

Министерство образования и науки Российской Федерации

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна»
ВЫСШАЯ ШКОЛА ТЕХНОЛОГИИ И ЭНЕРГЕТИКИ



УТВЕРЖДАЮ
Директор ВШТЭ

[Signature]
П.В.Луканин
« 28 » 06 20 18 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Б1.В.12 **Математические модели технологических процессов и производств**
(индекс дисциплины) (Наименование дисциплины)

Кафедра: **32** Автоматизация технологических процессов и производств
Код (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	72		72
	Аудиторные занятия	28		8
	Лекции	14		4
	Лабораторные занятия			
	Практические занятия	14		4
	Самостоятельная работа	44		60
	Промежуточная аттестация			4
Формы контроля по семестрам (номер семестра)	Экзамен			
	Зачет	7		5
	Курсовая работа	7		5
Общая трудоемкость дисциплины (зачетные единицы)		2		2

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

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 № b150304-234
z150304-234

Кафедра-разработчик: Автоматизация технологических процессов и производств
(наименование кафедры)

Заведующий кафедрой: Ковалёв Д.А. 
(Ф.И.О. заведующего, подпись)

СОГЛАСОВАНИЕ:

Выпускающая кафедра: Автоматизация технологических процессов и производств
(наименование кафедры)

Заведующий кафедрой: Ковалёв Д.А. 
(Ф.И.О. заведующего, подпись)

Методический отдел: Смирнова В.Г. 
(Ф.И.О. сотрудника отдела, подпись)

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
Планируемые результаты обучения 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
Планируемые результаты обучения 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
Планируемые результаты обучения		
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:

- Теория автоматического управления (ОПК-1, ПК-2);
- Теплотехника (ОПК-1);
- Технологические процессы автоматизированных производств (ОПК-1);
- Метрология, стандартизация и сертификация (ОПК-1);
- Технические измерения и приборы в АСУТП (ОПК-1);
- Учебная практика (практика по получению первичных профессиональных умений и навыков, в том числе первичных умений и навыков научно-исследовательской деятельности) (ОПК-1);
- Материаловедение и технология конструкционных материалов (ПК-2);
- Системы управления базами данных в АСУТП (ПК-2);
- Алгоритмизация и технологии программирования (ПК-2)
- Smart-технологии управления технологическими процессами (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
Учебный модуль 1. Общие вопросы построения математических моделей технологических процессов и производств			
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
Текущий контроль 1. (опрос)	1		
Учебный модуль 2. Математические модели объектов технологических процессов и производств			
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

Наименование и содержание тем и форм контроля	Выделяемое время (часы)		
	очное обучение	очно-заочное обучение	заочное обучение
Тема 7. Исследование объекта управления с помощью его математической модели. Статические свойства объекта управления. Динамические свойства объекта управления. Анализ свойств объекта управления.	6		8
Текущий контроль 2. (опрос)	1		
Курсовая работа	10		10
Промежуточная аттестация по дисциплине (зачет)	8		4
ВСЕГО:	72		72

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			5	0,5
2	7	2			5	0,5
3	7	2			5	0,5
4	7	2			5	0,5
5	7	2			5	0,5
6	7	2			5	0,5
7	7	2			5	1
ВСЕГО:		14				4

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			5	1
4	Аналитическая математическая модель аппарата идеального смешения.	7	3			5	1
5	Аналитическая математическая модель теплообменного устройства.	7	4			5	1
6	Аналитическая математическая модель химического реактора.	7	4			5	1
ВСЕГО:			14				4

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			5	25
Подготовка к практическим занятиям	7	13			5	25
Выполнение курсовой работы	7	10			5	10
Подготовка к зачету	7	8			5	4
ВСЕГО:		44				64

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. Электронная библиотека СПб ГУПТД [Электронный ресурс]URL: <http://www.iprbookshop.ru>.
2. Электронная библиотека ВШТЭ СПб ГУПТД[Электронный ресурс]URL: 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.
Курсовая работа	
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.

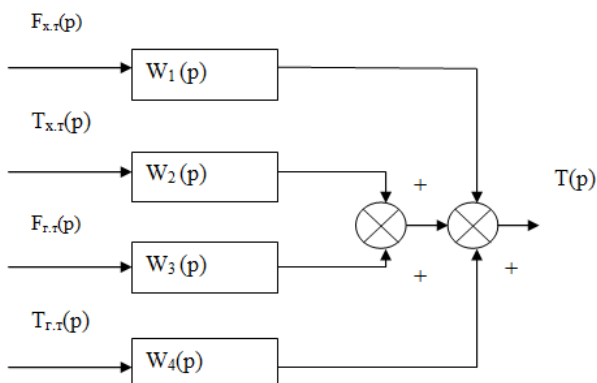
10.2. Типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности, характеризующие этапы формирования компетенций

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 САР 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 возмущающего воздействия
4	Привести вид передаточных функций по	$W_i(p) = K_i \cdot e^{-pt} / (1 + T_i p)$

	каналам структуры математической модели процесса.	
5	Составить уравнения материального и теплового балансов технологического процесса.	$G = G_{x.t.} + G_{г.т.}$ $Q = Q_{x.t.} + Q_{г.т.} - Q_{т.потерь}$

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.