

Федеральное государственное унитарное предприятие
«Центральный научно-исследовательский институт
конструкционных материалов «Прометей» имени И.В. Горынина
Национального исследовательского центра «Курчатовский институт»

Отдел подготовки научных кадров

УТВЕРЖДАЮ

Генеральный директор

НИЦ «Курчатовский институт» -
ЦНИИ КМ «Прометей»



А.С.Орыщенко

Введен в действие
приказом генерального директора

от « 28 » 08 201 7 г. № 314

Учебно-методический комплекс дисциплины

**Б1.В.ОД.3 Математические методы статистической обработки
экспериментальных данных**

Направление подготовки кадров высшей квалификации

22.06.01 Технологии материалов

Направленность

05.16.01 Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов

Квалификация выпускника

Исследователь. Преподаватель-исследователь

Форма обучения-заочная

Санкт-Петербург

2017

Составитель: Васильев В.В.- преподаватель

Учебно-методический комплекс дисциплины «Математические методы статистической обработки экспериментальных данных» составлен на основании Федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 22.06.01 Технология материалов, (уровень подготовки кадров высшей квалификации), утвержденного приказом Минобрнауки РФ от 30.07.2014 N 888

Учебно-методический комплекс дисциплины одобрен на заседании научно-методической комиссии по металлургическим специальностям и материаловедению (металлические, неметаллические, функциональные материалы) протокол №6 от 28.08.2017г.

Председатель НМК по металлургическим
специальностям и материаловедению



В.А.Малышевский

Согласовано:

Начальник отдела
подготовки научных кадров



Г.М.Орлова

«25» августа 2017г.

1. Цели и задачи освоения дисциплины

Цель дисциплины-обеспечение необходимого минимума современных знаний по организации и математическому планированию оптимальных экспериментов при проведении научных исследований в области создания и внедрения новых материалов, по прикладным аспектам многофакторного статистического анализа, а так же по применению численных методов решения задач оптимизации металлургических процессов с использованием компьютерной техники и специального программного обеспечения.

Задачи:

- ориентироваться в приоритетных научных направлениях в области статистического моделирования;
- знать основные принципы и методы построения многофакторных статистических моделей различных объектов, используемых при проведении научных исследований и решении практических физико-металлургических задач;
- знать основные положения математической теории планирования экспериментов, уметь составлять или синтезировать оптимальный план проведения экспериментов;
- уметь осуществлять постановку и решение задач оптимизации с использованием многофакторных моделей регрессионного анализа;
- знать и уметь применять основные пакеты прикладных программ для решения вышеуказанных задач;
- уметь проводить вычислительные эксперименты.

2. Место дисциплины в структуре ООП аспирантуры

Дисциплина «Математические методы статистической обработки экспериментальных данных» является обязательной, входит в состав Блока 1 «Дисциплины (модули)» и относится к вариативной части ООП по направлению подготовки 22.06.01 Технология материалов, (уровень подготовки кадров высшей квалификации), направленность 05.16.01 Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов. Индекс дисциплины по учебному плану- Б1.В.ОД.3

Дисциплина «Математические методы статистической обработки экспериментальных данных» изучается в 3 семестре.

Входные знания, умения и компетенции, необходимые для изучения данного курса, формируются в процессе изучения таких дисциплин, как математический анализ, матричная алгебра, теория вероятностей, математическая статистика, методы оптимизации, теория планирования эксперимента, прикладная информатика.

Взаимосвязь курса с другими дисциплинами ООП способствует углубленной подготовке аспирантов к решению специальных практических профессиональных задач и формированию необходимых компетенций.

3. Результаты обучения, определенные в картах компетенций и формируемые по итогам освоения дисциплины

Процесс изучения дисциплины «Математические методы статистической обработки экспериментальных данных» направлен на формирование следующих компетенций:

Код компетенции	Содержание компетенции
УК-5	способностью следовать этическим нормам в профессиональной деятельности
УК-6	способностью планировать и решать задачи собственного профессионального и личностного развития
ОПК-6	способностью и готовностью выполнять расчетно-теоретические и экспериментальные исследования в качестве ведущего исполнителя с применением компьютерных технологий
ОПК-9	способностью и готовностью разрабатывать технические задания и программы проведения расчетно-теоретических и экспериментальных работ
ПК-1	владеть базовыми знаниями математических и естественнонаучных дисциплин в объеме, необходимом для использования в профессиональной деятельности основных законов соответствующих наук, разработанных в них подходов, методов и результатов математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования

В результате освоения дисциплины аспирант должен

Знать:

основы современных методологических подходов к постановке и обработке результатов физико-химических, металлургических исследований и математических методов, применяемых при планировании и оптимизации эксперимента.

Уметь:

- решать вопросы организации и проведения пассивных и активных экспериментов при исследовании металлургических процессов;
- правильно сориентироваться в выборе многообразных компьютерных прикладных программ и правильно понимать область применения статистических методов решения того или иного класса задач;
- анализировать и делать выводы по научным и техническим проблемам, возникающим в процессе эксперимента.

Владеть:

- принципами разработки моделей и методик исследования процессов и материалов путём планирования эксперимента;
- навыками формирования и аргументации собственных суждений и научной позиции при толковании результатов математического планирования;

4. Структура и содержание дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетные единицы, 108 часов.

№ п/п	Раздел дисциплины, тема	Семестр	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу аспирантов и трудоемкость (в часах)			Формы текущего контроля успеваемости (по темам) Формы промежуточной аттестации (по семестрам)	Компетенции
			лекции и	практические	СР		
1.	Классификация задач математико-статистического моделирования, оптимизации, общая постановка задачи планирования оптимальных экспериментов при исследовании физико-металлургических процессов.					Текущий контроль успеваемости: <i>-наблюдение за обучающимися в процессе освоения дисциплины, оценка по итогам устного опроса, оценка практических занятий.</i>	УК-5 УК-6 ОПК-6 ОПК-9 ПК-1
1.1.	Введение	3	1	-	-		
2.	Исследование случайных величин, построение вероятностных моделей рядов распределений.					Промежуточная аттестация: <i>проводится в форме зачета с оценкой.</i>	УК-5 УК-6 ОПК-6 ОПК-9 ПК-1
2.1.	Вероятностные модели рядов распределений	3	3	-	10		
3.	Применение методов многофакторного статистического анализа при решении задач материаловедения и совершенствования металлургической технологии.					Промежуточная аттестация: <i>проводится в форме зачета с оценкой.</i>	УК-5 УК-6 ОПК-6 ОПК-9 ПК-1
3.1	Дисперсионный анализ в материаловедении.	3	1	-	6		

3.2	Построение и исследование моделей регрессионного анализа.	3	5	6	35		
3.3	Методы снижения размерности и классификации в задачах материаловедения.	3	1	-	5		
4.	Планирование оптимальных экспериментов при решении материаловедческих задач.						УК-5 УК-6 ОПК-6 ОПК-9 ПК-1
4.1.	Основы планирования оптимальных экспериментов	3	3	-	20		
5.	Практические аспекты использования методов оптимизации при решении различных физико-металлургических задач.						УК-5 УК-6 ОПК-6 ОПК-9 ПК-1
5.1.	Методы оптимизации	3	2	-	10		
Итого: 108 ч/3 з. е.			16	6	86		

СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Раздел 1. Классификация задач математико-статистического моделирования, оптимизации, общая постановка задачи планирования оптимальных экспериментов при исследовании физико-металлургических процессов.

Введение.

Общая постановка задачи планирования оптимальных экспериментов при исследовании физико-металлургических процессов. Классификация задач математико-статистического моделирования в металлургии. Общая постановка задач оптимизации.

Раздел 2. Вероятностные модели рядов распределений

Случайные величины и их характеристики. Законы распределения случайных величин. Подбор теоретических законов распределения случайных величин в материаловедческих

задачах, проверка гипотез согласия выборочных распределений с теоретическими. Использование законов распределения случайных величин в задачах статистического контроля качества металлургического производства. Планирование эксперимента в задачах контроля качества.

Раздел 3. Применение методов многофакторного статистического анализа при решении задач материаловедения и совершенствования металлургической технологии.

Дисперсионный анализ в материаловедении.

Модели дисперсионного анализа, статистические характеристики и критерии, используемые при проведении дисперсионного анализа. Практические аспекты применения одно- и двух- факторного дисперсионного анализа. Проверка однородности результатов экспериментов, сравнительный анализ.

Построение и исследование моделей регрессионного анализа.

Исследование зависимости между двумя переменными. Парный регрессионный анализ. Критерии качества регрессионных моделей. Адекватность, значимость, анализ остатков. Методы и алгоритмы построения многофакторных регрессионных моделей. Выбор исходной структуры регрессионной модели. Графическая интерпретация многофакторных регрессионных моделей, построение графиков зависимости и изограмм по построенным моделям.

Методы снижения размерности и классификации в задачах материаловедения.

Компонентный (факторный) анализ. Построение регрессионных моделей на главных компонентах в задачах исследования промышленного производства материалов и полуфабрикатов. Модели дискриминантного анализа. Классификация многомерных наблюдений.

Раздел 4. Планирование оптимальных экспериментов при решении материаловедческих задач.

Основы планирования оптимальных экспериментов

Что есть хороший эксперимент, полный факторный эксперимент. Критерии оптимальности планов. Выбор оптимальных планов для полиномиальных моделей. Практическое использование каталога D-оптимальных планов на кубе. Сравнительная эффективность использования методов планирования эксперимента при исследовании металлургических процессов.

Раздел 5. Практические аспекты использования методов оптимизации при решении различных физико-металлургических задач.

Методы оптимизации

Общая постановка задачи оптимизации, выбор целевой функции. Условная и безусловная оптимизация. Методы и алгоритмы решения задач условной и безусловной оптимизации. Линейное и нелинейное программирование, адаптивный случайный поиск. Практические аспекты применения методов оптимизации при решении задач материаловедения и совершенствования металлургической технологии.

5. Образовательные технологии, применяемые при освоении дисциплины

В преподавании курса используются в основном традиционные образовательные технологии – аудиторные (лекционные, семинарские и пр.), практические занятия, на которых аспиранты получают основной материал. Обсуждение наиболее сложных вопросов происходит на примерах решения конкретных практических задач. Самостоятельная работа направлена на освоение аспирантами современных компьютерных прикладных программ и технологий для решения задач планирования экспериментов и статистического моделирования.

Занятия в активной и интерактивной формах

Не предусмотрены.

6. Лабораторный практикум

Лабораторный практикум не предусмотрен.

7. Практические занятия

На практических занятиях осуществляется решение учебных и реальных практических задач, обсуждаются полученные результаты и наиболее сложные вопросы. Для самостоятельной работы аспиранты получают индивидуальные задания - учебные задачи, решение которых впоследствии докладывается и совместно обсуждается.

6. Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы аспирантов.

При изучении дисциплины несколько занятий проводится в интерактивной форме обучения, при этом аспиранты знакомятся с литературой по данной тематике, с демонстрационными версиями прикладного программного обеспечения, выполняют индивидуальные задания на домашних компьютерах или на компьютерах в учебном интернет-классе.

6.1. Виды самостоятельной работы

	Раздел (тема)	Вид самостоятельной работы	Литература
1.	Классификация задач математико-статистического моделирования, оптимизации, общая постановка задачи планирования оптимальных экспериментов при исследовании физико-металлургических процессов.	- проработка конспектов лекций и вопросов, вынесенных на самостоятельное изучение с помощью основной и	Рекомендуемая литература Теория вероятностей и математическая статистика./ Колемаев В.А., Калинина В.Н., 2017 г., ЮНИТИ-ДАНА (Электронный
1.1.	Введение		
2	Исследование случайных величин, построение вероятностных моделей рядов		

	распределений.		
2.1.	Вероятностные модели рядов распределений	дополнительной литературы;	ресурс)
3.	Применение методов многофакторного статистического анализа при решении задач материаловедения и совершенствования металлургической технологии.	- конспектирование материалов, аннотирование научных публикаций, работа со справочной литературой;	Дополнительная литература, рекомендуемая для самостоятельного изучения:
3.1	Дисперсионный анализ в материаловедении.	- подготовка к опросу, коллоквиуму;	Математические методы и модели исследования операций.
3.2	Построение и исследование моделей регрессионного анализа.	- выполнение домашних заданий (рефератов, презентаций)	Колемаев В.А. и др. ,2015 г., ЮНИТИ-ДАНА (Электронный ресурс)
3.3	Методы снижения размерности и классификации в задачах материаловедения.	- участие в НИР аспирантов и пр.)	Электронные образовательные ресурсы:
4.	Планирование оптимальных экспериментов при решении материаловедческих задач.	- подготовка к практическим занятиям, коллоквиумам, зачётам	IPRbooks eLibrary.ru Учебно-методические материалы по программе Statistica / http://www.statsoft.ru
	Основы планирования оптимальных экспериментов		
4.1.	Практические аспекты использования методов оптимизации при решении различных физико-металлургических задач.		
5.	Методы оптимизации		
	Итого часов на самостоятельную работу:	86 часов	

6.2. Порядок выполнения самостоятельной работы

Самостоятельная подготовка к занятиям осуществляется регулярно по каждой теме дисциплины и определяется календарным графиком изучения дисциплины.

7. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины

7.1. Формы текущего контроля работы аспирантов

Текущий контроль успеваемости обучающихся осуществляется посредством учета посещаемости, оценки работы обучающихся в аудитории (работа в малых группах, участие в коллоквиумах). Оценочные средства по дисциплине представлены в Приложении 1 «Фонд оценочных средств».

7.2. Порядок осуществления текущего контроля

Текущий контроль освоения отдельных разделов дисциплины осуществляется при помощи устного опроса в завершении изучения каждого раздела. Система текущего контроля успеваемости служит в дальнейшем наиболее качественному и объективному оцениванию в ходе промежуточной аттестации.

7.3. Промежуточная аттестация по дисциплине

Для получения зачета аспиранты обязаны:

- присутствовать не менее чем на 75% занятий;
- активно участвовать в обсуждениях материала
- выполнить задания по практическому занятию.

Промежуточная аттестация проводится в форме зачета в 3 семестре.

7.4. Фонд оценочных средств

Содержание фонда оценочных средств см. Приложение №1.

8. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

8.1. Рекомендуемая литература

1. Теория вероятностей и математическая статистика./ Колемаев В.А., Калинина В.Н., 2017 г., ЮНИТИ-ДАНА (Электронный ресурс)

8.2. Дополнительная литература, рекомендуемая для самостоятельного изучения:

2. 1. Математические методы и модели исследования операций. Колемаев В.А. и др. ,2015 г., ЮНИТИ-ДАНА (Электронный ресурс)

8.3. Электронные образовательные ресурсы:

1. IPRbooks
2. eLibrary.ru
3. Учебно-методические материалы по программе Statistica / <http://www.statsoft.ru>

9. Материально-техническое обеспечение дисциплины

Стандартно оборудованная аудитория:

- стол ученический-6 шт.
- стулья ученические- 12 шт.
- доска настенная меловая-1 шт.
- мультимедиа –проектор -1 шт.

- персональный компьютер-1 шт.

Адаптация рабочей программы для лиц с ОВЗ

Адаптированная программа разрабатывается при наличии заявления со стороны обучающегося (родителей, законных представителей) и медицинских показаний (рекомендациями психолого-медико-педагогической комиссии). Для инвалидов адаптированная образовательная программа разрабатывается в соответствии с индивидуальной программой реабилитации.

**ПАСПОРТ
фонда оценочных средств**

Направление 22.06.01 Технология материалов

Направленность Металловедение и термическая обработка металлов и сплавов

Дисциплина Б1.В.ОД.3 Математические методы статистической обработки экспериментальных данных

Форма промежуточной аттестации зачет с оценкой

КОНТРОЛЬ И ОЦЕНКА РЕЗУЛЬТАТОВ ОСВОЕНИЯ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

Код компетенции	Содержание компетенции	Формы и методы контроля и оценки результатов обучения
УК-5	способностью следовать этическим нормам в профессиональной деятельности	Устный контроль в форме дискуссии, дебатов, устный индивидуальный опрос, оценка самостоятельной работы Оценка выполнения практических заданий
УК-6	способностью планировать и решать задачи собственного профессионального и личностного развития	Устный контроль в форме дискуссии, дебатов, устный индивидуальный опрос, оценка самостоятельной работы Оценка выполнения практических заданий
ОПК-6	способностью и готовностью выполнять расчетно-теоретические и экспериментальные исследования в качестве ведущего исполнителя с применением компьютерных технологий	Устный контроль в форме дискуссии, дебатов, устный индивидуальный опрос, оценка самостоятельной работы Оценка выполнения практических заданий
ОПК-9	способностью и готовностью разрабатывать технические задания и программы проведения расчетно-теоретических и экспериментальных работ	Устный контроль в форме дискуссии, дебатов, устный индивидуальный опрос, оценка самостоятельной работы Оценка выполнения практических заданий
ПК-1	владеть базовыми знаниями математических и естественнонаучных дисциплин в объеме, необходимом для использования в профессиональной	Устный контроль в форме дискуссии, дебатов, устный индивидуальный опрос, оценка самостоятельной

	деятельности основных законов соответствующих наук, разработанных в них подходов, методов и результатов математического анализа и моделирования, теоретического и экспериментального исследования	работы Оценка выполнения практических заданий
--	---	--

1. Фонд оценочных средств текущей аттестации

Перечень вопросов для подготовки к устным беседам, дискуссиям, коллоквиумам

Раздел	Вопросы для подготовки	Литература
Классификация задач математико-статистического моделирования, оптимизации, общая постановка задачи планирования оптимальных экспериментов при исследовании физико-металлургических процессов.	1. Модель вместо закона. Виды моделей и их краткая характеристика. 2. Случайные величины и их числовые характеристики 3. Основные теоретические законы распределения случайных величин. 4. Критерии согласия выборочных распределений с теоретическими.	Рекомендуемая литература Теория вероятностей и математическая статистика./ Колемаев В.А., Калинина В.Н., 2017 г., ЮНИТИ-ДАНА (Электронный ресурс) Дополнительная литература, рекомендуемая для самостоятельного изучения: Математические методы и модели исследования операций. Колемаев В.А. и др., 2015 г., ЮНИТИ-ДАНА (Электронный ресурс) Электронные образовательные ресурсы: IPRbooks eLibrary.ru Учебно-
Введение	5. Задачи и методы исследования зависимости между дискретными и непрерывными случайными величинами.	
Исследование случайных величин, построение вероятностных моделей рядов распределений.	6. Исследование зависимости между двумя количественными переменными. Парный регрессионный анализ.	
Вероятностные модели рядов распределений	7. Статистические критерии оценки качества регрессионной модели. Анализ остатков.	
Применение методов многофакторного статистического анализа при решении задач материаловедения и совершенствования металлургической технологии.	8. Методы и алгоритмы построения многофакторных регрессионных моделей. 9. Критерии оценки значимости влияния факторов в модели.	
Дисперсионный анализ в материаловедении.	10. Виды и области применения доверительных интервалов для уравнения регрессии.	
Построение и исследование моделей регрессионного анализа.	11. Что такое “хороший эксперимент”? Информативность эксперимента и оценка надежности результатов эксперимента.	

Методы снижения размерности и классификации в задаче материаловедения.	12. Регрессионные эксперименты. Полный факторный эксперимент, его свойства и характеристики. 13. Основные критерии оптимальности планов. 14. Общая постановка задачи оптимизации. Условная и безусловная оптимизация.	методические материалы по программе Statistica / http://www.statsoft.ru
Планирование оптимальных экспериментов при решении материаловедческих задач.		
Основы планирования оптимальных экспериментов		
Практические аспекты использования методов оптимизации при решении различных физико-металлургических задач.		
Методы оптимизации		

2.Задания для практических занятий

Тема: Построение и исследование моделей регрессионного анализа.

Цели работы: Получение практического опыта построения и исследования парных и многофакторных регрессионных моделей при решении физико-металлургических задач, включая:

- Расчет и интерпретацию числовых характеристик взаимосвязи между двумя и более переменными
- Оценку коэффициентов уравнения регрессии
- Оценку качества полученных регрессионных моделей (значимость, адекватность, креативность, валидификационность)
- Построение доверительных интервалов для предсказывающих регрессионных моделей
- Графическую интерпретацию полученных регрессионных моделей

Время выполнения практического задания - 6 часов

Проверяемы компетенции:

УК-5,УК-6,ОПК-6,ОПК-9,ПК-1

Аспирант должен

Знать:

- основные принципы, методы и алгоритмы построения и исследования многофакторных регрессионных моделей, используемые при проведении научных исследований и решении практических физико-металлургических задач;

- возможности основных современных пакетов прикладных программ для решения вышеуказанных задач и принципы их использования;

Уметь:

- применить один из пакетов прикладных программ (Statistica, Matlab, Solver, MathCad, пр.)

Оборудование: бумага, ручка, персональный компьютер.

Информационное обеспечение:

Теория вероятностей и математическая статистика./ Колемаев В.А., Калинина В.Н., 2017 г., ЮНИТИ-ДАНА (Электронный ресурс)

Математические методы и модели исследования операций. Колемаев В.А. и др. ,2015 г., ЮНИТИ-ДАНА (Электронный ресурс)

IPRbooks

eLibrary.ru

Учебно-методические материалы по программе Statistica / <http://www.statsoft.ru>

Задание: Используя учебные данные или свои собственные результаты регрессионных экспериментов осуществите:

1. Выбор теоретического закона распределения применительно к тестовым данным.
2. Расчет вероятности получения тех или иных значений случайной величины.
3. Сравнение распределения двух случайных величин
4. Расчет дисперсии ошибки (чистой ошибки эксперимента) в задачах построения регрессионных моделей.
5. Построение парной регрессионной модели и оценка ее качества (на примере тестовых данных).
6. Построение и исследование многофакторной регрессионной модели, полученной по тестовым данным.
7. Оценка эффективности использования математической теории эксперимента при исследовании многокомпонентных систем в материаловедении.

Критерии оценки практического задания:

«зачтено»	Аспирант при ответе демонстрирует знание содержания тем учебной дисциплины, владеет основными понятиями. Информирован и способен делать анализ. Может предложить пути решения возникающих проблем.
«не зачтено»	Аспирант при ответе демонстрирует плохое знание значительной части основного материала, не информирован или слабо разбирается в проблемах, и/или не в состоянии наметить пути их решения

3. Фонд оценочных средств самостоятельной работы

Перечень тем рефератов, докладов, презентаций.

1. Выбор вида регрессионной модели, с выполнением необходимых преобразований переменных, сформируйте исходную структуру регрессионной модели.
2. Построение “наилучшего” уравнения регрессии, включая расчет коэффициентов итоговой модели.
3. Оценку качества модели (адекватность, значимость, анализ остатков), доверительные интервалы.
4. Графическую интерпретацию построенной модели.
5. Оценку практической возможности использования модели.

Самостоятельную работу необходимо сдать преподавателю, оформленную в виде реферата (на бумажном носителе или в электронном формате). Форму выполнения самостоятельной работы аспирант выбирает самостоятельно.

Критерии оценки самостоятельной работы:

«зачтено»	Аспирант при выполнении самостоятельной работы демонстрирует знание содержания темы исследования, владеет основными понятиями. Информирован и способен делать анализ. Может предложить пути решения возникающих проблем.
«не зачтено»	Аспирант при выполнении самостоятельной работы демонстрирует плохое знание значительной части основного материала, не информирован или слабо разбирается в проблемах, и/или не в состоянии наметить пути их решения

4. Фонд оценочных средств промежуточной аттестации

ПЕРЕЧЕНЬ ВОПРОСОВ, ЗАДАНИЙ К ЗАЧЕТУ

1. Основные виды моделей и их особенности.
2. Основные числовые характеристики и закон распределения случайной величины.
3. Основные теоретические законы распределения случайных величин.
4. Однофакторный дисперсионный анализ. Назначение и особенности применения.
5. Парный регрессионный анализ. Назначение. Критерии оценки качества регрессионной модели.
6. Проверка однородности двух и более выборок.
7. Критерии согласия выборочных распределений с теоретическими.
8. Многофакторный регрессионный анализ. Назначение. Оценка значимости влияния факторов.
9. Доверительные интервалы для уравнения парной регрессии. Назначение. Виды.
10. Методы построения предсказывающих многофакторных уравнений регрессии.
11. Методы построения многофакторных регрессионных уравнений для управления исследуемым процессом.
12. Математическая теория эксперимента. Регрессионные эксперименты. Полный факторный эксперимент и его числовые характеристики.
13. Основные критерии оптимальности планов. Общая характеристика.

14. Общая постановка задачи оптимизации. Условная и безусловная оптимизация.
15. Модель вместо закона. Виды моделей и их краткая характеристика.
16. Случайная величина и ее числовые характеристики.
17. Закон распределения случайной величины. Критерии согласия.
18. Закон распределения случайной величины. Оценка параметров законов распределений. Метод моментов.
19. Нормальное распределение. Его применение в технике.
20. Однофакторный дисперсионный анализ. Назначение. Таблица. Критерии.
21. Парная регрессия. Оценка параметров линейной регрессионной модели. Оценка качества регрессионной модели. Дисперсия ошибки.
22. Многофакторный регрессионный анализ. Оценка качества регрессионной модели. Адекватность. Значимость. Валидификационность. Креативность.
23. Анализ остатков как метод оценки качества регрессионной модели.
24. Планирование эксперимента. Критерии оптимальности планов.
25. Методы решения оптимизационных задач.

Критерии оценки зачета с оценкой:

«Отлично»	Выставляется аспиранту, если он глубоко и прочно усвоил программный материал, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагает, умеет тесно увязывать теорию с практикой, свободно справляется с задачами, вопросами и другими видами применения знаний, причем не затрудняется с ответом при видоизменении заданий, правильно обосновывает принятое решение, владеет разносторонними навыками и приемами выполнения практических задач
«Хорошо»	Выставляется аспиранту, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос, правильно применяет теоретические положения при решении практических вопросов и задач, владеет необходимыми навыками и приемами их выполнения
«Удовлетворительно»	Выставляется аспиранту, если он имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, испытывает затруднения при выполнении практических работ.
«Неудовлетворительно»	Выставляется аспиранту, который не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки, неуверенно, с большими затруднениями выполняет практические работы

Методические указания для самостоятельной работы

Самостоятельные работы выполняются индивидуально в свободное от занятий время.

Аспирант обязан:

- перед выполнением самостоятельной работы, повторить теоретический материал, пройденный на аудиторных занятиях;
- выполнить работу согласно заданию;
- по самостоятельной работе представить преподавателю отчет .

Методические рекомендации для обучающихся:

- 1.Методика ведения записей прочитанного.
- 2.Рекомендации по написанию реферата (доклада).
- 3.Рекомендации по составлению конспекта.
- 4.Правила оформления списка литературы.
- 5.Правила оформления титульных листов.

Материалы самостоятельных работ разрабатываются преподавателем и включают в себя основные документы, в том числе:

- инструкции, направляющие аспиранта в процессе самостоятельной работы;
- задания, соответствующие основным разделам рабочей программ;
- тематику рефератов, докладов и творческих работ;
- списки основной и дополнительной литературы;
- виды консультативной помощи;
- виды и формы контроля;
- критерии оценки знаний аспиранта;
- рекомендуемый объем работы;
- ориентировочные сроки ее представления и др.

Контроль самостоятельной работы обучающихся может быть в письменной, устной или иной формах, направленных на достижение конечного результата.

Самостоятельная работа обучающихся проводится с целью:

- систематизации и закрепления полученных теоретических знаний и практических умений обучающихся;
- углубления и расширения теоретических знаний;
- формирования умений использовать справочную литературу;
- развития познавательных способностей и активности обучающихся: творческой инициативы самостоятельности, ответственности и организованности;
- формирования самостоятельности мышления, способностей к саморазвитию, самосовершенствованию, и самореализации;
- развития исследовательских умений.

К функциям самостоятельной работы относятся:

- **Развивающая** (повышение культуры умственного труда, приобщение к творческим видам деятельности, обогащение интеллектуальных способностей обучающихся);

.Информационно-обучающая (учебная деятельность обучающихся на аудиторных занятиях, неподкрепленная самостоятельной работой, становится мало результативной);

- **Ориентирующая и стимулирующая** (процессу обучения придается профессиональное ускорение);
- **Воспитывающая** (формируются и развиваются профессиональные качества специалиста);
- **Исследовательская** (новый уровень профессионально-творческого мышления).

В основе самостоятельной работы обучающихся лежат принципы:

- самостоятельности;
- развивающейся творческой направленности;
- целевого планирования;
- личностно- деятельностного подхода.

Виды самостоятельной работы обучающихся

1. Репродуктивная самостоятельная работа:

-самостоятельное прочтение, просмотр, конспектирование учебной литературы, прослушивание лекций, Интернет-ресурсы, повторение учебного материала и др.

2. Познавательная-поисковая самостоятельная работа:

подготовка сообщений, докладов, выступлений на семинарских и практических занятиях, подбор литературы по дисциплинарным проблемам, написание рефератов, контрольных, курсовых работ и др.

3. Творческая самостоятельная работа:

написание рефератов, участие в научно-исследовательской работе, выполнение специальных заданий и др., участие в научной конференции.

Формы самостоятельной работы обучающихся:

1. Конспектирование.
2. Реферирование литературы.
3. Аннотирование книг, статей.
4. Выполнение заданий поисково-исследовательского характера.
5. Углубленный анализ научно-методической литературы.
6. Работа с лекционным материалом: проработка конспекта лекций, работа на полях конспекта с терминами, дополнение конспекта материалами из рекомендованной литературы.
7. Участие в работе семинара: подготовка сообщений, докладов, заданий.

8. Лабораторно-практические занятия: выполнение задания в соответствии с инструкциями и методическими указаниями преподавателя, получение результата.

9. Научно-исследовательская работа.

Правила написания и оформления реферата

Написание реферата и его защита перед преподавателем или группой предполагает, что обучающийся должен знать правила написания и оформления реферата, а также уметь подготовить сообщение по теме своего реферата, быть готовым отвечать на вопросы преподавателя и обучающихся по содержанию реферата. Слово «реферат» происходит от древнего латинского «refereo», то есть «сообщаю», «докладываю».

I.Реферат представляет собой краткое изложение в письменном виде или в форме публичного выступления содержания текстовых материалов по теме исследования и их оценку, самостоятельный анализ.

В процессе работы над рефератом можно выделить 4 этапа:

1. Вводный – выбор темы, работа над планом и введением.
2. Основной – работа над содержанием и заключением реферата.
3. Заключительный - оформление реферата.
4. Защита реферата (на экзамене, студенческой конференции и пр.)

Структура реферата:

- **Титульный лист.**

- **Содержание:** план или оглавление реферата с указанием страниц, глав, разделов.

- **Введение:** обоснование темы реферата, ее актуальность, значимость; перечисление вопросов, рассматриваемых в реферате; определение целей и задач работы. Объем введения составляет 2-3 страницы.

- **Основная часть:** основная часть имеет название, выражающее суть реферата, может состоять из двух-трех разделов, которые тоже имеют название. В основной части глубоко и систематизировано излагается состояние изучаемого вопроса; приводятся противоречивые мнения, содержащиеся в различных источниках, которые анализируются и оцениваются с особой тщательностью и вниманием.

-**Заключение (выводы и предложения):** формулируются результаты анализа эволюции и тенденции развития рассматриваемого вопроса; даются предложения о способах решения существенных вопросов. Объем заключения 2-3 страницы.

- **Список литературы.**

- **Приложение (при необходимости).**

При изложении материала необходимо соблюдать следующие правила:

- Не рекомендуется вести повествование от первого лица единственного числа. Нужно выбирать безличные формы глагола. Например, вместо фразы «проведение мною эксперимента», лучше писать «проведенный эксперимент».

- При упоминании в тексте фамилий обязательно ставить инициалы перед фамилией.

- Цитата приводится в той форме, в которой она дана в источнике и заключается в кавычки с обеих сторон.

- Каждая глава начинается с новой страницы.
- Реферат должен быть правильно оформлен (пронумерованы страницы, не допускаются сокращения слов, текст делится на логические части – абзацы; обязательны сноски)
- Реферат должен быть логичным и связанным. Он должен стать основой для устного сообщения – защиты.
- Реферат должен быть выполнен к определённому сроку, оговорённому с преподавателем.
- Оценка работы по реферату предполагает коллективное заслушивание доклада по нему и обсуждение во время занятий.
- Оценка не зависит от трудоёмкости дисциплины, оценка может отражать:

- . качество освоения реферативного материала;
- . степень соответствия фактического объёма выполненной работы;
- . своевременность выполнения работы;
- . правильное изложение материала;
- . уровень умения сформулировать свою позицию, оценку и аргументировать её.

Последовательность выполнения самостоятельной работы:

1. Изучить данные методические указания.
2. Получить у преподавателя индивидуальное задание.
3. Найти литературные источники и изучить их (в библиотеке, сети Интернет и т.п.)
4. Оформить работу на компьютере в соответствии с требованиями, изложенными в данных методических рекомендациях.
5. Сдать самостоятельную работу преподавателю.

Важной частью самостоятельной работы аспиранта является подготовка и защита рефератов и докладов.

Видами самостоятельной работы при изучении любой дисциплины являются подготовка доклада, реферата или конспекта.

II. Доклад – это словесное или письменное изложение сообщения на определенную тему.

Составление доклада осуществляется по следующему алгоритму:

1. Подобрать литературу по данной теме, познакомиться с её содержанием.
2. Пользуясь закладками отметить наиболее существенные места или сделать выписки.
3. Составить план доклада.
4. Написать план доклада, в заключении которого обязательно выразить своё мнение и отношение к излагаемой теме и её содержанию.
5. Прочитать текст и отредактировать его.
6. Оформить в соответствии с требованиями к оформлению письменной работы.

Примерная структура доклада:

1. Титульный лист.
2. Текст работы.
3. Список использованной литературы.

Как подготовить доклад

1. Составить план доклада.
2. Подобрать необходимую литературу и иллюстрированный материал (таблицы, схемы, диаграммы, рисунки и т.д.)
3. После чтения источников отобрать нужный материал, систематизировать его.
4. Излагать материал близко к тексту, используя специальную терминологию учебной дисциплины.
5. Сделать выводы.
6. Сделать доклад по плану или тезисам, а не просто читать написанное.
7. Пользоваться иллюстрированным материалом.
8. Заранее написать тему и план доклада на доске, активизируя внимание слушателей.
9. Речь докладчика должна быть правильной, чёткой, внятной, достаточно громкой и звучать убедительно.

III. Конспект - это последовательное, связное изложение материала книги или статьи в соответствии с ее логической структурой. Основную ткань конспекта составляют тезисы, но к ним добавляются и доказательства, факты и выписки, схемы и таблицы, а также заметки самого читателя по поводу прочитанного. Если конспект состоит из одних выписок, он носит название текстуальный конспект. Это самый “не развивающий” вид конспекта, так как при его составлении мысль аспиранта практически выключается из работы, и все дело сводится к механическому переписыванию текста. Если содержание прочитанного представлено в основном в форме изложения, пересказа — это свободный конспект. Если из прочитанного в качестве основных выделяются лишь одна или несколько проблем, относящихся к теме, но не все содержание книги — тематический конспект.

Составление опорного конспекта

1. Внимательно прочитать главу или раздел учебника, вычлняя основные взаимосвязи и взаимозависимости смысловых частей текста.
2. Кратко изложить главные мысли в том порядке, в котором в тексте.
3. Сделать черновой набросок сокращённых записей на листе бумаги.
4. Преобразовать эти записи в графические, буквенные, символические сигналы.
5. Объединить сигналы в блоки.
6. Обособить блоки в контуры и графически отобразить связи между ними.
7. Выделить значимые элементы.

При разработке конспектов с опорными сигналами могут применяться символическо-словесные (буквы, слоги, цифры, знаки сложения или вычитания); рисунки; условно-графические (Фрагменты схем).

Требования к оформлению и содержанию письменной работы

Письменная работа (реферат, доклад и т.д.) должна отвечать определенным требованиям.

На титульном листе необходимо указать следующие данные:

1. В верхнем крае листа необходимо указать департамент образования, название учебного заведения.
2. Посередине листа должно располагаться название реферата (доклада).
3. Несколько ниже названия – ФИО аспиранта, курс, группа.
4. Ещё ниже – ФИО руководителя (преподавателя).
5. В нижней части листа указать дату написания реферата (доклада).
6. В самом низу листа необходимо указать город

ОБРАЗЕЦ ОФОРМЛЕНИЯ ТИТУЛЬНОГО ЛИСТА:

Федеральное государственное унитарное предприятие
«Центральный научно-исследовательский институт
конструкционных материалов «Прометей» имени И.В. Горынина
национального исследовательского центра «Курчатовский институт»

РЕФЕРАТ

ПО ТЕМЕ:

ВЫПОЛНИЛ:

РУКОВОДИТЕЛЬ:

Санкт - Петербург
2017г.

Список использованной литературы оформляется следующим образом:

- порядковый номер в списке;
- фамилия и инициалы автора;
- название книги (для статьи её заглавие, название сборника или журнала, его номер);
- место и год выпуска.

Например:

Драчева Е.Л. Юликов Л.И. Менеджмент: Учебное пособие для студентов учреждений среднего профессионального образования. М.: Академия, 2009.

Виханский О.С., Наумов А.И. Менеджмент: человек, стратегия, организация, процесс: Учебник. М.: МГУ, 1995.

При ссылке на источник в тексте приводится порядковый номер и номер страницы использованной литературы, заключенный в квадратные скобки, также возможно вынесение ссылки в нижнюю левую часть листа.

Например:

- 3. Виноградов П. Г. Очерки по теории права. М.: Тов-во А. А. Леверсон, 2015 г.

Оформление работы

Письменная работа выполняется на листах А4, на одной стороне листа. Кегль – Times, Размер шрифта – 14, межстрочный интервал – 1,5.

Рекомендуемый объём:

Доклад - 3-5 листов формата А4;

Реферат – 10-15 листов формата

При написании письменной работы необходимо соблюдать следующие поля:

- сверху 2 см
- снизу 2 см
- слева 3 см
- справа 1,5 см

Абзац должен начинаться с расстояния 3,5 см.

Все страницы работы нумеруются арабскими цифрами. Нумерация должна быть сквозной, от титульного до последнего листа текста. На титульном листе нумерация страниц не проставляется.

Иллюстрации (чертежи, графики, схемы, диаграммы и т.д.) располагаются непосредственно после текста, где они упоминаются впервые или на следующей странице. Каждая иллюстрация должна иметь название, которое приводится после слова Рис. и её номера. Нумерация иллюстраций должна быть сплошной по всему тексту.

Цифровой материал оформляется в виде таблиц, которые располагаются непосредственно после текста. Таблицы нумеруют арабскими цифрами порядковой нумерацией в пределах всей работы.

Номер таблицы размещают в правом верхнем углу, над её заголовком после слова «Таблица». Заголовок таблицы помещается над таблицей посередине. Заголовки граф начинают с прописных букв, а подзаголовки со строчных. Высота букв в таблице не должна быть менее 8 мм, например:

Таблица 1

Характеристика процесса

Наименование	Количество часов	Перечень	Условные обозначения	Назначение

Безусловно, при написании курсовой работы или доклада недопустимо ограничиваться одними только учебниками или пособиями. Следует изучить многие источники, что позволит полнее представить рассматриваемую проблему.

Для поиска специальной научной литературы следует использовать:

- предметные и систематические каталоги библиотек;
- библиографические указатели “Новая литература по специальным и техническим наукам”;
- библиографические указатели “Книжная летопись” и “Летопись журнальных статей»
- указатели опубликованных в журналах статей и материалов, которые помещаются в последнем номере интересующего журнала за истекший год.

Оформление Интернет-информации:

Как и другие источники информации, сайты обязательно должны быть указаны в списке использованной литературы.

Согласно принятым стандартам оформляется Интернет-источник таким образом:

Ссылка на ресурс (не общая ссылка на портал, а именно на страницу с использованным текстом); фамилия и инициалы автора; заглавие статьи, эссе или книги.

Например:

1. http://gramota.ru/biblio/magazines/mrs/28_480 Молчановский В. В. Межкультурное взаимодействие: диалог внутри национальной культуры.