты питания, туалетные и другие помещения университета, а также пребывания в указанных помещениях (наличие расширенных дверных проемов, поручней и других приспособлений).

Обучающиеся из числа лиц с ограниченными возможностями здоровья обеспечены электронными образовательными ресурсами в формах, адаптированных к ограничениям их здоровья.

Обучающимся с ограниченными возможностями здоровья предоставляются специальные учебники и учебные пособия, иная учебная литература, специальные технические средства обучения коллективного и индивидуального пользования, предоставление услуг ассистента (помощника), оказывающего обучающимся необходимую техническую помощь, а также услуги сурдопереводчиков и тифлосурдопереводчиков.

а) для слабовидящих:

- на экзамене присутствует ассистент, оказывающий студенту необходимую техническую помощь с учетом индивидуальных особенностей (он помогает занять рабочее место, передвигаться, прочитать и оформить задание, в том числе записывая под диктовку);

- задания для выполнения, а также инструкция о порядке проведения зачете/экзамена оформляются увеличенным шрифтом;

- задания для выполнения на экзамене зачитываются ассистентом;

- письменные задания выполняются на бумаге, надиктовываются ассистенту;

- обеспечивается индивидуальное равномерное освещение не менее 300 люкс;

- студенту для выполнения задания при необходимости предоставляется увеличивающее устройство;

- в) для глухих и слабослышащих:

- на зачете/экзамене присутствует ассистент, оказывающий студенту необходимую техническую помощь с учетом индивидуальных особенностей (он помогает занять рабочее место, передвигаться, прочитать и оформить задание, в том числе записывая под диктовку);

- зачет/экзамен проводится в письменной форме;

- обеспечивается наличие звукоусиливающей аппаратуры коллективного пользования, при необходимости поступающим предоставляется звукоусиливающая аппаратура индивидуального пользования;

- по желанию студента экзамен может проводиться в письменной форме;

- д) для лиц с нарушениями опорно-двигательного аппарата (тяжелыми нарушениями двигательных функций верхних конечностей или отсутствием верхних конечностей):

- письменные задания выполняются на компьютере со специализированным программным обеспечением или надиктовываются ассистенту;

- по желанию студента экзамен проводится в устной форме.

## ЛИСТ

### изменений (дополнений) в рабочей программе

дисциплины «Нелокальные краевые задачи для модельных уравнений математической биологии» по направлению подготовки 01.03.01 Математика (уровень бакалавриата)  
(образовательная программа Дифференциальные уравнения, динамические системы и оптимальное управление) на \_\_\_\_\_ учебный год

№ п/п	Элемент (пункт) РПД	Перечень выносимых изменений (дополнений)	Примечание

Обсуждена и рекомендована на заседании кафедры алгебры и дифференциальных уравнений

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

И.о. заведующего кафедрой \_\_\_\_\_ / М.С. Нирова / \_\_\_\_\_  
подпись, расшифровка подписи, дата



Распределение баллов текущего и рубежного контроля

№п/п	Вид контроля	Сумма баллов			
		Общая сумма	1-я точка	2-я точка	3-я точка
1	Посещение занятий	до 10 баллов	до 3 б.	до 3 б.	до 4 б.
2	Текущий контроль:	до 24 баллов	до 8 б.	до 8б.	до 8 б.
	Ответ на 4 вопроса	от 0 до 12 б.	от 0 до 4 б.	от 0 до 4 б.	от 0 до 4 б.
	Полный правильный ответ	до 12 баллов	4 б.	4 б.	4 б.
	Неполный правильный ответ	от 3 до 12 б.	от 1 до 4 б.	от 1 до 4 б.	от 1 до 4 б.
	Ответ, содержащий неточности, ошибки	0б.	0б.	0б.	0б.
	Выполнение самостоятельных заданий (решение задач)	от 0 до 12 б.	от 0 до 4 б.	от 0 до 4 б.	от 0 до 4 б.
3	Рубежный контроль	до 36 баллов	до 12 б.	до 12 б.	до 12 б.
	тестирование	от 0- до 15 б.	от 0- до 5 б.	от 0- до 5 б.	от 0- до 5 б.
	контрольная работа	от 0 до 21 б.	от 0 до 7 б.	от 0 до 7 б.	от 0 до 7 б.
	Итого сумма текущего и рубежного контроля	до 70 баллов	до 23б.	до 23 б.	до 24 б.
	Первый этап (базовый уровень) – оценка «удовлетворительно»	не менее 36 б.	не менее 12 б.	не менее 12 б.	не менее 12 б.
	Второй этап (продвинутый уровень) – оценка «хорошо»	менее 70 б. (51-69 б.)	менее 23 б.	менее 23 б.	менее 24б.
	Третий этап (высокий уровень) - оценка «отлично»	не менее 70 б.	не менее 23 б.	не менее 23 б.	не менее 24б.

**Шкала оценивания планируемых результатов обучения  
Текущий и рубежный контроль**

Семестр	Шкала оценивания			
	0-35 баллов	36-50 баллов	51-60 баллов	56-70 баллов
7	Частичное посещение аудиторных занятий. Неудовлетворительное выполнение лабораторных и практических работ. Плохая подготовка к балльно-рейтинговым мероприятиям. Студент не допускается к промежуточной аттестации	Полное или частичное посещение аудиторных занятий. Частичное выполнение практических работ. Выполнение контрольных работ, тестовых заданий на оценку «удовлетворительно».	Полное или частичное посещение аудиторных занятий. Полное выполнение практических работ. Выполнение контрольных работ, тестовых заданий на оценки «хорошо».	Полное посещение аудиторных занятий. Полное выполнение практических занятий. Выполнение контрольных работ, тестовых заданий на оценки «отлично».

**Промежуточная аттестация (экзамен)**

Семестр	Шкала оценивания			
	Неудовлетворительно (36-60 баллов)	Удовлетворительно (61-80 баллов)	Хорошо (81-90 баллов)	Отлично (91-100 баллов)
7	Студент имеет 36-60 баллов по итогам текущего и рубежного контроля, на экзамене не дал полного ответа ни на один вопрос. Студент имеет 36-45 баллов по итогам текущего и рубежного контроля, на экзамене дал полный ответ только на один вопрос.	Студент имеет 36-50 баллов по итогам текущего и рубежного контроля, на экзамене дал полный ответ на один вопрос и частично (полностью) ответил на второй. Студент имеет 46-60 баллов по итогам текущего и рубежного контроля, на экзамене дал полный ответ на один вопрос или частично ответил на все вопросы. Студент имеет по итогам текущего и рубежного контроля 61-70 баллов на экзамене не дал полного ответа ни на один вопрос.	Студент имеет 51-60 баллов по итогам текущего и рубежного контроля, на экзамене дал полный ответ на один вопрос и частично (полностью) ответил на второй. Студент имеет 61 – 65 баллов по итогам текущего и рубежного контроля, на экзамене дал полный ответ на один вопрос и частично ответил на второй. Студент имеет 66-70 баллов по итогам текущего и рубежного контроля, на экзамене дал полный ответ только на один вопрос.	Студент имеет 61-70 баллов по итогам текущего и рубежного контроля, на экзамене дал полный ответ на один вопрос и частично (полностью) ответил на второй.