

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

**федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования_
«Национальный исследовательский Нижегородский государственный университет
им. Н.И. Лобачевского»**

Институт информационных технологий, математики и механики

УТВЕРЖДЕНО

решением Ученого совета ННГУ

протокол № 10 от 02.12.2024 г.

Рабочая программа дисциплины

Операционное исчисление

Уровень высшего образования

Специалитет

Направление подготовки / специальность

01.05.01 - Фундаментальные математика и механика

Направленность образовательной программы

Фундаментальная механика и приложения

Форма обучения

очная

г. Нижний Новгород

2025 год начала подготовки

1. Место дисциплины в структуре ОПОП

Дисциплина Б1.В.ДВ.10.02 Операционное исчисление относится к части, формируемой участниками образовательных отношений образовательной программы.

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями и индикаторами достижения компетенций)

Формируемые компетенции (код, содержание компетенции)	Планируемые результаты обучения по дисциплине (модулю), в соответствии с индикатором достижения компетенции		Наименование оценочного средства	
	Индикатор достижения компетенции (код, содержание индикатора)	Результаты обучения по дисциплине	Для текущего контроля успеваемости	Для промежуточной аттестации
ПК-11: Умение использовать физические и компьютерные модели объектов и явлений реального мира, сред, тел и конструкций, а также современное экспериментальное оборудование	ПК-11.1: Знает теоретические основы физического и компьютерного моделирования, основы эксперимента в механике ПК-11.2: Умеет использовать физические и компьютерные модели объектов и явлений реального мира, сред, тел и конструкций, а также современное экспериментальное оборудование для решения задач механики на основе полученных теоретических знаний ПК-11.3: Имеет практический опыт использования физических и компьютерных моделей и экспериментального оборудования при решении стандартных задач механики	ПК-11.1: Знать теоретические основы физического и компьютерного моделирования; теоретические основы операционного исчисления и методологию применения свойств преобразования Лапласа к решению фундаментальных задач механики ПК-11.2: Уметь самостоятельно анализировать и выбирать методы операционного исчисления для решения задач профессиональной деятельности ПК-11.3: Владеть практическим опытом использования физических и компьютерных моделей при решении стандартных задач механики методами операционного исчисления	Задачи	Зачёт: Контрольные вопросы Задания

3. Структура и содержание дисциплины

3.1 Трудоемкость дисциплины

	очная
Общая трудоемкость, з.е.	3
Часов по учебному плану	108
в том числе	
аудиторные занятия (контактная работа):	
- занятия лекционного типа	32
- занятия семинарского типа (практические занятия / лабораторные работы)	16
- КСР	1
самостоятельная работа	59
Промежуточная аттестация	0 Зачёт

3.2. Содержание дисциплины

(структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и виды учебных занятий)

Наименование разделов и тем дисциплины	Всего (часы)	в том числе			
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них			Самостоятельная работа обучающегося, часы
		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа (практические занятия/лабораторные работы), часы	Всего	
	0 Ф 0	0 Ф 0	0 Ф 0	0 Ф 0	0 Ф 0
Тема 1 Введение	13	4	2	6	7
Тема 2 Оригинал, изображение и их свойства.	19	8	4	12	7
Тема 3 Дифференцирование и интегрирование оригинала и изображения	15	4	2	6	9
Тема 4 Восстановление оригинала по изображению	14	4	2	6	8
Тема 5 Преобразование Лапласа в теории электрических цепей.	14	4	2	6	8
Тема 6 Задачи динамики.	16	4	2	6	10
Тема 7 Колебания непрерывных механических систем.	16	4	2	6	10
Аттестация	0				
КСР	1			1	
Итого	108	32	16	49	59

Содержание разделов и тем дисциплины

Тема 1 Введение

Тема 2 Оригинал, изображение и их свойства

Тема 3 Дифференцирование и интегрирование оригинала и изображения

Тема 4 Восстановление оригинала по изображению

Тема 5 Преобразование Лапласа в теории электрических цепей

Самостоятельная работа обучающихся включает в себя подготовку к контрольным вопросам и заданиям для текущего контроля и промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины приведенным в п. 5.

Контроль самостоятельной работы - домашние задания.

В частности, важной составляющей изучения дисциплины является самостоятельная работа обучающихся при подготовке к практическим занятиям по дисциплине с целью их наиболее эффективного проведения. При этой подготовке обучающиеся дополнительно самостоятельно изучают те разделы теоретического материала, которые являются базовыми при проведении очередной контрольной работы. Это дополнительное самостоятельное изучение, прежде всего, основано на углубленном самостоятельном изучении соответствующих разделов книг, учебно-методических пособий приведенных в списках основной и дополнительной литературы. Кроме того, при указанном дополнительном самостоятельном изучении можно использовать и доступные ресурсы сети Интернет, так как они являются одним из альтернативных источников быстрого поиска требуемой информации. Их использование возможно для получения основных и дополнительных сведений по изучаемым материалам. Одними из возможных ресурсов для этой цели являются те, которые указаны в списке программного обеспечения и Интернет-ресурсов ниже в разделе.

5. Фонд оценочных средств для текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации по дисциплине (модулю)

5.1 Типовые задания, необходимые для оценки результатов обучения при проведении текущего контроля успеваемости с указанием критериев их оценивания:

5.1.1 Типовые задания (оценочное средство - Задачи) для оценки сформированности компетенции ПК-11:

1. Проверить, какие из указанных функций являются функциями-оригиналами, а какие нет:

a) $f(t) = b t^\eta \eta(t)$, $b > 0$, $b \neq 1$; б) $f(t) = e^{(2+4i)t} \eta(t)$;

$$\text{B) } f(t) = \eta(t); \quad \text{r) } f(t) = \text{ch}(3-i)t \eta(t).$$

2. Пользуясь определением, найти изображения следующих функций:

1) $f(t) = t$. 2) $f(t) = \sin 3t$.

3) $f(t) = t e^t$. 4) $f(t) = t^\alpha \ (\alpha > -1)$.

3. Может ли функция $\Phi(p)=1/(\cos p)$ служить изображением некоторого оригинала?

4. Найти изображение функций:

- 1) $1+t$. 2) $2 \sin t - \cos t$. 3) $t + e^{-t}$.

5. Пользуясь теоремой подобия, найти изображения следующих функций:

- 1) $f(t) = eat$. 2) $f(t) = \sin 4t$.
 3) $f(t) = \cos \omega t$. 4) $f(t) = \operatorname{sh} 3t$.

Критерии оценивания (оценочное средство - Задачи)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Ответ полный и правильный на основании изученной теории; теоретический материал и решение поставленных задач изложены в необходимой логической последовательности, грамотный научный язык; ответ самостоятельный. Могут быть допущены две-три несущественные ошибки, исправленные по требованию преподавателя
не зачтено	Ответ обнаруживает непонимание студентом основного содержания учебного материала или допущены существенные ошибки, которые не могут быть исправлены при наводящих вопросах преподавателя

5.2. Описание шкал оценивания результатов обучения по дисциплине при промежуточной аттестации

Шкала оценивания сформированности компетенций

Уровень сформированности компетенций (индикатора достижения компетенций)	плохо	неудовлетворительно	удовлетворительно	хорошо	очень хорошо	отлично	превосходно
	не зачтено		зачтено				
<u>Знания</u>	Отсутствие знаний теоретического материала. Невозможность оценить полноту знаний вследствие отказа обучающегося от ответа	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки	Минимально допустимый уровень знаний. Допущено много негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько негрубых ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Допущено несколько несущественных ошибок	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки. Ошибок нет.	Уровень знаний в объеме, превышающем программу подготовки.
<u>Умения</u>	Отсутствие минимальных умений. Невозможность оценить наличие умений вследствие отказа	При решении стандартных задач не продемонстрированы основные умения. Имели место грубые	Продемонстрированы основные умения. Решены типовые задачи с негрубыми	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи с	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи.	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные	Продемонстрированы все основные умения. Решены все основные задачи. Выполнены

	обучающегося от ответа	ошибки	ошибками. Выполнены все задания, но не в полном объеме	негрубыми ошибками. Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами	Выполнены все задания в полном объеме, но некоторые с недочетами	задачи с отдельным и несущественными недочетами, выполнены все задания в полном объеме	все задания, в полном объеме без недочетов
<u>Навыки</u>	Отсутствие базовых навыков. Невозможность оценить наличие навыков вследствие отказа обучающегося от ответа	При решении стандартных задач не продемонстрированы базовые навыки. Имели место грубые ошибки	Имеется минимальный набор навыков для решения стандартных задач с некоторым и недочетами	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач с некоторым и недочетами	Продemonстрированы базовые навыки при решении стандартных задач без ошибок и недочетов	Продemonстрированы навыки при решении нестандартных задач без ошибок и недочетов	Продemonстрирован творческий подход к решению нестандартных задач

Шкала оценивания при промежуточной аттестации

Оценка		Уровень подготовки
зачтено	превосходно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «превосходно», продемонстрированы знания, умения, владения по соответствующим компетенциям на уровне выше предусмотренного программой
	отлично	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «отлично».
	очень хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «очень хорошо»
	хорошо	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «хорошо».
	удовлетворительно	Все компетенции (части компетенций), на формирование которых направлена дисциплина, сформированы на уровне не ниже «удовлетворительно», при этом хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «удовлетворительно»
не зачтено	неудовлетворительно	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «неудовлетворительно».
	плохо	Хотя бы одна компетенция сформирована на уровне «плохо»

5.3 Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки результатов обучения на промежуточной аттестации с указанием критериев их оценивания:

5.3.1 Типовые задания (оценочное средство - Контрольные вопросы) для оценки сформированности компетенции ПК-11

1. Понятие преобразования Лапласа
2. Понятие оригинала
3. Понятие изображения
4. Свойства линейности и подобия
5. Формула дифференцирования оригинала
6. Формула интегрирования оригинала
7. Формула дифференцирования изображения
8. Формула интегрирования изображения
9. Теоремы запаздывания и затухания
10. Теорема Э. Бореля умножения изображений
11. Теорема обращения преобразования Лапласа
12. Определение угловой скорости маховика

Критерии оценивания (оценочное средство - Контрольные вопросы)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Уровень знаний в объеме, соответствующем программе подготовки, без ошибок
не зачтено	Уровень знаний ниже минимальных требований. Имели место грубые ошибки

5.3.2 Типовые задания (оценочное средство - Задания) для оценки сформированности компетенции ПК-11

Задание 1. Решить уравнение с помощью теоремы обращения: $(d^2/dt^2 + 4d/dt + 4)x = \sin(\omega t)$, $t > 0$.

Задание 2. Решить уравнение $(d^2/dt^2 - 2d/dt + 2)(d^2/dt^2 + 2d/dt - 3)x = 0$, $t > 0$.

Задание 3. Решить уравнение $(d^2/dt^2 + 2d/dt - 2)(d^2/dt^2 - 2d/dt + 3)x = 0$, $t > 0$.

Задание 4. Решить уравнение $(d^2/dt^2 + a^2)x = \cos(at)$.

Задание 5. Решить уравнение $d/dt(d/dt - 1)x = t^2$.

Задание 6. Решить уравнение $(d^2/dt^2 + 1)x = t \cos(2t)$

Задание 7. Решить следующие дифференциальные уравнения при заданных начальных условиях:

- 1) $x' + x = e^{-t}$, $x(0) = 1$.
- 2) $x' - x = 1$, $x(0) = -1$.
- 3) $x' + 2x = \sin t$, $x(0) = 0$.
- 4) $x'' = 1$, $x(0) = 0, x'(0) = 1$.
- 5) $x'' + x' = 1$, $x(0) = 0, x'(0) = 1$.
- 6) $x'' + x = 0$, $x(0) = 1, x'(0) = 0$.
- 7) $x'' + 3x' = e^t$, $x(0) = 0, x'(0) = -1$.
- 8) $x'' - 2x' = e^{2t}$, $x(0) = x'(0) = 0$.
- 9) $x'' + 2x' - 3x = e^{-t}$, $x(0) = 0, x'(0) = 1$.

- 10) $x''' + x' = 1, \quad x(0) = x'(0) = x''(0) = 0.$
 11) $x''' + x' = 1, \quad x(0) = x'(0) = x''(0) = 0.$
 12) $x'' + 2x' + x = \sin t, \quad x(0) = 0, \quad x'(0) = -1.$

Задание 8. Решить системы уравнений:

- 1) $\begin{cases} x' + y = 0, \\ y' + x = 0, \end{cases} x(0) = 1, \quad y(0) = -1.$
 2) $\begin{cases} x + x' = y + e^t, \\ y + y' = x + e^t, \end{cases} x(0) = y(0) = 1.$
 3) $\begin{cases} x' - y' - 2x + 2y = 1 - 2t, \\ x'' + 2y' + x = 0, \end{cases} x(0) = y(0) = x'(0) = 0.$
 4) $\begin{cases} x'' - 3x' + 2x + y' - y = 0, \\ -x' + x + y'' - 5y' + 4y = 0, \end{cases} x(0) = x'(0) = y'(0) = 0, \quad y(0) = 1.$
 5) $\begin{cases} x' = -y, \\ y' = 2x + 2y, \end{cases} x(0) = y(0) = 1.$
 6) $\begin{cases} 2x'' - x' + 9x - y'' - y' - 3y = 0, \\ 2x'' + x' + 7x - y'' + y' - 5y = 0, \end{cases} x(0) = x'(0) = 1, \quad y(0) = y'(0) = 0.$

Критерии оценивания (оценочное средство - Задания)

Оценка	Критерии оценивания
зачтено	Ответ полный и правильный на основании изученной теории; теоретический материал и решение поставленных задач изложены в необходимой логической последовательности, грамотный научный язык; ответ самостоятельный. Могут быть допущены две-три не существенные ошибки, исправленные по требованию преподавателя
не зачтено	Ответ обнаруживает непонимание студентом основного содержания учебного материала или допущены существенные ошибки, которые не могут быть исправлены при наводящих вопросах преподавателя

6. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

Основная литература:

1. Эйдерман В. Я. Основы теории функций комплексного переменного и операционного исчисления / Эйдерман В. Я. - Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2002. - 256 с. - Библиогр.: доступна в карточке книги, на сайте ЭБС Лань. - Книга из коллекции ФИЗМАТЛИТ - Математика. - ISBN 978-5-9221-0283-4., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=665714&idb=0>.

Дополнительная литература:

1. Эйдерман В. Я. Основы теории функций комплексного переменного и операционного исчисления / Эйдерман В. Я. - Москва : ФИЗМАТЛИТ, 2002. - 256 с. - Библиогр.: доступна в карточке книги, на сайте ЭБС Лань. - Книга из коллекции ФИЗМАТЛИТ - Математика. - ISBN 978-5-9221-0283-4., <https://e-lib.unn.ru/MegaPro/UserEntry?Action=FindDocs&ids=665714&idb=0>.

Программное обеспечение и Интернет-ресурсы (в соответствии с содержанием дисциплины):

1. Znanium.com (математика) <http://www.znanium.com/>
2. Лань (математика) <http://e.lanbook.com/>
3. Юрайт (математика) <http://www.biblio-online.ru/>
4. Консультант студента (математика) <http://www.studentlibrary.ru/>
5. Университетская библиотека online – архив научной классики <http://www.biblioclub.ru/>

7. Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Учебные аудитории для проведения учебных занятий, предусмотренных образовательной программой, оснащены мультимедийным оборудованием (проектор, экран), техническими средствами обучения.

Помещения для самостоятельной работы обучающихся оснащены компьютерной техникой с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечены доступом в электронную информационно-образовательную среду.

Программа составлена в соответствии с требованиями ОС ННГУ по направлению подготовки/специальности 01.05.01 - Фундаментальные математика и механика.

Автор(ы): Митрякова Татьяна Михайловна, кандидат физико-математических наук, доцент.

Заведующий кафедрой: Иванченко Михаил Васильевич, доктор физико-математических наук.

Программа одобрена на заседании методической комиссии от 02.12.2024, протокол № 5.