

**Федеральное государственное автономное образовательное  
учреждение высшего образования  
«Московский физико-технический институт  
(национальный исследовательский университет)»**

**УТВЕРЖДЕНО**

**Директор физтех-школы  
радиотехники и компьютерных  
технологий**

**А.В. Дворкович**

	<b>Рабочая программа дисциплины (модуля)</b>
<b>по дисциплине:</b>	Дискретные преобразования сигналов
<b>по направлению:</b>	Прикладные математика и физика
<b>профиль подготовки:</b>	Радиотехника и компьютерные технологии Физтех-школа Радиотехники и Компьютерных Технологий кафедра радиоэлектроники и прикладной информатики
<b>курс:</b>	3
<b>квалификация:</b>	бакалавр

Семестр, формы промежуточной аттестации: 6 (весенний) - Дифференцированный зачет

Аудиторных часов: 30 всего, в том числе:

лекции: 30 час.

семинары: 0 час.

лабораторные занятия: 0 час.

Самостоятельная работа: 60 час.

Всего часов: 90, всего зач. ед.: 2

Количество контрольных работ, заданий: 3

Программу составил: А.В. Леус, канд. техн. наук, доцент

Программа обсуждена на заседании кафедры радиоэлектроники и прикладной информатики 14.04.2020

## Аннотация

Тематика курса включает в себя разделы, связанные с процессами дискретизации и квантования, построением дискретных преобразований сигналов (дискретного во времени преобразования Фурье, дискретного преобразования Фурье, кратковременного преобразования Фурье), их связью между собой, интерпретацией результатов, эффективными реализациями алгоритмов вычисления, использованию преобразований в целях анализа линейных дискретных систем и интерполяции сигналов.

Аудиторные задания по курсу проводятся в виде лекций. В ходе лекций рассматриваются теоретические основы цифровой обработки сигналов и проводится компьютерное моделирование с помощью среды MATLAB и библиотек языка программирования Python.

## 1. Цели и задачи

### Цель дисциплины

- изучение теории и методов анализа и синтеза систем цифровой обработки сигналов;
- освоение практических навыков по проектированию цифровых систем.

### Задачи дисциплины

- освоение студентами базовых знаний в области цифровых сигналов и систем уже на ранней стадии обучения (предложение базовых кафедр ФРТК);
- приобретение теоретических знаний по методам представления сигналов в системах с дискретным временем;
- приобретение навыков решения практических задач цифровой обработки сигналов.

## 2. Перечень формируемых компетенций

Освоение дисциплины направлено на формирование следующих компетенций:

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
УК-2 Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений	УК-2.1 Формулирует совокупность взаимосвязанных задач в рамках поставленной цели работы, обеспечивающих ее достижение. Определяет ожидаемые результаты решения поставленных задач
УК-3 Способен осуществлять социальное взаимодействие и реализовывать свою роль в команде	УК-3.1 Способен устанавливать разные виды коммуникации (учебную, научную, деловую, неформальную и др.)
ОПК-2 Способен использовать современные информационные технологии и программные средства при решении задач профессиональной деятельности, соблюдая требования информационной безопасности	ОПК-2.1 Способен применять современные вычислительную технику и сервисы сети Интернет в области (сфере) профессиональной деятельности
ОПК-3 Способен составлять и оформлять научные и (или) технические (технологические, инновационные) отчеты (публикации, проекты)	ОПК-3.1 Знает основные правила оформления научных публикаций и научно-технической документации, в том числе с использованием прикладного программного обеспечения
ОПК-4 Способен осуществлять сбор и обработку научно-технической и (или) технологической информации для решения фундаментальных и прикладных задач	ОПК-4.1 Владеет методами научного поиска и интеллектуального анализа информации при решении задач профессиональной деятельности
	ОПК-4.4 Владеет навыками работы с компьютером и компьютерными сетями с целью получения, хранения и обработки научной (технической, технологической) информации
ПК-2 Способен анализировать полученные в ходе научно-исследовательской работы данные и делать научные выводы (заключения)	ПК-2.3 Способен представлять научные утверждения, их обоснования и доказательства, научные проблемы и их решения ясно и точно в терминах, понятных для профессиональной аудитории, в письменной и устной форме

ПК-3 Способен выбирать и применять подходящее оборудование, инструменты и методы исследований для решения задач в избранной предметной области	ПК-3.1 Знает принципы работы и диапазоны рабочих параметров используемого научного оборудования
--	---

### 3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю)

В результате освоения дисциплины обучающиеся должны

знать:

- знать теоретические основы дискретных преобразований сигналов, процессов получения дискретных сигналов.

уметь:

- интерпретировать результаты преобразований над сигналами в целях спектрального анализа;
- применять дискретные преобразования сигналов для анализа линейных дискретных систем и интерполяции сигналов.

владеть:

- навыками самостоятельной работы в избранном научно-техническом направлении.
- культурой постановки и моделирования задач цифровой фильтрации и спектрального анализа сигналов в пакете программ MATLAB;
- навыками грамотной обработки результатов эксперимента и сопоставления с теоретическими данными;
- навыками освоения большого объема информации.

### 4. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам) с указанием отведенного на них количества академических часов и видов учебных занятий

#### 4.1. Разделы дисциплины (модуля) и трудоемкости по видам учебных занятий

№	Тема (раздел) дисциплины	Трудоемкость по видам учебных занятий, включая самостоятельную работу, час.			
		Лекции	Семинары	Лаборат. работы	Самост. работа
1	Классификация сигналов, понятия дискретизации и квантования	3			6
2	Преобразование Фурье, спектры импульсных и периодических сигналов	3			6
3	Дискретизация аналоговых сигналов	3			6
4	Дискретное во времени преобразование Фурье	3			6
5	Дискретное преобразование Фурье	3			6
6	Линейные дискретные системы	3			6
7	Алгоритм быстрого преобразования Фурье	3			6
8	Эффект растекания спектральных компонент	2			4
9	Интерполяция и прореживание сигнала	2			4
10	Представление сигналов ортогональными рядами	2			4
11	Дискретизация в частотной области	2			4
12	Кратковременное дискретное преобразование Фурье	1			2
Итого часов		30			60

Подготовка к экзамену	0 час.
Общая трудоёмкость	90 час., 2 зач.ед.

#### 4.2. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам (разделам)

Семестр: 6 (Весенний)

##### 1. Классификация сигналов, понятия дискретизации и квантования

Классификация сигналов. Аналоговые, дискретные и цифровые сигналы. Понятия дискретизации и квантования. АЦП и шум квантования.

##### 2. Преобразование Фурье, спектры импульсных и периодических сигналов

Преобразование Фурье, его свойства. Спектры периодических и импульсных сигналов.

##### 3. Дискретизация аналоговых сигналов

Дискретизация аналоговых сигналов. Спектр дискретизованного сигнала. Теорема Котельникова. Эффект наложения спектров. Выбор частоты дискретизации.

##### 4. Дискретное во времени преобразование Фурье

Оценка спектра дискретизованного сигнала по последовательности его отсчетов. Дискретное во времени преобразование Фурье (ДВПФ): формы записи, свойства, сходимость к непрерывной функции для абсолютно суммируемых последовательностей отсчетов. ДВПФ последовательности отсчетов гармонического сигнала и отрезка гармонического сигнала.

##### 5. Дискретное преобразование Фурье

Дискретное преобразование Фурье (ДПФ): формы записи, свойства, области применения (периодические сигналы и сигналы конечной длительности). Связь ДПФ и ДВПФ для периодических последовательностей, пример для отсчетов гармонического сигнала. Связь ДПФ и ДВПФ для последовательностей конечной длительности, интерполяция ДВПФ путем добавления нулевых отсчетов в сигнал. Частотная ось ДПФ, связь с частотами в спектрах аналогового и дискретного сигналов.

##### 6. Линейные дискретные системы

Линейные дискретные системы (ЛДС). Принцип суперпозиции. Стационарные системы. Частотная и импульсная характеристики ЛДС. Физическая реализуемость. Устойчивость. Свойства стационарных ЛДС. Явление Гиббса и идеальный фильтр нижних частот.

##### 7. Алгоритм быстрого преобразования Фурье

Алгоритм быстрого преобразования Фурье (БПФ). Разбиение  $N$  - точечного множества на два  $N/2$  - точечного множества при вычислении ДПФ. БПФ с составным основанием и с основанием 2. Применение БПФ для вычисления дискретной свертки (циклической и линейной) и отклика линейной дискретной системы.

##### 8. Эффект растекания спектральных компонент

Эффект растекания спектральных компонент. Окна в спектральном анализе, основные окна: прямоугольное, треугольное, Ханна, Хемминга, Блэкмана. Влияние ширины главного лепестка и максимального уровня боковых лепестков на результат спектрального анализа отрезка гармонического сигнала.

## 9. Интерполяция и прореживание сигнала

Интерполяция периодического сигнала с ограниченной спектральной полосой с помощью ДПФ. Прореживание сигнала и эффект наложения.

## 10. Представление сигналов ортогональными рядами

Представление сигналов ортогональными рядами. Полные ортонормированные системы. Обобщённые ряды Фурье. ДПФ как ряд Фурье по системе дискретных экспоненциальных функций.

## 11. Дискретизация в частотной области

Дискретизация в частотной области, дискретизация энергетического спектра, база сигнала, интерполяционная формула Котельникова в частотной области.

## 12. Кратковременное дискретное преобразование Фурье

Кратковременное дискретное преобразование Фурье (STFT). Спектрограмма. Разрешение STFT по времени и по частоте, выбор оконных функций.

## 5. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине (модулю)

Сайт кафедры Радиоэлектроники и прикладной информатики МФТИ: <http://kprf.mipt.ru/>, Google Classroom: LMS: <https://classroom.google.com/>  
Google Colaboratory: Онлайн-сервис: <http://colab.research.google.com/>  
MATLAB Online: Онлайн-сервис: <https://www.mathworks.com/>

## 6. Перечень рекомендуемой литературы

### Основная литература

1. Основы цифровой обработки сигналов [Текст] : в 3 ч. : учеб. пособие для вузов / Ю. Романюк ; М-во образования и науки РФ, Моск. физ.-техн. ин-т (гос. ун-т) .— 2-е изд., перераб. — М. : МФТИ, 2007 .— Ч. 1 : Свойства и преобразования дискретных сигналов. - 2007. - 332 с.
2. Дискретное преобразование Фурье в цифровом спектральном анализе [Текст] : учеб. пособие для вузов / Ю. А. Романюк ; М-во образования и науки Рос. Федерации, Фед. агентство по образованию, Моск. физ.-техн. ин-т (гос. ун-т) .— М. : МФТИ, 2007 .— 120 с.
3. Цифровая обработка сигналов [Текст] = Discrete-Time Signal Processing : [учеб. пособие для вузов] / А. Оппенгейм, Р. Шафер ; пер. с англ. под ред. С. Ф. Боева .— 3-е изд., испр. — М. : Техносфера, 2012 .— 1048 с.

### Дополнительная литература

1. Цифровая обработка сигналов [Текст] / А. Б. Сергиенко - СПб.Питер, 2006, 2007
2. Цифровой спектральный анализ и его приложения [Текст] : [учеб. пособие для вузов] / С. Л. Марпл-мл. ; пер. с англ. О. И. Хабарова, Г. А. Сидоровой под ред. И. С. Рыжака .— М. : Мир, 1990 .— 584 с.

## 7. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины (модуля)

Видеолекции на сайте МФТИ <http://lectoriy.mipt.ru>

## 8. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине (модулю), включая перечень необходимого программного обеспечения и информационных справочных систем (при необходимости)

Программное обеспечение:

пакет прикладных программ MATLAB,  
дистрибутив Anaconda для языка программирования Python 3,  
пакет GNU Octave.

Онлайн-сервисы для компьютерного моделирования:

Google Colaboratory <http://colab.research.google.com/>,

MATLAB Online <https://www.mathworks.com/>.

Системы дистанционного обучения:

LMS Google Classroom (Система управления обучением),

Google Hangouts Meet (сервис видеоконференцсвязи).

## **9. Методические указания для обучающихся по освоению дисциплины (модуля)**

Лекции по курсу включают в себя изучение теоретических основ дискретных преобразований и ознакомление с возможностями компьютерного моделирования исследуемых процессов. Самостоятельная работа включает в себя решение теоретических и практических задач, в том числе с использованием базовых навыков компьютерного моделирования, чтение рекомендованной литературы. В качестве онлайн сервисов для проведения компьютерного моделирования на Matlab и Python рекомендуется использование MATLAB Online и Google Colaboratory.

Для организации учебного процесса используется система управления обучением LMS Google Classroom, доступ осуществляется с помощью Google аккаунта в домене @phystech.edu. Обучающимся рекомендуется ознакомиться с учебными материалами на сайте кафедры <http://kprf.mipt.ru/> (разделы «Материалы / Лабораторные работы», «Учебные курсы / Дискретные преобразования сигналов»).

Для самостоятельного чтения рекомендуется литература:

1. Основы цифровой обработки сигналов: Курс лекций / Авторы Солонина А.И. и др. – СПб.: БХВ–Петербург, 2008 г.

**ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ПО ДИСЦИПЛИНЕ (МОДУЛЮ)**

<b>по направлению:</b>	Прикладные математика и физика
<b>профиль подготовки:</b>	Радиотехника и компьютерные технологии Физтех-школа Радиотехники и Компьютерных Технологий кафедра радиоэлектроники и прикладной информатики
<b>курс:</b>	3
<b>квалификация:</b>	бакалавр
Семестр, формы промежуточной аттестации: 6 (весенний) - Дифференцированный зачет	
<b>Разработчик:</b>	А.В. Леус, канд. техн. наук, доцент

## 1. Компетенции, формируемые в процессе изучения дисциплины

Код и наименование компетенции	Индикаторы достижения компетенции
УК-2 Способен определять круг задач в рамках поставленной цели и выбирать оптимальные способы их решения, исходя из действующих правовых норм, имеющихся ресурсов и ограничений	УК-2.1 Формулирует совокупность взаимосвязанных задач в рамках поставленной цели работы, обеспечивающих ее достижение. Определяет ожидаемые результаты решения поставленных задач
УК-3 Способен осуществлять социальное взаимодействие и реализовывать свою роль в команде	УК-3.1 Способен устанавливать разные виды коммуникации (учебную, научную, деловую, неформальную и др.)
ОПК-2 Способен использовать современные информационные технологии и программные средства при решении задач профессиональной деятельности, соблюдая требования информационной безопасности	ОПК-2.1 Способен применять современные вычислительную технику и сервисы сети Интернет в области (сфере) профессиональной деятельности
ОПК-3 Способен составлять и оформлять научные и (или) технические (технологические, инновационные) отчеты (публикации, проекты)	ОПК-3.1 Знает основные правила оформления научных публикаций и научно-технической документации, в том числе с использованием прикладного программного обеспечения
ОПК-4 Способен осуществлять сбор и обработку научно-технической и (или) технологической информации для решения фундаментальных и прикладных задач	ОПК-4.1 Владеет методами научного поиска и интеллектуального анализа информации при решении задач профессиональной деятельности
	ОПК-4.4 Владеет навыками работы с компьютером и компьютерными сетями с целью получения, хранения и обработки научной (технической, технологической) информации
ПК-2 Способен анализировать полученные в ходе научно-исследовательской работы данные и делать научные выводы (заключения)	ПК-2.3 Способен представлять научные утверждения, их обоснования и доказательства, научные проблемы и их решения ясно и точно в терминах, понятных для профессиональной аудитории, в письменной и устной форме
ПК-3 Способен выбирать и применять подходящее оборудование, инструменты и методы исследований для решения задач в избранной предметной области	ПК-3.1 Знает принципы работы и диапазоны рабочих параметров используемого научного оборудования

## 2. Показатели оценивания компетенций

В результате изучения дисциплины «Дискретные преобразования сигналов» обучающийся должен:

### знать:

- знать теоретические основы дискретных преобразований сигналов, процессов получения дискретных сигналов.

### уметь:

- интерпретировать результаты преобразований над сигналами в целях спектрального анализа;
- применять дискретные преобразования сигналов для анализа линейных дискретных систем и интерполяции сигналов.

### владеть:

- навыками самостоятельной работы в избранном научно-техническом направлении.
- культурой постановки и моделирования задач цифровой фильтрации и спектрального анализа сигналов в пакете программ MATLAB;
- навыками грамотной обработки результатов эксперимента и сопоставления с теоретическими данными;
- навыками освоения большого объема информации.

## 3. Перечень типовых (примерных) вопросов, заданий, тем для подготовки к текущему контролю



Текущий контроль проводится в виде трех письменных контрольных работ,

Примеры вопросов для контрольных работ:

Контрольная работа № 1

Вариант 1

№1. Найти спектр одиночного симметричного импульса  $x(t)$  продолжительностью 5мс, амплитудой 1 В. В качестве ответа выписать отношение абсолютных значений амплитуд спектра центрального и первого бокового лепестка (значения спектральной плотности вычислить в милливольтцах на Герц). Ответ округлить до 5-го знака после запятой.

№2. Выбрать шаг дискретизации в соответствии с теоремой отсчетов симметричного прямоугольного импульса длительностью 0,5 мс. В качестве верхней частоты спектра  $f_B$  принять значение частоты, при котором спектральная плотность обращается в нуль и для всех значений частот  $f > f_B$  значения модуля спектральной плотности не превышают 0,7 от максимального значения. Ответ привести в миллисекундах с точностью до 5-го знака после запятой.

№3. Рассмотрите последовательность:

$$x(k) = -j \cdot \exp\{j\omega_0 k\} (-j2\pi v_0 k), -\infty < k < +\infty, v_0 = 0,3.$$

Определите ее ДВПФ. В качестве ответа запишите через запятую точки из интервала  $[-0,5; 0,5]$  оси нормированных частот  $v$ , в которых находятся  $\delta$ - функции, а затем через запятую площади этих  $\delta$ - функций.

№4. Имеется финитная последовательность:

$$x(k) = \{-1; -6; -4; 1; -1; 6; 2\} @ k=0$$

Не вычисляя непосредственно ее ДВПФ  $X(v)$ , определите значения следующих выражений:

$$1) X(0); 2) X(1/2); 3) \int_{-1/2}^{1/2} [X(v) dv]; 4) \int_{-1/2}^{1/2} [|X(v)|^2 dv].$$

Контрольная работа № 2

Вариант 1.

№1. Найти и изобразить по модулю ДПФ 16-точечных последовательностей:

$$x(k) = \sum_{m=0}^{15} 151(k-m) \text{ и } y(k) = 15 \cdot x(k) \cdot \cos\{j\omega_0((2\pi k)/16)\}$$

№2. Вычислите 8-точечное ДПФ

$$X(n) = 1/N \sum_{k=0}^{N-1} [x(k) \cdot \exp\{j\omega_0(-j2\pi/N nk)\}]$$

Последовательности

укажите все значения  $X(n)$  на одном периоде.

Постройте для одного периода график действительной и мнимой части коэффициентов ДПФ (функции  $X(n)$ ).

№3. Для заданной последовательности  $x(k), k=0,1,2,\dots,N-1$ , построить граф БПФ с основанием 2 при  $N=8$  с прореживанием по времени.

Привести схему базовой операции.

Выписать значения поворачивающих множителей.

Оценить общее число комплексных умножений для приведенного алгоритма.

№4. Пусть имеется периодическая последовательность отсчетов  $x(k)$  с периодом  $N=10, \Delta t=1$ .

Известно, что ее ДПФ, вычисленное по формуле

$$X(n) = 1/N \sum_{k=0}^{N-1} [x(k) \exp\{j\omega_0(-j2\pi/N nk)\}],$$

Вычислите и постройте график ДВПФ периодической последовательности  $x(k)$ .

Контрольная работа № 3

№1. Вычислите 8-точечное ДПФ  $X(n) = 1/N \sum_{k=0}^{N-1} [x(k) \exp\{j\omega_0(-j2\pi/N nk)\}]$  последовательности:

Укажите все значения  $X(n)$  на одном периоде.

Постройте для одного периода график действительной и мнимой части коэффициентов ДПФ (функции  $X(n)$ ).

№2. Пусть периодический с периодом  $T$  аналоговый сигнал  $x(t)$  был дискретизован без наложения, причем шаг дискретизации  $\Delta t = T/N, N=1000, f_D = 1/\Delta t = 1$  кГц. Далее по отсчетам сигнала было вычислено  $N$ -точечное ДПФ. Каким частотам в Гц в спектре аналогового сигнала  $x(t)$  соответствуют отсчеты ДПФ с номерами

$$n_1=1, n_2=90, n_3=900?$$

№3. Найти спектр одиночного симметричного косинусоидального импульса  $x(t)$  продолжительностью 5 мс, амплитудой 0,1 В. В качестве ответа выписать разницу абсолютных значений амплитуд спектра центрального и второго бокового лепестка (значения плотности вычислить в милливольтцах на Герц). Ответ округлить до 5-го знака после запятой.

№4. Теоретический вопрос. Теорема Котельникова в частотной области. Интерполяционная формула Котельникова в частотной области.

#### **4. Перечень типовых (примерных) вопросов и тем для проведения промежуточной аттестации обучающихся**

Перечень вопросов для проведения промежуточного контроля, осуществляемого в виде дифференциального зачета:

- 1) Классификация сигналов. Аналоговые, дискретные и цифровые сигналы. Понятия дискретизации и квантования. АЦП и шум квантования.
- 2) Преобразование Фурье, его свойства. Спектры периодических и импульсных сигналов.
- 3) Дискретизация аналоговых сигналов. Спектр дискретизованного сигнала. Теорема Котельникова. Эффект наложения спектров. Выбор частоты дискретизации.
- 4) Оценка спектра дискретизованного сигнала по последовательности его отсчетов. Дискретное во времени преобразование Фурье (ДВПФ): формы записи, свойства, сходимость к непрерывной функции для абсолютно суммируемых последовательностей отсчетов. ДВПФ последовательности отсчетов гармонического сигнала и отрезка гармонического сигнала.
- 5) Дискретное преобразование Фурье (ДПФ): формы записи, свойства, области применения (периодические сигналы и сигналы конечной длительности). Связь ДПФ и ДВПФ для периодических последовательностей, пример для отсчетов гармонического сигнала. Связь ДПФ и ДВПФ для последовательностей конечной длительности, интерполяция ДВПФ путем добавления нулевых отсчетов в сигнал. Частотная ось ДПФ, связь с частотами в спектрах аналогового и дискретного сигналов.
- 6) Линейные дискретные системы (ЛДС). Принцип суперпозиции. Стационарные системы. Частотная и импульсная характеристики ЛДС. Физическая реализуемость. Устойчивость. Свойства стационарных ЛДС. Явление Гиббса и идеальный фильтр нижних частот.
- 7) Алгоритм быстрого преобразования Фурье (БПФ). Разбиение  $N$  - точечного множества на два  $N/2$  - точечного множества при вычислении ДПФ. БПФ с составным основанием и с основанием 2. Применение БПФ для вычисления дискретной свертки (циклической и линейной) и отклика линейной дискретной системы.
- 8) Эффект растекания спектральных компонент. Окна в спектральном анализе, основные окна: прямоугольное, треугольное, Ханна, Хемминга, Блэкмана. Влияние ширины главного лепестка и максимального уровня боковых лепестков на результат спектрального анализа отрезка гармонического сигнала.
- 9) Интерполяция периодического сигнала с ограниченной спектральной полосой с помощью ДПФ. Прореживание сигнала и эффект наложения.
- 10) Представление сигналов ортогональными рядами. Полные ортонормированные системы. Обобщённые ряды Фурье. ДПФ как ряд Фурье по системе дискретных экспоненциальных функций.
- 11) Дискретизация в частотной области, дискретизация энергетического спектра, база сигнала, интерполяционная формула Котельникова в частотной области.
- 12) Кратковременное дискретное преобразование Фурье (STFT). Спектрограмма. Разрешение STFT по времени и по частоте, выбор оконных функций.

#### **Критерии оценивания**

Оценка "отлично (10)" выставляется студенту, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины, проявляющему интерес к данной предметной области, продемонстрировавшему умение уверенно и творчески применять их на практике при решении конкретных задач, свободное и правильное обоснование принятых решений. Главный критерий - результаты письменной работы в конце семестра (должны быть решены все 3 задачи в билете). Учитывается количество и качество решений задач, предложенных на лекциях. За семестр каждому студенту (120 чел) предлагается представить решения 20 задач.

Оценка "отлично (9)" выставляется студенту, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины и умение уверенно применять их на практике при решении конкретных задач, свободное и правильное обоснование принятых решений. Главный критерий - результаты письменной работы в конце семестра (должны быть решены все 3 задачи в билете). Должны представлены решения не менее 15 (из предложенных 20) задач, предложенных на лекциях.

Оценка "отлично (8)" выставляется студенту, показавшему всесторонние, систематизированные, глубокие знания учебной программы дисциплины и умение уверенно применять их на практике при решении конкретных задач, правильное обоснование принятых решений, с некоторыми недочетами. Главный критерий - результаты письменной работы в конце семестра (должны быть решены все 3 задачи в билете с некоторыми недочетами). Учитывается количество и качество решений задач, предложенных на лекциях.

Оценка "хорошо (7)" выставляется студенту, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но недостаточно грамотно обосновывает полученные результаты. Главный критерий - результаты письменной работы в конце семестра (должны быть решены 2 из 3-х задач в билете). Учитывается количество и качество решений задач, предложенных на лекциях.

Оценка "хорошо (6)" выставляется студенту, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но допускает в ответе или в решении задач некоторые неточности. Главный критерий - результаты письменной работы в конце семестра (должны быть решены 2 из 3-х задач в билете). Учитывается количество и качество решений задач, предложенных на лекциях.

Оценка "хорошо (5)" выставляется студенту, если он в основном знает материал, грамотно и по существу излагает его, умеет применять полученные знания на практике, но допускает в ответе или в решении задач достаточно большое количество неточностей. Главный критерий - результаты письменной работы в конце семестра (должны быть решены 1,5 - 2 из 3 задач в билете). Учитывается количество и качество решений задач, предложенных на лекциях.

Оценка "удовлетворительно (4)" выставляется студенту, показавшему фрагментарный, разрозненный характер знаний, недостаточно правильные формулировки базовых понятий, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, но при этом он освоил основные разделы учебной программы, необходимые для дальнейшего обучения, и может применять полученные знания по образцу в стандартной ситуации. Главный критерий - результаты письменной работы в конце семестра (должны быть решены 1-2 из 3-х задач в билете). Учитывается количество и качество решений задач, предложенных на лекциях.

Оценка "удовлетворительно (3)" выставляется студенту, показавшему фрагментарный, разрозненный характер знаний, допускающему ошибки в формулировках базовых понятий, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, слабо владеет основными разделами учебной программы, необходимыми для дальнейшего обучения и с трудом применяет полученные знания даже в стандартной ситуации. Главный критерий - результаты письменной работы в конце семестра (должны быть решены 1 из 3-х задач в билете). Учитывается количество и качество решений задач, предложенных на лекциях.

Оценка "неудовлетворительно (2)" выставляется студенту, который не знает большей части основного содержания учебной программы дисциплины, допускает грубые ошибки в формулировках основных принципов и не умеет использовать полученные знания при решении типовых задач. Главный критерий - результаты письменной работы в конце семестра (не решены ни одна из трёх задач в билете). Не представлены решения задач, предложенных на лекциях.

Оценка "неудовлетворительно (1)" выставляется студенту, который не знает основного содержания учебной программы дисциплины, допускает грубейшие ошибки в формулировках базовых понятий дисциплины и вообще не имеет навыков решения типовых практических задач. Главный критерий - результаты письменной работы в конце семестра (не решены ни одна из трёх задач в билете). Не представлены решения задач, предложенных на лекциях.

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

Во время проведения дифференцированного зачёта обучающиеся могут пользоваться программой дисциплины, справочной литературой, вычислительной техникой, конспектами лекций.

Дифференцированный зачёт проводится путем устного опроса с обсуждением написанных ранее письменных работ.