

УТВЕРЖДАЮ  
 Директор ВШТЭ

## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

**Б1.Б.21**

(индекс дисциплины)

**Математические модели технологических процессов и производств**

(Наименование дисциплины)

Кафедра:

**32**

Код

Автоматизация технологических процессов и производств

(Наименование кафедры)

Направление подготовки: 15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств

Профиль подготовки: Автоматизация технологических процессов и производств ЦБП

Уровень образования: Бакалавриат

### План учебного процесса

Составляющие учебного процесса		Очное обучение	Очно-заочное обучение	Заочное обучение
Контактная работа обучающихся с преподавателем по видам учебных занятий и самостоятельная работа обучающихся (часы)	Всего	<b>72</b>		<b>72</b>
	Аудиторные занятия	<b>28</b>		<b>12</b>
	Лекции	14		4
	Лабораторные занятия			
	Практические занятия	14		8
	Самостоятельная работа	<b>44</b>		<b>56</b>
	Промежуточная аттестация			<b>4</b>
Формы контроля по семестрам (номер семестра)	Экзамен			
	Зачет	7		7
	Курсовая работа	7		7
<b>Общая трудоемкость дисциплины (зачетные единицы)</b>		<b>2</b>		<b>2</b>

Форма обучения:	Распределение зачетных единиц трудоемкости по семестрам									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Очная							<b>2</b>			
Очно-заочная										
Заочная							<b>2</b>			

Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по направлению подготовки 15.03.04 Автоматизация технологических процессов и производств

На основании учебных планов № b150304-3\_20  
z150304-3\_20

Кафедра-разработчик: Автоматизации технологических процессов и производств

Заведующий кафедрой: Ковалёв Д.А.

### **СОГЛАСОВАНИЕ:**

Выпускающая кафедра: Автоматизации технологических процессов и производств

Заведующий кафедрой: Ковалёв Д.А.

Методический отдел: Смирнова В.Г.

# 1. ВВЕДЕНИЕ К РАБОЧЕЙ ПРОГРАММЕ ДИСЦИПЛИНЫ

## 1.1. Место преподаваемой дисциплины в структуре образовательной программы

Блок 1: Базовая  Обязательная  Дополнительно является факультативом   
 Вариативная  По выбору

## 1.2. Цель дисциплины

Сформировать компетенции обучающегося в области знаний, необходимых для разработки и применения математических моделей технологических процессов и производств с использованием современных информационных технологий.

## 1.3. Задачи дисциплины

- Рассмотреть основы построения математических моделей технологических процессов и производств.

## 1.4. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Код компетенции	Формулировка компетенции	Этап формирования
ОПК-1	способностью использовать основные закономерности, действующие в процессе изготовления продукции требуемого качества, заданного количества при наименьших затратах общественного труда	2
<b>Планируемые результаты обучения</b> Знать: 1) основные закономерности, действующие в процессе изготовления продукции. Уметь: 1) использовать основные закономерности, действующие в процессе изготовления продукции, для построения математических моделей. Владеть: 1) навыками выбора закономерностей для построения математических моделей технологических процессов и производств.		
ПК-2	Способностью выбирать основные и вспомогательные материалы для изготовления изделий, способы реализации основных технологических процессов, аналитические и численные методы при разработке их математических моделей, методы стандартных испытаний по определению физико-механических свойств и технологических показателей материалов и готовых изделий, стандартные методы их проектирования, прогрессивные методы эксплуатации изделий.	2
<b>Планируемые результаты обучения</b> Знать: 1) способы реализации основных технологических процессов и действующие закономерности. Уметь: 1) использовать аналитические и численные методы для моделирования технологических процессов и производств. Владеть: 1) навыками разработки и использования математических моделей технологических процессов и производств.		
ПК-20	Способностью проводить эксперименты по заданным методикам с обработкой и анализом их результатов, составлять описания выполненных исследований и подготавливать данные для разработки научных обзоров и публикаций.	2

Код компетенции	Формулировка компетенции	Этап формирования
<b>Планируемые результаты обучения</b>		
Знать:		
1) программные продукты, используемые для обработки экспериментальных данных.		
Уметь:		
1) проводить эксперименты по заданным методикам с обработкой и анализом их результатов.		
Владеть:		
1) навыками выполнения экспериментов по разработанным методикам.		
2) навыками обработки и анализа экспериментальных данных и составления отчетов по выполненным исследованиям.		

#### 1.5. Дисциплины (практики) образовательной программы, в которых было начато формирование компетенций, указанных в п.1.4:

- Теплотехника (ОПК-1);
- Метрология, стандартизация и сертификация (ОПК-1);
- Технологические процессы автоматизированных производств (ОПК-1);
- Технические измерения и приборы в АСУТП (ОПК-1);
- Теория автоматического управления (ОПК-1, ПК-2);
- Учебная практика (практика по получению первичных профессиональных умений и навыков, в том числе первичных умений и навыков научно-исследовательской деятельности) (ОПК-1);
- Алгоритмизация и технологии программирования (ПК-2);
- Конструкционные материалы в системах автоматизации (ПК-2);
- Системы управления базами данных в АСУТП (ПК-2);
- Производственная практика (практика по получению профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности) (ПК-20).

## 2. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Наименование и содержание тем и форм контроля	Выделяемое время (часы)		
	очное обучение	очно-заочное обучение	заочное обучение
<b>Учебный модуль 1. Общие вопросы построения математических моделей технологических процессов и производств</b>			
Тема 1. Технологические процессы и производства как объекты управления. Классификация технологических процессов по видам аналитического описания и используемым закономерностям.	4		6
Тема 2. Приложения преобразования Лапласа при составлении математической модели. Общий алгоритм построения математической модели.	6		8
<b>Текущий контроль 1.</b> (опрос)	1		
<b>Учебный модуль 2. Математические модели объектов технологических процессов и производств</b>			
Тема 3. Математическая модель аппарата идеального вытеснения. Постановка задачи моделирования. Анализ входных, выходных переменных. Возмущающие воздействия. Ограничения.	9		9
Тема 4. Математическая модель аппарата идеального смешения. Постановка задачи моделирования. Анализ входных, выходных переменных. Возмущающие воздействия. Ограничения.	9		9
Тема 5. Математическая модель теплообменного устройства. Постановка задачи моделирования. Анализ входных, выходных переменных. Возмущающие воздействия. Ограничения.	9		9
Тема 6. Математическая модель химического реактора. Постановка задачи моделирования. Анализ входных, выходных переменных. Возмущающие воздействия. Ограничения.	9		9
Тема 7. Исследование объекта управления с помощью его математической	6		8

Наименование и содержание тем и форм контроля	Выделяемое время (часы)		
	очное обучение	очно-заочное обучение	заочное обучение
модели. Статические свойства объекта управления. Динамические свойства объекта управления. Анализ свойств объекта управления.			
<b>Текущий контроль 2.</b> (опрос)	1		
<b>Курсовая работа</b>	10		10
<b>Промежуточная аттестация по дисциплине</b> (зачет)	8		4
<b>ВСЕГО:</b>	<b>72</b>		<b>72</b>

### 3. ТЕМАТИЧЕСКИЙ ПЛАН

#### 3.1 Лекции

Номера изучаемых тем	Очное обучение		Очно-заочное обучение		Заочное обучение	
	Номер семестра	Объем (часы)	Номер семестра	Объем (часы)	Номер семестра	Объем (часы)
1	7	2			7	0,5
2	7	2			7	0,5
3	7	2			7	0,5
4	7	2			7	0,5
5	7	2			7	0,5
6	7	2			7	0,5
7	7	2			7	1
<b>ВСЕГО:</b>		<b>14</b>				<b>4</b>

#### 3.2 Практические и семинарские занятия

Номера изучаемых тем	Наименование и форма занятий	Очное обучение		Очно-заочное обучение		Заочное обучение	
		Номер семестра	Объем (часы)	Номер семестра	Объем (часы)	Номер семестра	Объем (часы)
3	Аналитическая математическая модель аппарата идеального вытеснения.	7	3			7	2
4	Аналитическая математическая модель аппарата идеального смешения.	7	3			7	2
5	Аналитическая математическая модель теплообменного устройства.	7	4			7	2
6	Аналитическая математическая модель химического реактора.	7	4			7	2
<b>ВСЕГО:</b>			<b>14</b>				<b>8</b>

#### 3.3 Лабораторные занятия

Не предусмотрено.

### 4. КУРСОВОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ

#### 4.1. Цели и задачи курсовой работы

Цель курсовой работы – исследование объекта управления с помощью его математической модели

Задачами курсовой работы являются:

- Изучение технологического процесса и основного технологического оборудования;

- Основные закономерности, действующие в технологическом процессе изготовления продукции;
- Построение или выбор математической модели для технологического процесса;
- Исследование объекта управления технологического процесса по его математической модели.

#### 4.2. Тематика курсовой работы

Составление или выбор математической модели для объекта технологического процесса или производства с исследованием свойств процесса по его модели может быть выполнена для любого технологического процесса производства, например:

- Составление математической модели парогенератора и пароперегревателя;
- Составление математической модели пароохладителя и парового конденсатора;
- Составление математической модели вакуум-фильтра промывки целлюлозы после варки;
- Составление математической модели водогрейного котла ПТВМ;
- Составление математической модели парового котла ДКВР;
- Составление математической модели стабилизатора давления пара на выходе ресивера;
- Составление математической модели смесителя бумажной массы и химикатов;
- Составление математической модели сушильной части БДМ.

#### 4.3. Требования к выполнению и представлению результатов курсовой работы

Работа выполняется индивидуально с использованием рекомендованной литературы по математическому моделированию технологических процессов в соответствии с заданием на курсовую работу и информации, полученной студентом в периоды учебной и производственной практик.

Результаты представляются в виде пояснительной записки, оформленной в соответствии с требованиями ГОСТ 7.32 -2001 с дополнениями и изменениями 2015 года. Объем пояснительной записки с приложениями не менее 20 страниц печатного текста формата А4, содержащей следующие обязательные элементы:

- упрощенная схема объекта технологического процесса (объекта управления) с её описанием;
- способ реализации технологического процесса и основные закономерности процесса;
- структура и описание математической модели объекта технологического процесса для одного из регулируемых параметров процесса;
- входные и выходные, возмущающие и управляющие параметры;
- свойства объекта управления в виде передаточных функций;
- анализ технологического процесса по результатам исследования его математической модели.

### 5. ТЕКУЩИЙ КОНТРОЛЬ УСПЕВАЕМОСТИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ

Номера учебных модулей, по которым проводится контроль	Форма контроля знаний	Очное обучение		Очно-заочное обучение		Заочное обучение	
		Номер семестра	Кол-во	Номер семестра	Кол-во	Номер семестра	Кол-во
1,2	Опрос	7	2				

### 6. САМОСТОЯТЕЛЬНАЯ РАБОТА ОБУЧАЮЩЕГОСЯ

Виды самостоятельной работы обучающегося	Очное обучение		Очно-заочное обучение		Заочное обучение	
	Номер семестра	Объем (часы)	Номер семестра	Объем (часы)	Номер семестра	Объем (часы)
Усвоение теоретического материала	7	13			7	23
Подготовка к практическим занятиям	7	13			7	23
Выполнение курсовой работы	7	10			7	10
Подготовка к зачету	7	8			7	4
<b>ВСЕГО:</b>		<b>44</b>				<b>60</b>

## 7. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

**7.1 Характеристика видов и используемых активных и интерактивных форм занятий**  
Не предусмотрено.

**7.2 Система оценивания успеваемости и достижений обучающихся для промежуточной аттестации**

традиционная

балльно-рейтинговая

## 8. ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 8.1. Учебная литература

а) основная учебная литература

1. Белов П.С. Математическое моделирование технологических процессов [Электронный ресурс]: учебное пособие (конспект лекций)/ Белов П.С.— Электрон. текстовые данные.— Егорьевск: Егорьевский технологический институт (филиал) Московского государственного технологического университета «СТАНКИН», 2016.— 121 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/43395>.— ЭБС «IPRbooks».

б) дополнительная учебная литература

2. Гурова Е.Г. Моделирование электротехнических систем [Электронный ресурс]: учебное пособие/ Е.Г. Гурова— Электрон. текстовые данные.— Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, 2014.— 52 с.— Режим доступа: <http://www.iprbookshop.ru/44966.html>.— ЭБС «IPRbooks».

**8.2. Перечень учебно-методического обеспечения для самостоятельной работы обучающихся по дисциплине**

Не предусмотрено.

**8.3. Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети "Интернет", необходимых для освоения дисциплины**

1. Электронно- библиотечная система «IPRbooks» [Электронный ресурс]URL: <http://www.iprbookshop.ru>.
2. Электронная библиотека ВШТЭ СПб ГУПТД[Электронный ресурс]URL: [http://nizrp.narod.ru/ebmu\\_m.htm](http://nizrp.narod.ru/ebmu_m.htm).

**8.4. Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем**

1. Microsoft Windows 8.1
2. Microsoft Office Professional 2013

**8.5. Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине**

1. Лекционная аудитория с мультимедийным учебным комплексом.
2. Лаборатория с оборудованием для автоматизации технологических процессов с использованием имитационных моделей технологических процессов и систем автоматического регулирования.

**8.6. Иные сведения и (или) материалы**

1. Компьютерные презентации,
2. Модели,
3. Раздаточные материалы,
4. Схемы.

## 9. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

Виды учебных занятий и самостоятельная работа обучающихся	Организация деятельности обучающегося
Лекции	Конспект лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы и формулировки; пометать важные мысли, выделять ключевые слова, термины. Работа с теоретическим материалом: найти ответ на вопросы в

	рекомендуемой литературе. Если самостоятельно не удается разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на консультации или на практическом занятии и др.
Практические занятия	Работа с конспектом лекций, просмотр рекомендуемой литературы, разбор технических решений по автоматизации технологических процессов.
Самостоятельная работа	Данный вид работы предполагает расширение и закрепление знаний, умений и навыков, усвоенных на аудиторных занятиях, путем самостоятельной проработки учебных материалов по дисциплине и другим источникам информации; выполнения практических работ и курсовой работы. При подготовке к зачету необходимо проработать конспекты лекций, рекомендуемую литературу, составить алгоритмы ответов на вопросы.

## 10. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

### 10.1. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

#### 10.1.1. Показатели оценивания компетенций на этапах их формирования

Код компетенции (этап освоения)	Показатели оценивания компетенций	Наименование оценочного средства	Представление оценочного средства в фонде
ОПК-1 (2)	1. Демонстрирует знание основных закономерностей, используемых в технологическом процессе или производстве продукта. 2. Способен использовать основные закономерности, действующие в процессе изготовления продукции, для построения математических моделей. 3. Способен оценить основные затраты на производство продукта и за счет чего можно снизить его себестоимость.	1. Устное собеседование. 2. Типовое практическое задание. 3. Курсовая работа.	1. Перечень вопросов к зачету (38 вопросов). 2. Перечень практических заданий (10 задач). 3. Тема и задания к курсовой работе (15 вариантов)
ПК-2 (2)	1. Способен использовать основные закономерности, используемые в технологическом процессе для построения его математической модели. 2. Использует аналитические и численные методы для получения результатов моделирования технологических процессов или производств. 3. Демонстрирует владение навыками разработки и использования математических моделей технологических процессов и производств.	1. Устное собеседование. 2. Типовое практическое задание. 3. Курсовая работа.	1. Перечень вопросов к зачету (38 вопросов). 2. Перечень практических заданий (10 задач). 3. Тема и задания к курсовой работе (15 вариантов)
ПК-20 (2)	1. Способен использовать программные продукты для обработки экспериментальных данных. 2. Владеет навыками выполнения экспериментов по разработанным методикам. 3. Владеет навыками обработки и анализа экспериментальных данных и составления отчетов по выполненным исследованиям.	1. Устное собеседование. 2. Типовое практическое задание. 3. Курсовая работа.	1. Перечень вопросов к зачету (38 вопросов). 2. Перечень практических заданий (10 задач). 3. Тема и задания к курсовой работе (15 вариантов)



## 10.1.2. Описание шкал и критериев оценивания сформированности компетенций

### Критерии оценивания сформированности компетенций

Оценка по традиционной шкале	Критерии оценивания сформированности компетенций
	Устное собеседование
Зачтено	Свободно и уверенно оперирует предоставленной информацией, отлично владеет навыками анализа и синтеза информации, знает все основные закономерности, используемые при составлении математических моделей процессов, методы решения проблем, предусмотренные учебной программой, знает типичные ошибки и возможные сложности при решении той или иной проблемы и способен выбрать и эффективно применить тот или иной адекватный метод решения конкретной задачи. Способен легко ориентироваться при видоизменении задания, использует в ответе материал монографической литературы, правильно обосновывает принятое решение, владеет разносторонними навыками и приемами решения задач. Знает типовые решения, используемые для получения математического описания (моделей) технологических процессов. Получил правильный ответ на практическое задание и может его интерпретировать.
Не зачтено	Неуверенно оперирует предоставленной информацией, не владеет навыками анализа и синтеза информации, знает не все основные закономерности, используемые при составлении математических моделей процессов, допускает типичные ошибки. Не способен выбрать и эффективно применить тот или иной адекватный метод решения конкретной проблемы. С трудом ориентируется при видоизменении задания, не владеет навыками и приемами решения задач. Допускает существенные ошибки в типовых решениях для составления моделей процессов. Получил неправильный ответ на практическое задание.
<b>Курсовая работа</b>	
отлично	Полное и разностороннее рассмотрение вопросов, свидетельствующее о значительной самостоятельной работе с источниками. Качество исполнения всех элементов работы соответствует требованиям, содержание полностью соответствует заданию. Полученные результаты представлены на основании изучения и анализа исследуемого процесса. Даны исчерпывающие выводы на поставленные вопросы. Работы представлена к защите в требуемые сроки.
хорошо	Работа выполнена в соответствии с заданием. Имеются отдельные несущественные ошибки в работе или в ответах на поставленные при защите вопросы, могут иметь место отступления от правил оформления работы или нарушены сроки представления работы к защите.
удовлетворительно	Задание выполнено полностью, но в работе есть отдельные существенные ошибки, присутствуют неточности в ответах, либо качество представления работы низкое, либо работа представлена с опозданием.
неудовлетворительно	Отсутствие одного или нескольких обязательных элементов задания, либо многочисленные грубые ошибки в работе, либо грубое нарушение правил оформления или сроков представления работы. Неспособность ответить на вопрос без помощи экзаменатора.

## 10.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующие этапы формирования компетенций

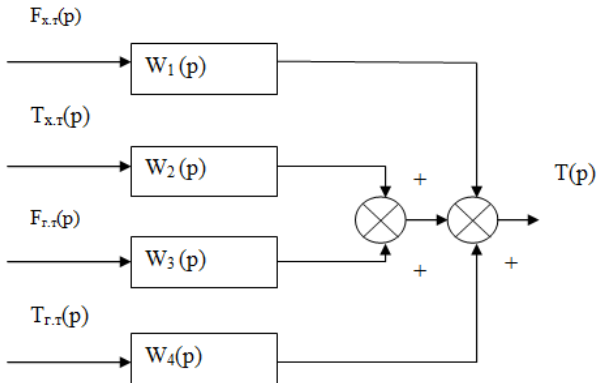
### 10.2.1. Перечень вопросов, разработанный в соответствии с установленными этапами формирования компетенций

№ п/п	Формулировка вопросов	№ темы
1	Что такое технологический процесс?	1
2	Что такое технологический регламент?	1
3	Как классифицируются технологические процессы в ЦБП?	1
4	Какова цель составления математической модели процесса?	1

5	Перечислить методы построения математических моделей.	1
6	Чем отличаются процессы в ЦБП с точки зрения применения фундаментальных законов?	1
7	Что включает математическая модель?	1
8	Что представляет структура модели объекта управления?	1
9	Какие основные физические соотношения используются при составлении уравнений материального баланса?	1
10	Как «работают» допущения при составлении математической модели?	1
11	Какие динамические звенья используются для описания свойств объектов?	2
12	Что такое динамическая разгонная кривая?	2
13	Что такое передаточная функция САУ или её звена?	2
14	Что такое переходная (разгонная) и весовая функции?	2
15	К чему приводит увеличение числа рассматриваемых переменных объекта при составлении его математической модели? Приведите пример.	2
16	Что нужно сделать для получения одномерной математической модели объекта в многомерной модели?	2
17	Условия для проведения активного эксперимента.	2
18	Приведите основные физические законы, применяемые при построении математических моделей.	2
19	Приведите общий алгоритм построения математической модели.	2
20	Модель идеального вытеснения.	3
21	Перечислите допущения в модели идеального вытеснения и объясните роль каждого из них.	3
22	Приведите примеры управляющих и возмущающих величин в системах управления отдельными технологическими процессами.	4
23	Модель идеального смешения.	4
24	Перечислите допущения в модели идеального смешения и объясните роль каждого из них.	4
25	Какие основные физические соотношения используются при составлении уравнений теплового баланса?	5
26	Модель теплообменного устройства.	5
27	Структура модели теплообменного устройства на примере теплообменника смешивающего типа.	5
28	Перечислите допущения в модели теплообменного устройства.	5
29	Каковы физические основания закона сохранения массы при химических реакциях?	6
30	Что такое скорость химической реакции и кинетическое уравнение?	6
31	Как определяется константа скорости химической реакции?	6
32	Модель химического реактора.	6
33	Перечислите допущения в модели химического реактора.	6
34	Что определяет статическая модель процесса?	7
35	Привести статическую модель для теплообменного устройства.	7
36	Что определяет динамическая модель процесса?	7
37	Привести динамическую модель для теплообменного устройства.	7
38	Активный эксперимент и условия его проведения.	7

**10.2.2. Вариант типовых заданий (задач, кейсов), разработанных в соответствии с установленными этапами формирования компетенций**

№ п/п	Формулировка задания	Ответ
-------	----------------------	-------

1	Изобразить структурную схему математической модели для одного из выходных параметров объекта управления технологического процесса (на примере теплообменника смешивающего типа).	
2	На приведенной структурной схеме модели указать каналы возмущающих воздействий и управляющего воздействия.	$W_1(p)$ , $W_2(p)$ , $W_4(p)$ - каналы возмущения; $W_3(p)$ - канал управления
3	На приведенной структурной схеме модели указать канал основного возмущающего воздействия.	$W_1(p)$ - канал основного возмущения
4	Привести вид передаточных функций по каналам структуры математической модели процесса.	$W_i(p) = K_i \cdot e^{-p\tau_i} / (1 + T_i p)$
5	Составить уравнения материального и теплового балансов технологического процесса.	$G = G_{x,t} + G_{r,t}$ $Q = Q_{x,t} + Q_{r,t} - Q_{t,потерь}$

### 10.3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, владений (навыков и (или) практического опыта деятельности), характеризующих этапы формирования компетенций

#### 10.3.1. Условия допуска обучающегося к сдаче зачета и защите курсовой работы и порядок ликвидации академической задолженности

Положение о проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся.

#### 10.3.2. Форма проведения промежуточной аттестации по дисциплине

устная  письменная  компьютерное тестирование  иная

#### 10.3.3. Особенности проведения зачета и защиты курсовой работы:

- Возможность пользоваться нормативной литературой;
- Время на подготовку ответа на зачете-30 минут;
- Время, отводимое на защиту курсовой работы, не должно превышать 15 мин, включая краткий доклад по результатам курсовой работы и ответы на вопросы.