

Документ подписан простой электронной подписью  
Информация о владельце:  
ФИО: Ястребов Олег Александрович  
Должность: Ректор  
Дата подписания: 17.06.2022 10:55:50  
Уникальный программный ключ:  
ca953a0120d891083f939673078ef1a989dae18a

**Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования «Российский университет дружбы народов»**

**Институт экологии**

(наименование основного учебного подразделения (ОУП)-разработчика ОП ВО)

## **РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**Дифференциальные уравнения**

(наименование дисциплины/модуля)

**Рекомендована МССН для направления подготовки/специальности:**

**01.04.02 Прикладная математика и информатика**

(код и наименование направления подготовки/специальности)

**Освоение дисциплины ведется в рамках реализации основной профессиональной образовательной программы высшего образования (ОП ВО):**

**Моделирование и прогнозирование процессов в экологии и экономике**

(наименование (профиль/специализация) ОП ВО)

**2022 г.**

## 1. ЦЕЛЬ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

**Цель курса:** Выработка навыков свободного владения основными понятиями и методами теории обыкновенных дифференциальных уравнений и создание базы для успешного восприятия современных специальных знаний по вопросам, так или иначе связанным с этими уравнениями.

Для реализации поставленной цели в процессе преподавания курса решаются следующие задачи:

- изучить классические понятия и теоремы теории обыкновенных дифференциальных уравнений в рамках университетской программы;
- научиться решать стандартные задачи по курсу обыкновенных дифференциальных уравнений;
- развить творческие навыки при выполнении учебной курсовой работы по указанному курсу.

## 2. ТРЕБОВАНИЯ К РЕЗУЛЬТАТАМ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Освоение дисциплины «Дифференциальные уравнения» направлено на формирование у обучающихся следующих компетенций (части компетенций):

*Таблица 2.1. Перечень компетенций, формируемых у обучающихся при освоении дисциплины (результаты освоения дисциплины)*

Шифр	Компетенция	Индикаторы достижения компетенции (в рамках данной дисциплины)
ОПК-2	Способен совершенствовать и реализовывать новые математические методы решения прикладных задач	ОПК-2.1 Знать литературные и другие информационные источники по разрабатываемой теме исследований; профессиональную терминологию; основные понятия, методы и принципы математического моделирования, методы построения и исследования математических моделей в естественных науках.
		ОПК-2.2 Уметь применять полученную теоретическую базу для решения конкретных практических задач, грамотно использовать математические модели в научных исследованиях, ставить задачи исследования и оптимизации сложных объектов на основе методов математического моделирования; выявлять общие закономерности исследуемых объектов, выбирать методы исследования математических моделей.
		ОПК-2.3 Владеть основными методами научных исследований, статистической обработки экспериментальных данных, методами и алгоритмами интерпретации натурального эксперимента на основе его математической модели с помощью современных программных комплексов
ОПК-3	Способен разрабатывать математические модели и проводить их анализ при решении задач в области	ОПК-3.1 Знать основные методы и принципы математического моделирования, области их применения, особенности объектов моделирования и методики исследования моделей; основные проблемы конкретной предметной области, требующие использования современных научных методов исследования; методы и

Шифр	Компетенция	Индикаторы достижения компетенции (в рамках данной дисциплины)
	профессиональной деятельности	средства теоретических научных исследований, позволяющие решать конкретные проблемы данной предметной области
		ОПК-3.2 Уметь ориентироваться в круге основных проблем, возникающих в различных областях профессиональной деятельности и использовать методы анализа и синтеза для получения новых научных знаний; разрабатывать математические модели типовых профессиональных задач, находить способы их решения и профессионально интерпретировать смысл полученного результата
		ОПК-3.3 Владеть методологией математического моделирования; навыками применения математического инструментария для создания и исследования новых математических моделей в области профессиональной деятельности, навыками построения и реализации основных математических алгоритмов; способами содержательной интерпретации полученных результатов; методами математической обработки результатов решения профессиональных задач; пакетами прикладных программ
ПК-3	Способен разрабатывать и применять математические методы, системное и прикладное программное обеспечение для решения задач научной и проектно-технологической деятельности	ПК-3.1 Знает современные тенденции развития, научные и прикладные достижения в области собственной научно-исследовательской деятельности, физико-математический аппарат для моделирования (формализации) объектов или процессов реального мира
		ПК-3.2 Умеет решать стандартные и не стандартные задачи в собственной научно-исследовательской деятельности, анализировать и систематизировать результаты собственных исследований, представляет материалы в виде научных отчетов, публикаций, презентаций
		ПК-3.3 Владеет математический аппаратом для моделирования (формализации) объектов или процессов реального мира, анализом отечественной и зарубежной научно-технической информации по профессиональной тематике

### 3. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОП ВО

Дисциплина «Дифференциальные уравнения» относится к *вариативной* компоненте блока Б1 ОП ВО.

В рамках ОП ВО обучающиеся также осваивают другие дисциплины и/или практики, способствующие достижению запланированных результатов освоения дисциплины «Дифференциальные уравнения».

*Таблица 3.1. Перечень компонентов ОП ВО, способствующих достижению запланированных результатов освоения дисциплины*

Шифр	Наименование компетенции	Предшествующие дисциплины/модули, практики*	Последующие дисциплины/модули, практики*
ОПК-2	Способен совершенствовать и реализовывать новые математические методы решения прикладных задач		Численные методы решения задач математического моделирования Дополнительные главы математического моделирования Подготовка к сдаче и сдача государственного экзамена
ОПК-3	Способен разрабатывать математические модели и проводить их анализ при решении задач в области профессиональной деятельности		Прикладные задачи математического моделирования Теория игр Дискретные математические модели Непрерывные математические модели Теория и методы разработки управленческих решений Дополнительные главы математического моделирования Технологии вычислительного эксперимента Прогнозирование в экономике Математические методы в управлении Финансовое моделирование и прогнозирование Прогнозирование в экологии Моделирование в задачах техносферной безопасности Управление природными ресурсами Научно-исследовательская работа Преддипломная практика Подготовка к сдаче и сдача государственного экзамена
ПК-3	Способен разрабатывать и применять математические методы, системное и прикладное программное обеспечение для решения		Прикладные задачи математического моделирования Дополнительные главы математического моделирования

Шифр	Наименование компетенции	Предшествующие дисциплины/модули, практики*	Последующие дисциплины/модули, практики*
	задач научной и проектно-технологической деятельности		Прогнозирование в экономике Математические методы в управлении Финансовое моделирование и прогнозирование Прогнозирование в экологии Моделирование в задачах техносферной безопасности Управление природными ресурсами Научно-исследовательская работа Преддипломная практика Подготовка к сдаче и сдача государственного экзамена Подготовка к защите и защита выпускной квалификационной работы

\* - заполняется в соответствии с матрицей компетенций и СУП ОП ВО

#### 4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

Общая трудоемкость дисциплины «Дифференциальные уравнения» составляет 4 зачетных единицы.

Таблица 4.1. Виды учебной работы по периодам освоения ОП ВО для **ОЧНОЙ** формы обучения

Вид учебной работы	ВСЕГО, ак.ч.	Семестр(-ы)			
		1	2	3	4
<i>Контактная работа, ак.ч.</i>	34	34			
Лекции (ЛК)	17	17			
Лабораторные работы (ЛР)					
Практические/семинарские занятия (СЗ)	17	17			
<i>Самостоятельная работа обучающихся, ак.ч.</i>	90	90			
<i>Контроль (экзамен/зачет с оценкой), ак.ч.</i>	20	20			
<b>Общая трудоемкость дисциплины</b>	ак.ч.	<b>144</b>	<b>144</b>		
	зач.ед.	<b>4</b>	<b>4</b>		

Таблица 4.2. Виды учебной работы по периодам освоения ОП ВО для **ОЧНО-ЗАОЧНОЙ** формы обучения\*

Вид учебной работы	ВСЕГО, ак.ч.	Семестр(-ы)			
		1	2	3	4
<i>Контактная работа, ак.ч.</i>	24	24			
Лекции (ЛК)	12	12			
Лабораторные работы (ЛР)					
Практические/семинарские занятия (СЗ)	12	12			
<i>Самостоятельная работа обучающихся, ак.ч.</i>	93	93			
<i>Контроль (экзамен/зачет с оценкой), ак.ч.</i>	27	27			
<b>Общая трудоемкость дисциплины</b>	ак.ч.	<b>144</b>	<b>144</b>		
	зач.ед.	<b>4</b>	<b>4</b>		

\* - заполняется в случае реализации программы в очно-заочной форме

## 5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Таблица 5.1. Содержание дисциплины (модуля) по видам учебной работы

Наименование раздела дисциплины	Содержание раздела (темы)	Вид учебной работы*
Введение	Роль дифференциальных уравнений в изучении явлений природы. Примеры механических и физических задач, приводящих к дифференциальным уравнениям. Основные понятия и классификация дифференциальных уравнений.	ЛК, СЗ
Обыкновенные дифференциальные уравнения первого порядка	Дифференциальные уравнения первого порядка, разрешенные относительно производной. Геометрическая интерпретация. Интегральные кривые. Метод изоклин. Простейшие уравнения, интегрируемые в квадратурах: уравнения с разделяющимися переменными и приводящиеся к ним, однородные и приводящиеся к ним, обобщённые однородные, линейные. Уравнения Бернулли и Риккати. Уравнения в полных дифференциалах. Интегрирующий множитель и методы его нахождения. Задача Коши для дифференциального уравнения первого порядка, разрешённого относительно производной. Теорема о существовании и единственности решения задачи Коши. Продолжение решений в окрестность границы области и вплоть до границы области. Лемма Гронуолла. Непрерывная зависимость решения задачи Коши от начальных данных и параметров. Теоремы сравнения. Сходимость ломанных Эйлера к решению задачи Коши. Дифференциальные уравнения первого порядка, неразрешённые относительно производной. Теорема о существовании и единственности решения задачи Коши. Точки единственности и неединственности, особые решения и методы их нахождения. Огибающая семейства кривых и методы её нахождения. Огибающая, как особое решение. Общий метод введения параметра. Уравнения Клеро и Лагранжа.	ЛК, СЗ
Обыкновенные дифференциальные	Дифференциальные уравнения n-го порядка. Основные определения. Простейшие типы уравнений, допускающих	ЛК, СЗ

уравнения $n$ -го порядка	<p>интегрирование в квадратурах. Уравнения, допускающие понижение порядка. Гладкость решения уравнения <math>n</math>-го порядка. Интегрирование уравнений с помощью рядов. Линейные уравнения <math>n</math>-го порядка. Задача Коши для линейного уравнения <math>n</math>-го порядка. Теорема о существовании и единственности решения задачи Коши. Свойства определителя Вронского. Существование фундаментальной системы решений для линейного однородного уравнения <math>n</math>-го порядка. Вид общего решения линейного однородного и неоднородного уравнения <math>n</math>-го порядка. Построение линейного однородного уравнения <math>n</math>-го порядка по заданной фундаментальной системе решений. Единственность такого уравнения. Формула Остроградского–Лиувилля. Понижение порядка линейного дифференциального уравнения при наличии известных частных решений. Построение частного решения линейного неоднородного уравнения <math>n</math>-го порядка методом вариации постоянных. Линейные однородные уравнения <math>n</math>-го порядка с постоянными коэффициентами. Теорема о сдвиге. Характеристическое уравнение. Фундаментальная система решений в случае простых и кратных корней. Вид фундаментальной системы решений линейного однородного уравнения <math>n</math>-го порядка с действительными постоянными коэффициентами. Построение частного решения линейного неоднородного уравнения <math>n</math>-го порядка с постоянными коэффициентами для правой части специального вида. Уравнение Эйлера. Приведение линейного однородного уравнения 2-го порядка к уравнению Риккати и к некоторым специальным видам. Две теоремы об ограниченности решений линейного однородного уравнения 2-го порядка.</p>	
Краевые задачи для обыкновенных дифференциальных уравнений	<p>Задачи механики и управления, приводящие к краевым задачам. Постановка краевых задач для обыкновенных дифференциальных уравнений 2-го порядка, их геометрическая и механическая интерпретация. Теоремы существования решений краевых задач для линейных однородных уравнений 2-го порядка. Оператор Штурма–Лиувилля. Лемма о нулевом собственном значении оператора Штурма–Лиувилля. Функция Грина и её свойства. Выражение решения неоднородной краевой задачи через функцию Грина.</p>	ЛК, СЗ
Системы обыкновенных дифференциальных уравнений	<p>Основные определения. Канонический и нормальный вид системы. Условия эквивалентности системы дифференциальных уравнений 1-го порядка одному дифференциальному уравнению <math>n</math>-го порядка. Простейшие методы интегрирования систем дифференциальных уравнений. Задача Коши для нормальной системы дифференциальных уравнений. Лемма Арцела. Ломанные Эйлера и теорема Пеано о существовании решения задачи</p>	ЛК, СЗ

	<p>Коши в случае непрерывной правой части. Продолжение решений. Теорема единственности. Следствие для уравнений <math>n</math>-го порядка. Случай линейного уравнения и линейной системы. Непрерывная зависимость задачи Коши от начальных параметров и данных и параметров. Системы линейных однородных уравнений. Определитель Вронского и его свойства. Фундаментальная система решений. Существование фундаментальных систем и их взаимосвязь. Вид общего решения линейной однородной и неоднородной системы. Восстановление системы линейных однородных уравнений по заданной фундаментальной системе решений. Формула Остроградского–Лиувилля. Построение частного решения системы линейных неоднородных уравнений методом вариации постоянных. Формула Коши. Лемма Адамара. Дифференцируемость решения нормальной системы обыкновенных дифференциальных уравнений по начальным данным и параметрам. Системы уравнений в вариациях. Системы линейных однородных уравнений с постоянными коэффициентами. Характеристическое уравнение. Методы решения нормализуемой и ненормализуемой системы. Системы линейных уравнений с постоянными коэффициентами и методы их решения.</p>	
Теория устойчивости	<p>Теория устойчивости решений систем обыкновенных дифференциальных уравнений и её роль в качественной теории дифференциальных уравнений. Устойчивость и асимптотическая устойчивость по Ляпунову решений систем дифференциальных уравнений. Лемма Ляпунова об устойчивости. Лемма Ляпунова об асимптотической устойчивости и её обобщения. Функция Ляпунова. Исследование устойчивости решений систем обыкновенных дифференциальных уравнений по линейному приближению. Теорема Ляпунова об устойчивости и асимптотической устойчивости по линейному приближению. Теоремы Рауса–Гурвица, Льенара–Шипара, Михайлова об устойчивости решений систем однородных дифференциальных уравнений с постоянными коэффициентами (без доказательства). Особые точки автономных систем линейных однородных уравнений с постоянными коэффициентами на плоскости. Устойчивость, асимптотическая устойчивость и неустойчивость соответствующих решений. Фазовый портрет.</p>	ЛК, СЗ
Первые интегралы систем обыкновенных дифференциальных уравнений и дифференциальные уравнения в	<p>Первые интегралы систем обыкновенных дифференциальных уравнений. Задание общего решения системы с помощью полной системы первых интегралов. Существование полной системы первых интегралов. Линейные уравнения в частных производных 1-го порядка. Связь с первыми интегралами системы обыкновенных дифференциальных уравнений.</p>	



частных производных 1-го порядка.	Квазилинейные уравнения в частных производных 1-го порядка. Система уравнений характеристик. Две леммы о характеристиках. Теорема существования и единственности решения задачи Коши для квазилинейного уравнения в частных производных 1-го порядка.	
-----------------------------------	---	--

\* - заполняется только по **ОЧНОЙ** форме обучения: ЛК – лекции; ЛР – лабораторные работы; СЗ – семинарские занятия.

## 6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Таблица 6.1. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Тип аудитории	Оснащение аудитории	Специализированное учебное/лабораторное оборудование, ПО и материалы для освоения дисциплины (при необходимости)
Семинарская	Аудитория для проведения занятий семинарского типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации, оснащенная комплектом специализированной мебели и техническими средствами мультимедиа презентаций.	MS Windows 10 64bit Microsoft Office 2010
Для самостоятельной работы обучающихся	Аудитория для самостоятельной работы обучающихся (может использоваться для проведения семинарских занятий и консультаций), оснащенная комплектом специализированной мебели и компьютерами с доступом в ЭИОС.	MS Windows 10 64bit Microsoft Office 2010

\* - аудитория для самостоятельной работы обучающихся указывается **ОБЯЗАТЕЛЬНО!**

## 7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### Основная литература:

1. Степанов В.В. Курс дифференциальных уравнений. М., все годы издания
2. Петровский И.Г. Лекции по теории обыкновенных дифференциальных уравнений. М., все годы издания
3. Понтрягин Л.С. Обыкновенные дифференциальные уравнения. М., все годы издания
4. Арнольд В.И. Обыкновенные дифференциальные уравнения. М., 1974
5. Филиппов А.Ф. Сборник задач по дифференциальным уравнениям. М., все годы издания
6. Матвеев Н.М. Сборник задач и упражнений по обыкновенным дифференциальным уравнениям. Ростов, 1962
7. Матвеев Н.М. Методы интегрирования обыкновенных дифференциальных уравнений. Л., все годы издания

### Дополнительная литература:

1. Еругин Н.Л. Книга для чтения по общему курсу дифференциальных уравнений. Минск, 1970
2. Арнольд В.И. Дополнительные главы теории обыкновенных дифференциальных уравнений. М., 1978  
Вся литература есть в библиотеке РУДН или в электронном виде на кафедре.

*Ресурсы информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»:*

1. ЭБС РУДН и сторонние ЭБС, к которым студенты университета имеют доступ на основании заключенных договоров:

- Электронно-библиотечная система РУДН – ЭБС РУДН  
<http://lib.rudn.ru/MegaPro/Web>

- ЭБС «Университетская библиотека онлайн» <http://www.biblioclub.ru>

- ЭБС Юрайт <http://www.biblio-online.ru>

- ЭБС «Консультант студента» [www.studentlibrary.ru](http://www.studentlibrary.ru)

- ЭБС «Лань» <http://e.lanbook.com/>

- ЭБС «Троицкий мост»

2. Базы данных и поисковые системы:

Yandex, Goole, MathNet.

## **8. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СИСТЕМА ОЦЕНИВАНИЯ УРОВНЯ СФОРМИРОВАННОСТИ КОМПЕТЕНЦИЙ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

Оценочные материалы и балльно-рейтинговая система\* оценивания уровня сформированности компетенций (части компетенций) по итогам освоения дисциплины «Дифференциальные уравнения» представлены в Приложении к настоящей Рабочей программе дисциплины.

\* - Ом и БРС формируются на основании требований соответствующего локального нормативного акта РУДН (положения/порядка).

### **РАЗРАБОТЧИКИ:**

Доцент департамента ЭБиМКП

\_\_\_\_\_  
Должность, БУП

**Ледашева Т.Н.**

\_\_\_\_\_  
Подпись

\_\_\_\_\_  
Фамилия И.О.

### **РУКОВОДИТЕЛЬ ОП ВО:**

Доцент департамента ЭБиМКП

\_\_\_\_\_  
Должность, БУП



\_\_\_\_\_  
Подпись

**Ледашева Т.Н.**

\_\_\_\_\_  
Фамилия И.О.

## Паспорт фонда оценочных средств по дисциплине

### «Дифференциальные уравнения»

#### Описание балльно - рейтинговой системы.

Знания студентов оцениваются по рейтинговой системе. Оценка знаний по рейтинговой системе основана на идее поощрения систематической работы студента в течение всего периода обучения.

При выставлении оценок используется балльно-рейтинговая система, в соответствии с Положением о БРС оценки качества освоения основных образовательных программ, принятого Решением Ученого совета университета (протокол №6 от 17.06.2013 г) и утвержденного Приказом Ректора Университета от 20.06.2013 года.

#### Система оценок

Баллы БРС	Традиционные оценки РФ	ESTC
95-100	5	A
86-94		B
69-85	4	C
61-68	3	D
51-60		E
31-50	2	FX
0-30		F
51-100	Зачет	Passed

#### Правила применения БРС

1. Раздел (тема) учебной дисциплины считаются освоенными, если студент набрал более 50 % от возможного числа баллов по этому разделу (теме).
2. Студент не может быть аттестован по дисциплине, если он не освоил все темы и разделы дисциплины.
3. По решению преподавателя и с согласия студентов, не освоивших отдельные разделы (темы) изучаемой дисциплины, в течение учебного семестра могут быть повторно проведены мероприятия текущего контроля успеваемости или выданы дополнительные учебные задания по этим темам или разделам. При этом студентам за данную работу засчитывается минимально возможный положительный балл (51 % от максимального балла).
4. При выполнении студентом дополнительных учебных заданий или повторного прохождения мероприятий текущего контроля полученные им баллы засчитываются за конкретные темы. Итоговая сумма баллов не может превышать максимального количества баллов, установленного по данным темам.
5. График проведения мероприятий текущего контроля успеваемости формируется в соответствии с календарным планом курса. Студенты обязаны сдавать все задания в сроки, установленные преподавателем.

6. Время, которое отводится студенту на выполнение мероприятий текущего контроля успеваемости, устанавливается преподавателем. По завершении отведенного времени студент должен сдать работу преподавателю, вне зависимости от того, завершена она или нет.
7. Использование источников (в том числе конспектов лекций и лабораторных работ) во время выполнения контрольных мероприятий возможно только с разрешения преподавателя.
8. Отсрочка в прохождении мероприятий текущего контроля успеваемости считается уважительной только в случае болезни студента, что подтверждается наличием у него медицинской справки. В этом случае выполнение контрольных мероприятий осуществляется после выздоровления студента в срок, назначенный преподавателем. В противном случае, отсутствие студента на контрольном мероприятии признается не уважительным.
9. Студент допускается к итоговому контролю знаний с любым количеством баллов, набранных в семестре.

### Образец расчетно-графической работы

1.  $4xdx - 3ydy = 3x^2ydy - 2xy^2dx$ .
2.  $y \ln y + x y' = 0$ .
3.  $y' = \frac{y^2}{x^2} + 4\frac{y}{x} + 2$ .
4.  $y' - \frac{y}{x} = x^2, y(1) = 0$ .
5.  $y' + y \cos x = \frac{1}{2} \sin 2x, y(0) = 0$ .
6.  $y' + xy = (1+x)e^{-x}y^2, y(0) = 1$ .
7.  $(3x^2y + \sin x)dx + (x^3 - \cos y)dy = 0$ .
8.  $y'' + \frac{y'}{x} = 0$ .
9.  $y'' = 128y^3, y(0) = 1, y'(0) = 8$ .
10.  $y''' + 3y'' + 2y' = 1 - x^2$ .
11.  $y'' + 36y = 24\sin 6x - 12\cos 6x + 36e^{6x}$ .
12.  $y'' - 3y' - 4y = 17\sin x; y(0) = 4, y'(0) = 0$ .
13.  $y'' + \pi^2 y = \frac{\pi^2}{\cos \pi x}, y(0) = 3, y'(0) = 0$ .
14. Найти частное решение системы, удовлетворяющее начальными условиям
 
$$\begin{cases} y' = 5y - 4z \\ z' = 3y - 2z \end{cases}, \quad y(1) = e, z(1) = 2e$$
15. Исследовать на устойчивость точку покоя:

$$\begin{cases} y' = -4y + 9z \\ z' = y - 4z \end{cases}$$

16.

$$\frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = 9 \frac{\partial^2 u}{\partial x^2}; \begin{cases} u(x, 0) = 2 \sin x, \\ \frac{\partial u}{\partial t} \Big|_{t=0} = x^2 + 1 \end{cases}$$

17..

$$\frac{\partial u}{\partial t} = 4 \frac{\partial^2 u}{\partial x^2}; \begin{cases} u(x, 0) = \frac{1}{2} \sin 5\pi x + 5 \sin \frac{\pi x}{2} \\ u \Big|_{x=0} = u \Big|_{x=10} = 0 \end{cases}$$

18. Найти общее решение уравнения:

$$\frac{\partial^2 u}{\partial y \partial x} = y^x \ln y$$