

**Северский технологический институт –**

филиал федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования  
«Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

**(СТИ НИЯУ МИФИ)**

**Кафедра «Высшей математики и информационных технологий»**

ОДОБРЕНО  
Ученым советом СТИ НИЯУ МИФИ  
протокол № 5 от 28.06.2023

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

**ОПЕРАЦИОННОЕ ИСЧИСЛЕНИЕ**

НАПРАВЛЕНИЕ ПОДГОТОВКИ

**15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств**

НАИМЕНОВАНИЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

**Автоматизация технологических процессов и производств в химико-  
технологической и энергетической отраслях**

Форма обучения: очная

Семестр	Трудоемкость, ЗЕ	Общий объем курса, час.	Лекции, час.	Практические занятия, час.	Лабораторные работы, час.	В форме практической подготовки / в интерактивной форме, час.	СРС, час.	Форма(ы) контроля (Э, З, ДифЗ, КР, КП)
4	3	108	16	16	0	0	76	Зач.
Итого	3	108	16	16	0	0	76	

## **Аннотация**

Рабочая программа дисциплины «Операционное исчисление» составлена в соответствии с требованиями образовательного стандарта НИЯУ МИФИ и рабочим учебным планом по направлению подготовки (специальности) 15.03.04 «Автоматизация технологических процессов и производств», образовательной программы «Автоматизация технологических процессов и производств в химико-технологической и энергетической отраслях».

В результате освоения дисциплины, у выпускника должны быть сформированы следующие результаты обучения (РО):

**1) знать:**

- З.1 основные понятия и методы операционного исчисления
- З.2 приложения операционного исчисления к решению профессиональных задач
- З.3 методы и средства познания для интеллектуального развития и профессиональной компетентности

**2) уметь:**

- У.1 решать типовые задачи операционного исчисления
- У.2 применять операционные методы для решения практических задач
- У.3 устанавливать границы применимости операционных методов
- У.4 проверять и интерпретировать полученные решения
- У.5 выбирать источники информации
- У.6 представлять информацию как систему, совокупность элементов
- У.7 выявлять свойства элементов системы
- У.8 формулировать выводы по результатам анализа информации

**3) владеть или быть в состоянии продемонстрировать:**

- В.1 навыками исследования
- В.2 навыками аналитического решения задач
- В.3 выявлением связи и зависимостей между элементами системы, функций и роли элементов в системе

### **1 Цели и задачи освоения учебной дисциплины**

Целями освоения дисциплины «Операционное исчисление» являются:

углубление базовой математической подготовки студентов с учетом требований к их профессиональной подготовке

Основными задачами дисциплины являются:

изучение понятий и методов операционного исчисления, овладение методами операционного решения прикладных задач, формирование навыков исследования

### **2 Место учебной дисциплины в структуре ООП ВО**

Дисциплина «Операционное исчисление» (Б1.В.ДВ.1.2) - Общепрофессиональный модуль образовательной программы.

### 3 Формируемые компетенции и планируемые результаты обучения

Универсальные и общепрофессиональные компетенции:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции
ОПК-1 Способен применять естественнонаучные и общинженерные знания, методы математического анализа и моделирования в профессиональной деятельности	<b>З-ОПК-1</b> Знать: методы математического анализа и моделирования в профессиональной деятельности <b>У-ОПК-1</b> Уметь: применять методы математического анализа и моделирования для решения поставленных задач <b>В-ОПК-1</b> Владеть: методами математического анализа и моделирования для решения поставленных задач

### 4 Воспитательный потенциал учебной дисциплины

Воспитательный потенциал дисциплины «Операционное исчисление» отражен в Рабочей программе воспитания в Северском технологическом институте – филиале федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ» (<http://www.ssti.ru/education.html>/Информация по образовательным программам).

### 5 Структура и содержание учебной дисциплины

#### 5.1 Основные разделы дисциплины, трудоемкость и виды учебной работы

Настоящая рабочая программа составлена для формы обучения «очная» по направлению 15.03.04 «Автоматизация технологических процессов и производств», образовательной программе «Автоматизация технологических процессов и производств в химико-технологической и энергетической отраслях».

Общая трудоемкость дисциплины составляет в **зачетных единицах – 3, 108 час.**, обучение по дисциплине проходит в **семестре 4**.

Дисциплина (модуль) содержит **разделы:**

– **раздел 1** – «Операционное исчисление»

Трудоемкость, формы и график контроля по разделам дисциплины представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Трудоемкость, формы и график контроля отдельных разделов дисциплины

№	Наименование раздела	Виды учебной деятельности, включая самостоятельную работу студентов и трудоемкость, час				Аттестационные мероприятия		Макс. балл за раздел
		Лекции	Практ. занятия	Лабор. работы	Самост. работа	Текущий контроль (нед/форма)	Аттестация раздела (нед/форма)	
<b>4 семестр (18 недель)</b>								
1	Операционное исчисление	16	16		76		17/КР1	60

	Зачет					40
<b>Итого за 4 семестр:</b>		16	16		76	100

В таблице 2 представлено соответствие содержания каждого раздела и результатов обучения, что позволяет оценить их вклад в достижение целей курса.

Таблица 2 – Соответствие содержания требуемым результатам обучения

<b>Код и наименование индикатора достижения компетенции</b>	<b>Номера разделов</b>	<b>Аттестационные мероприятия</b>
– Знать: методы математического анализа и моделирования в профессиональной деятельности ( <b>З-ОПК-1</b> )	1	КР1, Зачет (4 сем.)
– Уметь: применять методы математического анализа и моделирования для решения поставленных задач ( <b>У-ОПК-1</b> )	1	КР1, Зачет (4 сем.)
– Владеть: методами математического анализа и моделирования для решения поставленных задач ( <b>В-ОПК-1</b> )	1	КР1, Зачет (4 сем.)

## 5.2 Содержание лекционного курса дисциплины

Содержание лекционного курса дисциплины представлено в таблице 4.

Таблица 3 – Содержание и трудоемкость лекционного курса по разделам в целом по дисциплине

Содержание разделов / тематика разделов	Трудоемкость разделов/тем, ауд. час
<b>Раздел 1 Операционное исчисление</b>	
<b>1.1 Преобразование Лапласа. Основные теоремы операционного исчисления.</b> Оригиналы и изображения. Теорема об оригиналах и изображениях. Определение преобразования Лапласа. Свойство линейности преобразования Лапласа. Нахождение изображений простейших элементарных функций по Лапласу. Теорема подобия. Теоремы запаздывания и опережения. Теорема смещения. Теорема умножения изображений. Свертка функций и ее свойство. Теорема свертывания оригиналов. Интеграл Дюамеля. Дифференцирование оригинала. Дифференцирование изображения. Интегрирование оригинала. Интегрирование изображения	4
<b>1.2 Решение задачи Коши для линейных ОДУ с постоянными коэффициентами с помощью преобразования Лапласа.</b> Решение задачи Коши линейных ОДУ с постоянными коэффициентами с помощью преобразования Лапласа. Передаточная функция. Интеграл Дюамеля	4
<b>1.3 Решение задачи Коши для линейных ОДУ с постоянными коэффициентами с помощью передаточной функции и интеграла Дюамеля.</b> Решение линейных обыкновенных дифференциальных уравнений с постоянными коэффициентами при нулевых и ненулевых начальных условиях с использованием передаточной функции и интеграла Дюамеля	4

Содержание разделов / тематика разделов	Трудоемкость разделов/тем, ауд. час
<b>1.4 Решение систем линейных ОДУ с постоянными коэффициентами с помощью преобразования Лапласа.</b> Решение систем двух линейных обыкновенных дифференциальных уравнений с постоянными коэффициентами с помощью преобразования Лапласа	2
<b>1.5 Дискретное преобразование Лапласа.</b> Дискретное преобразование Лапласа, его свойства. Решение разностных уравнений	2
<i>Итого по разделу 1:</i>	<i>16</i>
<b>Всего по теоретическому разделу дисциплины:</b>	<b>16</b>

### 5.3 Содержание лабораторного практикума

Лабораторный практикум в соответствии с рабочим учебным планом не предусмотрен.

### 5.4 Тематика практических / семинарских занятий

Тематика практических / семинарских занятий и их трудоемкость представлена в таблице 4.

Таблица 4 – Тематика и трудоемкость практических / семинарских занятий

Перечень практических / семинарских занятий по разделам и их содержание	Трудоемкость разделов/тем, ауд. час
<b>Раздел 1 Операционное исчисление</b>	
<b>1.1 Нахождение оригиналов и изображений.</b> Разложение изображений на простейшие дроби. Нахождение изображений простейших элементарных функций по оригиналам, оригиналов по изображениям с помощью преобразования Лапласа	4
<b>1.2 Решение задачи Коши для линейных ОДУ с постоянными коэффициентами с помощью преобразования Лапласа.</b> Решение задачи Коши линейных ОДУ с постоянными коэффициентами с помощью преобразования Лапласа. Передаточная функция. Интеграл Дюамеля	4
<b>1.3 Решение задачи Коши для линейных ОДУ с постоянными коэффициентами с помощью передаточной функции и интеграла Дюамеля.</b> Решение линейных обыкновенных дифференциальных уравнений с постоянными коэффициентами при нулевых и ненулевых начальных условиях с использованием передаточной функции и интеграла Дюамеля	4
<b>1.4 Решение систем линейных ОДУ с постоянными коэффициентами операционным методом.</b> Решение систем линейных обыкновенных дифференциальных уравнений с постоянными коэффициентами с помощью преобразования Лапласа	2
<b>1.5 Решение разностных уравнений.</b>	2
<i>Итого по разделу 1:</i>	<i>16</i>
<b>Всего по практическим / семинарским занятиям дисциплины:</b>	<b>16</b>

## 5.5 Курсовое проектирование

Курсовая работа/проект в соответствии с рабочим учебным планом не предусмотрены.

## 6 Образовательные технологии

При проведении лекций используются следующие образовательные технологии: Обучение на основе опыта.

При проведении практических занятий используются следующие образовательные технологии: Работа в команде, Обучение на основе опыта, Исследовательский метод.

Для организации самостоятельной работы используются следующие образовательные технологии: Исследовательский метод.

## 7 Аннотация фонда оценочных средств

Фонд оценочных средств по дисциплине обеспечивает проверку освоения планируемых результатов обучения (компетенций и их индикаторов) посредством мероприятий текущего, рубежного и промежуточного контроля по дисциплине.

Связь между формируемыми компетенциями и формами контроля их освоения:

Компетенция	Индикаторы освоения	Аттестационные мероприятия
ОПК-1	З-ОПК-1	КР1, Зачет (4 сем.)
ОПК-1	У-ОПК-1	КР1, Зачет (4 сем.)
ОПК-1	В-ОПК-1	КР1, Зачет (4 сем.)

**Шкалы оценки образовательных достижений.** Шкала каждого контрольного мероприятия лежит в пределах от 0 до установленного максимального балла включительно. Итоговая аттестация по дисциплине оценивается по 100-балльной шкале и представляет собой сумму баллов, заработанных студентом при выполнении заданий в рамках текущего (**60 баллов**) и промежуточного контроля (**40 баллов**). Для допуска к промежуточному контролю по дисциплине студенту в течение календарного модуля необходимо набрать не менее 60% баллов при условии сдачи **всех** дисциплинарных разделов. Раздел считается сданным, если выполнены все виды контроля и набрано по ним не менее 60 % баллов от максимального по разделу.

В соответствии с учебным планом промежуточная аттестация в конце семестра осуществляется в форме Зачета.

### Аттестация в 4 семестре:

Вид контроля	Наименование видов контроля	Максимальная положительная оценка в баллах	Минимальная положительная оценка в баллах
<b>Текущая аттестация</b>			
КР1	Контрольная работа	60	36
<b>Сумма:</b>		<b>60</b>	<b>36</b>
<b>Промежуточная аттестация</b>			
Зачет		<b>40</b>	<b>24</b>
<b>Итого:</b>		<b>100</b>	<b>60</b>

Итоговая оценка выставляется в соответствии со следующей шкалой:

Сумма баллов по дисциплине	100–90	89–85	84–75	74–70	69–65	64–60	ниже 60
Оценка (ECTS)	A	B	C	D		E	F
Оценка по 4-х бальной шкале	отлично (отл.)	хорошо (хор.)			удовлетворительно (удовл.)		неудовлетворительно (неуд.)
Зачет	Зачтено						Не зачтено

Оценка *«отлично»* выставляется студенту, если он глубоко и прочно усвоил программный материал, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагает, умеет тесно увязывать теорию с практикой, использует в ответе материал монографической литературы.

Оценка *«хорошо»* выставляется студенту, если он твёрдо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос.

Оценка *«удовлетворительно»* выставляется студенту, если он имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении программного материала.

Оценка *«неудовлетворительно»* выставляется студенту, который не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки. Как правило, оценка *«неудовлетворительно»* ставится студентам, которые не могут продолжить обучение без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине.

#### **Вопросы для Зачета (4 семестр):**

- 1 Оригиналы и изображения. Теорема об оригиналах и изображениях
- 2 Определение преобразования Лапласа
- 3 Свойство линейности преобразования Лапласа
- 4 Нахождение изображений простейших элементарных функций
- 5 Теорема подобия
- 6 Теорема запаздывания
- 7 Теорема опережения
- 8 Теорема смещения. Свертка функций и ее свойство
- 9 Теорема умножения оригиналов
- 10 Методы отыскивания оригинала по известному изображению
- 11 Теорема дифференцирования оригинала
- 12 Теорема интегрирования оригинала
- 13 Теорема дифференцирования изображения
- 14 Теорема интегрирования изображения
- 15 Решение дифференциальных уравнений с помощью преобразования Лапласа
- 16 Передаточная функция и ее оригинал. Интеграл Дюамеля
- 17 Решение линейных дифференциальных уравнений с использованием передаточной функции при нулевых и ненулевых начальных условиях
- 18 Интегрирование систем линейных дифференциальных уравнений с постоянными коэффициентами с помощью преобразования Лапласа
- 19 Дискретное преобразование Лапласа и его свойства
- 20 Решение разностных уравнений

## **8 Учебно-методическое и информационное обеспечение учебной дисциплины**

### **8.1 Основная литература**

Л1.1 Плескунов М. А. Операционное исчисление: Учебное пособие для вузов / Плескунов М. А. ; под науч. ред. Короткого А.И. - Москва: Юрайт, 2021 - 141 с

## 8.2 Дополнительная литература

Л2.1 Анисова Т. Л. Операционное исчисление: Учебное пособие для вузов / Анисова Т. Л., Лахманов П. Г. - Москва: Юрайт, 2021 - 140 с

Л2.2 Ганичева А. В. Основы теории функции комплексной переменной. Операционное исчисление [Электронный ресурс] / Ганичева А. В. - Санкт-Петербург: Лань, 2021 - 148 с.

Л2.3 Краснов М. Л. Операционное исчисление. Теория устойчивости [Текст]: задачи и примеры с подробными решениями / М. Л. Краснов, А. И. Киселев, Г. И. Макаренко - М.: Книжный дом "Либроком", 2014 - 175, [1] с.

Л2.4 Краснов М. Л. Функции комплексного переменного. Операционное исчисление. Теория устойчивости: учебное пособие для вузов / М. Л. Краснов. А. И. Киселев, Г. И. Макаренко - М.: Наука, 1971 - 254, [2] с.

Л2.5 Калягина В. И. Операционное исчисление [Электронный ресурс]: учебное пособие / В. И. Калягина; Министерство образования и науки РФ, Национальный исследовательский ядерный университет "МИФИ", Северский технологический институт - филиал НИЯУ МИФИ (СТИ НИЯУ МИФИ) - Северск: Изд-во СТИ НИЯУ МИФИ, 2013 - с. 98.

## 8.3 Информационно-образовательные ресурсы

Э1 <http://library.mephi.ru> - Распределенный сводный каталог библиотек институтов НИЯУ МИФИ

Э2 <http://www.ssti.ru/cgi-bin/zgate/zgate?Init+ssti.xml,simple.xml+rus> - Электронный каталог библиотеки СТИ

Э3 <http://www.exponenta.ru> – образовательный математический сайт

Э4 <http://univertv.ru> - образовательный видеопортал

## 9 Материально-техническое обеспечение учебной дисциплины

Материально-техническое обеспечение дисциплины приведено на сайте СТИ НИЯУ МИФИ <http://www.ssti.ru/objects.html>

## 10 Учебно-методические рекомендации для студентов

Самостоятельная работа студентов – это планируемая учебная и внеаудиторная работа студентов, выполняемая по заданию преподавателя и под его методическим руководством, но без его непосредственного участия.

Целью самостоятельной работы студентов является приобретение новых знаний, систематизация и закрепление полученных теоретических знаний и практических умений студентов.

**Лекции.** Рекомендации по написанию конспекта лекций: кратко, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения: пометать основные мысли, выделять ключевые слова, термины. Проверка терминов, понятий с помощью энциклопедий, словарей, справочников с выписыванием толкований в тетрадь (тезаурус). Обозначение вопросов, терминов, материала, которые вызывают трудности, поиск ответов в рекомендуемой литературе. Если самостоятельно не удастся разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на следующем занятии или консультации.

**Практические занятия.** Для подготовки к практическому занятию, необходимо повторить теоретический материал по теме с использованием лекций и рекомендуемой литературы.



На занятии желательно иметь конспект лекций (или учебник, учебное пособие), чтобы самостоятельно или с сокурсниками и преподавателем сориентироваться на каждую тему решаемой задачи, поставленной проблемы и пр.

При решении задач:

1) нужно обосновать каждый этап решения, исходя из теоретических положений дисциплины. Если студент видит несколько путей решения, то он должен сравнить их и выбрать из них самый лучший;

2) решения задач и примеров следует излагать подробно, вычисления располагать в строгом порядке, отделяя вспомогательные вычисления от основных;

3) рисунки (графики) можно выполнять от руки, но аккуратно и в соответствии с данными условиями;

4) решение каждой задачи должно доводиться до ответа, требуемого условием, и по возможности в общем виде с выводом формулы. Полученный ответ следует проверять способами, вытекающими из существа данной задачи.

**Промежуточная аттестация.** Для подготовки к промежуточной аттестации студенту необходимо проработать конспекты лекционных и практических занятий, подготовить ответы к вопросам, выносимым на промежуточную аттестацию, при необходимости воспользоваться рекомендуемой литературой.

## **11 Учебно-методические рекомендации для преподавателей**

На лекционных, практических занятиях студентам сообщаются новые сведения, систематизируется и обобщается накопленный запас знаний, формируются на этой основе познавательные и профессиональные интересы. Преподаватель, проводя занятия, должен стремиться увлечь студентов, активно воздействовать на их эмоции, вызвать интерес к учебному предмету, стремление постоянно пополнять знания.

Самостоятельная работа студентов по данному курсу

- Проработка лекционного материала
- Подготовка к практическим занятиям, семинарам
- Выполнение индивидуальных заданий
- Подготовка к промежуточному контролю: Зачет (4 семестр)

В течение 4 семестра осуществляется контроль знаний студентов: см. раздел 5.1.

По результатам аттестационных мероприятий формируется допуск студента к итоговому контролю – Зачету по дисциплине. Студент на Зачете должен показать знание программного материала, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагать, уметь тесно увязывать теорию с практикой, использовать в ответе материал рекомендуемой литературы.

\*\*\*

Автор(ы): Н.А. Мельникова