Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Наливайко Антон Юрьевич
Должность: проректор по научной работе
Дата подписания: 01.11.2023 14:24:20
Уникальный программный ключ:
1a3df673e07fcd54440aceed8bb7e29f4817bf0a

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

УТВЕРЖДАЮ

Декан факультета машиностроения

_____ Е.В. Сафонов

«___»_____2020 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

«Математическое моделирование и оптимизация эксперимента»

Направление подготовки
22.06.01 Технологии материалов

Направленность (профиль) подготовки
Материаловедение (в машиностроении)

Квалификация выпускника
Исследователь. Преподаватель - исследователь

Форма обучения
Очная

Москва 2020 г.

Программа составлена в соответствии с ФГОС ВО по направлению **22.06.01 «Технологии материалов»** по профилю подготовки **«Материаловедение (в машиностроении)»**

Программу составила:
к.т.н., доцент кафедры «Материаловедение» /Т.И. Балькова/

Программа дисциплины «Математическое моделирование и оптимизация эксперимента» по направлению **22.06.01 «Технологии материалов»** утверждена на заседании кафедры «Материаловедение»

«22» 06 2023 г. протокол № 12

Заведующий кафедрой, профессор, д.т.н. /А.Д. Шляпин/

Программа утверждена на заседании учебно-методической комиссии факультета машиностроения
Председатель комиссии / Васильев А.Н.

«25» 06 2023 г. Протокол: № 8-20

22.06.01/01/05

2

1. Цели освоения дисциплины.

К **основным целям** освоения дисциплины «Математическое моделирование и оптимизация эксперимента» следует отнести:

– углубленное изучение и освоение общих принципов, методов и процедур математического и компьютерного моделирования и оптимизации эксперимента;

– подготовка аспирантов к деятельности в соответствии с квалификационной характеристикой исследователя по направлению, в том числе формирование умений выполнять экспериментальные исследования в лабораторных и промышленных условиях для решения задач материаловедения и технологии материалов.

К **основным задачам** освоения дисциплины «Математическое моделирование и оптимизация эксперимента»следует отнести:

– освоение основ организации, моделирования и проведения экспериментальных работ;

– получения навыков и умения использовать теоретические положения и современные методы моделирования и оптимизациииактивного эксперимента.

2. Место дисциплины в структуре ООП аспирантуры.

Дисциплина «Математическое моделирование и оптимизация эксперимента» относится к числу дисциплин по выбору базового цикла (Б1)основной образовательной программы аспирантуры.

«Математическое моделирование и оптимизация эксперимента» взаимосвязана логически и содержательно-методически со следующими дисциплинами и практиками ООП:

В вариативной части базового цикла (Б1):

- Современные методы исследований и контроля материалов;

В дисциплинах по выбору базового цикла (Б1):

- Способы оценки структуры и свойств материалов.

Дисциплина служит основой для прохождения практики, подготовки ВКР и успешной научно-исследовательской деятельности на предприятиях.

3. Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю), соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы.

В результате освоения дисциплины (модуля) у обучающихся формируются следующие компетенции и должны быть достигнуты следующие результаты обучения как этап формирования соответствующих компетенций:

Код компетенции	**В результате освоения образовательной программы обучающийся должен обладать**	**Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине**

ОПК-6	способностью и готовностью выполнять расчетно-теоретические и экспериментальные исследования в качестве ведущего исполнителя с применением компьютерных технологий	**знать:** основные и специализированные математические методы проведения расчета исследований и статистической обработки экспериментальных данных **уметь:** использовать компьютерные технологии для проведения расчета исследований и статистической обработки экспериментальных данных **владеть:** навыками использования математических методов для расчета исследований и статистической обработки экспериментальных данных
ОПК-7	способностью и готовностью вести патентный поиск по тематике исследований, оформлять материалы для получения патентов, анализировать, систематизировать и обобщать информацию из глобальных компьютерных сетей	**знать**: основы патентного дела, принципы авторского права **уметь:** анализировать, систематизировать и обобщать информацию, включая информацию из глобальных компьютерных сетей **владеть:** основами авторского права, навыками патентной работы
ОПК-8	способностью и готовностью обрабатывать результаты научно-исследовательской работы, оформлять научно-технические отчеты, готовить к публикации научные статьи и доклады	**знать:** современные методы инженерного и научного анализа результатов эксперимента; **уметь:** осуществлять статистическую обработку результатов эксперимента (оценка воспроизводимости опытов, значимость коэффициентов регрессии, оценка адекватности математической модели) **владеть:** навыками проведения систематизации и анализа полученных результатов эксперимента
ПК-1	владеть основами методов исследования, анализа, диагностики и моделирования свойств веществ (материалов), физических и химических процессов	**знать:** современные методы математического моделирования и оптимизации эксперимента, инженерного и научного анализа результатов эксперимента; **уметь:** проводить расчет математической модели эксперимента, прогнозировать поведение и

	в них и в технологиях получения, обработки и модификации материалов, некоторыми навыками их использования в исследованиях и расчетах	свойства материалов **владеть:** навыками выбора оптимальной модели эксперимента, методами диагностики и моделирования свойств веществ

4. Структура и содержание дисциплины.

Общая трудоемкость дисциплины составляет **2** зачетные единицы, т.е. **72** академических часа (из них 48 часов – самостоятельная работа студентов).

Все зачетные единицы выделяются на втором курсе в **четвертом** семестре.

Четвертый семестр: лекции– 12 часов, семинары и практические занятия – 12 часов, форма контроля – экзамен.

Структура и содержание дисциплины «Математическое моделирование и оптимизация эксперимента» по срокам и видам работы отражены в приложении 1.

Содержание разделов дисциплины.

Введение

Основные определения и терминология, цель, задачи и основные разделы лекционного курса, формы занятий. Роль математического и компьютерного моделирования и решения задач оптимизации в комплексной разработке и подготовки производства новых материалов Связь курса с общетеоретическими и специальными дисциплинами.Структура курса, его место и роль в подготовке специалиста, связь с другими дисциплинами.

Понятие математической модели.

Моделирование как метод познания. Понятие модели. Зачем нужны модели, в каких случаях используются. Основные виды моделирования: концептуальное, структурно-функциональное, физическое, математическое и компьютерное. Особенности и возможности математического и компьютерного моделирования непрерывных и дискретных систем.

Физическое и абстрактное моделирование. Предметное и математическое моделирование. Недостатки и достоинства моделей. Области применения математических моделей.

Общие принципы и этапы построения математической модели.

Принципы и этапы построения математических моделей. Классическая схема построения математических моделей. Содержательное описание объекта. Формализованное описание объекта. Классификация математических моделей. Аналитические математические модели. Эмпирические математические модели. Математические модели прогнозирования. Методы построения математических моделей.

Вычислительный эксперимент и адекватность моделей.

Пассивный и активный эксперимент. Понятие алгоритма. Виды алгоритмов. Статистические методы. Математический аппарат многомерного статистического

моделирования: метод наименьших квадратов, многомерный регрессионный анализ, факторный и дисперсионный анализ, многомерное статистическое оценивание.Численные методы. Методы решения систем алгебраических уравнений. Методы решения нелинейных уравнений. Методы решения дифференциальных уравнений. Приближенные методы решения дифференциальных уравнений с частными производными. Критерий практики. Соответствие математической модели изучаемому объекту. Достоверность математической модели. Развитие математической модели. Корректировка математической модели. Упрощение математической модели. Планирование экспериментов. Полный факторный эксперимент, дробные реплики, планы высоких порядков. Композиционные планы. Планирование на диаграммах состав-свойство.

Методы решения сопряжённых задач.

Сложные и простые математические модели. Общие и частные математические модели. Применение численных методов для анализа и расчета процессов, протекающих при производстве и обработке металлов и сплавов. Модели формирования продольной разнотолщинности. Модели формирования поперечной разнотолщинности. Модели формирования плоскостности полос. Модели формирования механических свойств материала полосы. Модели формирования микрогеометрии поверхности полосы.

Постановка и пути решения оптимизационных задач.

Постановка задач оптимизации. Пути решения оптимизационных задач Оптимизация процесса – критерий, цель, задача. Классификация и постановка задач оптимизации, условия и критерии оптимальности. Общие понятия о задачах таксономии, дискриминации, кластеризации.

Методы решения задач оптимизации: расчетно-аналитические методы, методы поиска оптимума на основе статистических подходов. Постановка задач оптимального управления.Одномерные задачи оптимизации. Многомерные задачи оптимизации. Многокритериальная оптимизация. Многоэкстремальность в задачах оптимизации.

Примеры решения прямых, обратных и сопряженных задач моделирования и оптимизации параметров технологических процессов печати. Пакеты прикладных программ и базы данных по моделированию и оптимизации материалов и покрытий различных типов (по природе и назначению), технологических процессов (по типам материалов и процессов).

5. Образовательные технологии.

Методика преподавания дисциплины «Математическое моделирование и оптимизация эксперимента» и реализация компетентностного подхода в изложении и восприятии материала предусматривает использование следующих активных и интерактивных форм проведения групповых, индивидуальных, аудиторных занятийв сочетании с внеаудиторной работой с целью формирования и развития профессиональных навыков обучающихся:

– изучение теоретического материала дисциплины на лекциях с использованием компьютерных технологий;

– самостоятельное изучение теоретического материала дисциплины с использованием Internet-ресурсов, информационных баз, методических разработок, специальной учебной и научной литературы;

– организация и проведение текущего контроля знаний студентов в форме бланкового тестирования.

Удельный вес занятий, проводимых в интерактивных формах, определен главной целью образовательной программы, особенностью контингента обучающихся и содержанием дисциплины «Математические методы статистической обработки экспериментальных данных» и в целом по дисциплине составляет 20% аудиторных занятий. Занятия лекционного типасоставляют 50% от объема аудиторных занятий.

6. Оценочные средства для текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации по итогам освоения дисциплины и учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов.

В процессе обучения используется бланковое тестированиев качестве оценочной формы самостоятельной работы студентов, оценочного средства текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации.

Оценочные средства текущего контроля успеваемости включают контрольные вопросы и задания в форме бланкового и (или) компьютерного тестирования, для контроля освоения обучающимися разделов дисциплины.

Образцы тестовых заданий, контрольных вопросов и заданий для проведения текущего контроля приведены в приложении.

6.1. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине (модулю).

6.1.1. Перечень компетенций с указанием этапов их формирования в процессе освоения образовательной программы.

В результате освоения дисциплины (модуля) формируются следующие компетенции:

Код компетенции	В результате освоения образовательной программы обучающийся должен обладать
ОПК-6	способностью и готовностью выполнять расчетно-теоретические и экспериментальные исследования в качестве ведущего исполнителя с применением компьютерных технологий
ОПК-7	способностью и готовностью вести патентный поиск по тематике исследований, оформлять материалы для получения патентов, анализировать, систематизировать и обобщать информацию из глобальных компьютерных сетей
ОПК-8	способностью и готовностью обрабатывать результаты научно-исследовательской работы, оформлять научно-технические отчеты, готовить к публикации научные статьи и доклады
ПК-1	владеть основами методов исследования, анализа, диагностики и моделирования свойств веществ (материалов), физических и химических процессов в них и в технологиях получения, обработки и модификации материалов, некоторыми навыками их использования в исследованиях и расчетах

В процессе освоения образовательной программы данные компетенции, в том числе их отдельные компоненты, формируются поэтапно в ходе освоения обучающимися дисциплин (модулей), практик в соответствии с учебным планом и календарным графиком учебного процесса.

6.1.2. Описание показателей и критериев оценивания компетенций, формируемых по итогам освоения дисциплины (модуля), описание шкал оценивания.

Показателем оценивания компетенций на различных этапах их формирования является достижение обучающимися планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю).

ОПК-6 способность и готовностью выполнять расчетно-теоретические и экспериментальные исследования в качестве ведущего исполнителя с применением компьютерных технологий				
Показатель	**Критерии оценивания**			
	2	**3**	**4**	**5**
знать: основные и специализированные математические методы проведения расчета исследований и статистической обработки экспериментальных данных	Обучающийся демонстрирует полное отсутствие или недостаточное знание основных и специализированных математических методов проведения расчета исследований и статистической обработки экспериментальных данных	Обучающийся демонстрирует неполноезнание основных и специализированных математических методов проведения расчета исследований и статистической обработки экспериментальных данных. Допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность знаний, по ряду показателей, обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями при их переносе на новые ситуации.	Обучающийся демонстрирует частичное знание основных и специализированных математических методов проведения расчета исследований и статистической обработки экспериментальных данных но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях.	Обучающийся демонстрирует знание основных и специализированных математических методов проведения расчета исследований и статистической обработки экспериментальных данных , свободно оперирует приобретенными знаниями.

уметь: использовать компьютерные технологии для проведения расчета исследований и статистической обработки экспериментальных данных	Обучающийся не умеет или в недостаточной степени умеет использовать компьютерные технологии для проведения расчета исследований и статистической обработки экспериментальных данных	Обучающийся демонстрирует неполное соответствие следующих умений: использовать компьютерные технологии для проведения расчета исследований и статистической обработки экспериментальных данных Допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность умений, по ряду показателей, обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании умениями при их переносе на новые ситуации.	Обучающийся демонстрирует частичное соответствие следующих умений: использовать компьютерные технологии для проведения расчета исследований и статистической обработки экспериментальных данных Умения освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе умений на новые, нестандартные ситуации.	Обучающийся демонстрирует полное соответствие следующих умений: использовать компьютерные технологии для проведения расчета исследований и статистической обработки экспериментальных данных. Свободно оперирует приобретенными умениями, применяет их в ситуациях повышенной сложности.
владеть: навыками использования математических методов для расчета исследований и статистической обработки экспериментальных данных .	Обучающийся не владеет или в недостаточной степени владеет навыками использования математических методов для расчета исследований и статистической обработки экспериментальных данных	Обучающийся владеет навыками использования математических методов для расчета исследований и статистической обработки экспериментальных данных неполном объеме, допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность	Обучающийся частично владеет навыками использования математических методов для расчета исследований и статистической обработки экспериментальных данных, навыки освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности,	Обучающийся в полном объеме владеет навыками использования математических методов для расчета исследований и статистической обработки экспериментальных данных, свободно применяет полученные навыки в ситуациях повышенной

		владения навыками по ряду показателей. Обучающийся испытывает значительные затруднения при применении навыков в новых ситуациях.	затруднения при аналитических операциях, переносе умений на новые, нестандартные ситуации.	сложности.
ОПК-7способность и готовностью вести патентный поиск по тематике исследований, оформлять материалы для получения патентов, анализировать, систематизировать и обобщать информацию из глобальных компьютерных сетей				
знать: основы патентного дела, принципы авторского права .	Обучающийся демонстрирует полное отсутствие или недостаточное знание основ патентного дела, принципов авторского права	Обучающийся демонстрирует неполное знание основ патентного дела, принципов авторского права. Допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность знаний, по ряду показателей, обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями при их переносе на новые ситуации.	Обучающийся демонстрирует частичное знание основ патентного дела, принципов авторского права, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях.	Обучающийся демонстрирует полное знание основ патентного дела, принципов авторского права, свободно оперирует приобретенными знаниями.
уметь: анализировать, систематизировать и обобщать информацию, включая информацию из глобальных компьютерных сетей	Обучающийся не умеет или в недостаточной степени умеет анализировать, систематизировать и обобщать информацию, включая информацию из глобальных	Обучающийся демонстрирует неполное соответствие следующих умений: анализировать, систематизировать и обобщать информацию, включая	Обучающийся демонстрирует частичное соответствие следующих умений: анализировать, систематизировать и обобщать информацию, включая	Обучающийся демонстрирует полное соответствие следующих умений: анализировать, систематизировать и обобщать информацию, включая

	компьютерных сетей.	информацию из глобальных компьютерных сетей. Допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность умений, по ряду показателей, обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании умениями при их переносе на новые ситуации.	информацию из глобальных компьютерных сетей. Умения освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе умений на новые, нестандартные ситуации.	информацию из глобальных компьютерных сетей .Свободно оперирует приобретенными умениями, применяет их в ситуациях повышенной сложности.
владеть: основами авторского права, навыками патентной работы .	Обучающийся не владеет или в недостаточной степени владеет основами авторского права, навыками патентной работы	Обучающийся владеет основами авторского права, навыками патентной работынеполном объеме, допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность владения навыками по ряду показателей. Обучающийся испытывает значительные затруднения при применении навыков в новых ситуациях.	Обучающийся частично владеет основами авторского права, навыками патентной работы , навыки освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе умений на новые, нестандартные ситуации.	Обучающийся владеет основами авторского права, навыками патентной работы в полном объеме .

ОПК-8 способность и готовностью обрабатывать результаты научно-исследовательской работы, оформлять научно-технические отчеты, готовить к публикации научные статьи и доклады

знать:современные методы инженерного и научного анализа результатов эксперимента .	Обучающийся демонстрирует полное отсутствие или недостаточное знание современных методов инженерного и научного анализа результатов эксперимента	Обучающийся демонстрирует неполное знание современных методов инженерного и научного анализа результатов эксперимента Допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность знаний, по ряду показателей, обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями при их переносе на новые ситуации.	Обучающийся демонстрирует частичное знание современных методов инженерного и научного анализа результатов эксперимента, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях	Обучающийся демонстрирует полное знание современных методов инженерного и научного анализа результатов эксперимента
уметь: осуществлять статистическую обработку результатов эксперимента	Обучающийся не умеет или в недостаточной степени умеетосуществлять статистическую обработку результатов эксперимента	Обучающийся демонстрирует неполное умениеосуществлять статистическую обработку результатов эксперимента. Допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность умений, по ряду показателей, обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании умениями при их переносе на новые ситуации.	Обучающийся демонстрирует частичное умениеосуществлять статистическую обработку результатов эксперимента. Умения освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе умений на новые, нестандартные ситуации.	Обучающийся демонстрирует полное умениеосуществлять статистическую обработку результатов эксперимента. Свободно оперирует приобретенными умениями, применяет их в ситуациях повышенной сложности.

владеть:навыкам и проведения систематизации и анализа полученных результатов эксперимента .	Обучающийся не владеет или в недостаточной степени владеет навыками проведения систематизации и анализа полученных результатов эксперимента	Обучающийся владеет навыками проведения систематизации и анализа полученных результатов экспериментав неполном объеме, допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность владения навыками по ряду показателей. Обучающийся испытывает значительные затруднения при применении навыков в новых ситуациях.	Обучающийся частично владеетнавыками проведения систематизации и анализа полученных результатов эксперимента, навыки освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе умений на новые, нестандартные ситуации.	Обучающийсяв полном объемевладеет навыками проведения систематизации и анализа полученных результатов эксперимента.
ПК-1 владеть основами методов исследования, анализа, диагностики и моделирования свойств веществ (материалов), физических и химических процессов в них и в технологиях получения, обработки и модификации материалов, некоторыми навыками их использования в исследованиях и расчетах				
знать: современные методы математического моделирования и оптимизации эксперимента, инженерного и научного анализа результатов эксперимента	Обучающийся демонстрирует полное отсутствие или недостаточное знание современных методовматемати ческого моделирования и оптимизации эксперимента, инженерного и научного анализа результатов эксперимента	Обучающийся демонстрирует неполное знание современных методовматемати ческого моделирования и оптимизации эксперимента, инженерного и научного анализа результатов эксперимента.До пускаются значительные ошибки, проявляется	Обучающийся демонстрирует частичное знание современных методовматемати ческого моделирования и оптимизации эксперимента, инженерного и научного анализа результатов эксперимента, но допускаются незначительные ошибки, неточности,	Обучающийся демонстрирует полное знание современных методовматемати ческого моделирования и оптимизации эксперимента, инженерного и научного анализа результатов эксперимента

		недостаточность знаний, по ряду показателей, обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями при их переносе на новые ситуации.	затруднения при аналитических операциях	
уметь: проводить расчет математической модели эксперимента, прогнозировать поведение и свойства материалов	Обучающийся не умеет или в недостаточной степени умеетпроводить расчет математической модели эксперимента, прогнозировать поведение и свойства материалов	Обучающийся демонстрирует неполное умение проводить расчет математической модели эксперимента, прогнозировать поведение и свойства материалов. Допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность умений, по ряду показателей, обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании умениями при их переносе на новые ситуации.	Обучающийся демонстрирует частичное умение проводить расчет математической модели эксперимента, прогнозировать поведение и свойства материалов. Умения освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе умений на новые, нестандартные ситуации.	Обучающийся демонстрирует полное умение проводить расчет математической модели эксперимента, прогнозировать поведение и свойства материалов.Свободно оперирует приобретенными умениями, применяет их в ситуациях повышенной сложности.
владеть:навыкам и выбора оптимальной модели эксперимента, методами диагностики и моделирования свойств веществ .	Обучающийся не владеет или в недостаточной степени владеет навыками выбора оптимальной модели эксперимента, методами диагностики и моделирования свойств веществ	Обучающийся владеет навыками выбора оптимальной модели эксперимента, методами диагностики и моделирования свойств веществнеполном	Обучающийся частично владеетнавыками выбора оптимальной модели эксперимента, методами диагностики и моделирования свойств веществ, навыки освоены,	Обучающийсяв полном объемевладеет навыками выбора оптимальной модели эксперимента, методами диагностики и моделирования свойств веществ

		объеме, допускаются значительные ошибки, проявляется недостаточность владения навыками по ряду показателей. Обучающийся испытывает значительные затруднения при применении навыков в новых ситуациях.	но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе умений на новые, нестандартные ситуации.	

Шкалы оценивания результатов промежуточной аттестации и их описание:

Форма промежуточной аттестации в четвертом семестре: экзамен.

Промежуточная аттестация обучающихся в форме экзамена проводится по результатам выполнения всех видов учебной работы, предусмотренных рабочей программой по данной дисциплине (модулю), при этом учитываются результаты текущего контроля успеваемости в течение семестра. Оценка степени достижения обучающимися планируемых результатов обучения по дисциплине (модулю) проводится преподавателем, ведущим занятия по дисциплине (модулю) методом экспертной оценки. По итогам промежуточной аттестации по дисциплине (модулю) выставляется оценка «отлично», «хорошо», «удовлетворительно» или «неудовлетворительно».

Обязательным условием подготовки аспиранта к промежуточной аттестации является выполнение всех видов учебной работы, предусмотренных рабочей программой по дисциплине «Математическое моделирование и оптимизация эксперимента»»: выполнили и защитили практические работы(4 работы), выполнили тестовые задания на положительную оценку.

Шкала оценивания	***Описание***
Отлично	*Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные учебным планом. Студент демонстрирует соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателей, оперирует приобретенными знаниями, умениями, навыками, применяет их в ситуациях повышенной сложности. При этом могут быть допущены незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе знаний и умений на новые, нестандартные ситуации.*
Хорошо	*Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные учебным планом. Студент демонстрирует неполное, правильное соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателей, либо если при этом были допущены 2-3*

	несущественные ошибки.
Удовлетворительно	*Выполнены все виды учебной работы, предусмотренные учебным планом. Студент демонстрирует соответствие знаний, в котором освещена основная, наиболее важная часть материала, но при этом допущена одна значительная ошибка или неточность.*
Неудовлетворительно	*Не выполнен один или более видов учебной работы, предусмотренных учебным планом. Студент демонстрирует неполное соответствие знаний, умений, навыков приведенным в таблицах показателей, допускаются значительные ошибки, проявляется отсутствие знаний, умений, навыков по ряду показателей, студент испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями и умениями при их переносе на новые ситуации.*

Фонды оценочных средств представлены в приложении 2 к рабочей программе

7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины.

а) основная литература:

11.Григорьев, Ю.Д. Методы оптимального планирования эксперимента: линейные модели. [Электронный ресурс] : учеб. пособие — Электрон. дан. — СПб. : Лань, 2015. — 320 с. — Режим доступа: http://e.lanbook.com/book/65949 — Загл. с экрана.

2.Проектирование технологических процессов машиностроительных производств. [Электронный ресурс] : учеб. / В.А. Тимирязев [и др.]. — Электрон. дан. — СПб. : Лань, 2014. — 384 с. — Режим доступа: http://e.lanbook.com/book/50682

3. Муращенко Д.Д. Планирование и организация эксперимента: конспект лекций. [Электронный ресурс]. – URL: http://lib.mami.ru/?p=e-catalog&show_book=16791

б) дополнительная литература:

*1.*Компьютеризированные средства автоматизации контрольно-измерительных операций на основе технологии LabVIEW / Сиротский А.А., Мурачев Е.Г., Дорохов И.Н. – М.: МГТУ «МАМИ». – 2009. – № 1(7). – С. 179-185. [Электронный ресурс]. – URL: http://lib.mami.ru/?p=e-catalog&show_book=1879.

2.Лукинов, А.П. Проектирование мехатронных и робототехнических устройств + CD. [Электронный ресурс] : учеб. пособие — Электрон. дан. — СПб. : Лань, 2012. — 608 с. — Режим доступа: http://e.lanbook.com/book/2765

в) программное обеспечение и интернет-ресурсы:

Программное обеспечение: Microsoft Office 2013.

ЭБС «ЛАНЬ». Коллекция «Инженерно-технические науки» Издательство «ЛАНЬ» http://e.lanbook.com.

Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU ООО «РУНЭБ» http://elibrary.ru.

Реферативная наукометрическая электронная база Scopus компании Elsevier ООО Эко-вектор http://www.scopus.com Доступ свободный в сети университета.

8. Материально-техническое обеспечение дисциплины.

Аудитория для лекционных, практических и семинарских занятий №Ав1313: Столы учебные со стульями, аудиторная доска. Рабочее место преподавателя: стол, стул; переносной проектор + экран, компьютер. Учебное и лабораторное оборудование: шкафы для хранения с учебно-методической и научной литературой, наглядные пособия (плакаты).

9.Методические рекомендации для самостоятельной работы студентов

Самостоятельная работа является одним из видов учебных занятий. Цель самостоятельной работы – практическое усвоение студентами методовматематического моделирования и оптимизации экспериментастатистической обработки экспериментальных данных, рассматриваемых в процессе изучения дисциплины.

Аудиторная самостоятельная работа по дисциплине выполняется на учебных занятиях под непосредственным руководством преподавателя и по его заданию.

Внеаудиторная самостоятельная работа выполняется студентом по заданию преподавателя, но без его непосредственного участия

Задачи самостоятельной работы студента:

- развитие навыков самостоятельной учебной работы;
- освоение содержания дисциплины;
- углубление содержания и осознание основных понятий дисциплины;
- использование материала, собранного и полученного в ходе самостоятельных занятий для эффективной подготовки к экзамену.

Виды внеаудиторной самостоятельной работы:

- самостоятельное изучение отдельных тем дисциплины;
- подготовка к лекционным занятиям;
- подготовка к практическим работам;
- выполнение домашних заданий по закреплению тем;
- выполнение домашних заданий по решению типичных задач и упражнений;
- составление и оформление докладов и рефератов по отдельным темам программы;
- научно-исследовательская работа студентов;
- участие в тематических дискуссиях, олимпиадах.

Для выполнения любого вида самостоятельной работы необходимо пройти следующие этапы:

- определение цели самостоятельной работы;
- конкретизация познавательной задачи;
- самооценка готовности к самостоятельной работе;
- выбор адекватного способа действия, ведущего к решению задачи;
- планирование работы (самостоятельной или с помощью преподавателя) над заданием;
- осуществление в процессе выполнения самостоятельной работы самоконтроля (промежуточного и конечного) результатов работы и корректировка выполнения работы;
- рефлексия;
- презентация работы.

Вопросы, выносимые на самостоятельную работу

- Одномерные задачи оптимизации(**ОПК-8**).
- Многомерные задачи оптимизации(**ОПК-8**).
- Многокритериальная оптимизация(**ОПК-8**).
- Многоэкстремальность в задачах оптимизации(**ПК-1**)
- Метод сканирования(**ПК-1**)
- Метод деления пополам(**ПК-1**)
- Метод золотого сечения(**ОПК-7, ПК-1**).
- Метод параболической аппроксимации(**ОПК-6, ПК-1**).
- Метод градиента(**ОПК-7, ПК-1**).
- Метод наискорейшего спуска(**ОПК-7, ПК-1**).
- Метод сопряжённых градиентов(**ОПК-7, ПК-1**).
- Метод тяжёлого шарика(**ОПК-6, ПК-1**).
- Метод покоординатного спуска(**ОПК-6, ПК-1**).
- Определение границ объекта моделирования(**ОПК-6, ПК-1**).
- Содержательное описание объекта моделирования(**ОПК-6, ПК-1**).

10.Методические рекомендации для преподавателя

Основное внимание при изучении дисциплины «Математическое моделирование и оптимизация эксперимента» следует уделять выработке навыков и умений правильного выбора программной среды проведения численных расчетов различных физических явлений, разбираться в алгоритмах и численных методах, предлагаемых той или иной системой компьютерного моделирования; использовать пакеты прикладных программ для расчета параметров и выбора материалов

Необходимо обращать внимание студентов на различные моделипланирования и проведения теоретических и экспериментальных научных исследований, разработки планов, программ и методикпроведения испытаний материалов. Теоретическое изучение основных вопросов разделов дисциплины должно завершаться практической работой.

Для активизации учебного процесса при изучении дисциплины эффективно применение презентаций по различным темам лекций и практических работ.

Для проведения занятий по дисциплине используются средства обучения:

- учебники, информационные ресурсы Интернета;
- справочные материалы и нормативно-техническая документация;
- методические указания для выполнения лабораторных работ.

Приложение 1.

Структура и содержание дисциплины «Математическое моделирование и оптимизация эксперимента» по направлению подготовки
22.06.01 «Технологии материалов»

n/n	Раздел	Семестр	Неделя семестра	Виды учебной работы, включая самостоятельную работу студентов, и трудоемкость в часах					Виды самостоятельной работы студентов					Формы аттестации	
				Л	П/С	Лаб	СРС	КСР	К.Р.	К.П.	РГР	Реферат	К/р	Э	З
1.1	**Введение**	**4**	**1**	1			4			+					
1.2	**Понятие математической модели**	**4**	**1**	1			4			+					
1.3	**Общие принципы и этапы построения математической модели.**	**4**	**1**	2			4			+					
1.4	**Основные матричные операции и способы построения регрессионных моделей**	**4**	**1**		2		4			+					
1.5	**Вычислительный эксперимент и адекватность моделей.**	**4**	**2**	2			4			+					
1.6	**Методы поиска оптимальных решений. Линейное программирование. Транспортная задача**	**4**	**2**		4		4			+					
1.7	**Методы решения сопряжённых задач**	**4**	**3**	4			4			+					
1.8	**Реализация Симплекс метода поиска экстремума на модельной поверхности**	**4**	**3**		2		4			+					

1.9	**Постановка и пути решения оптимизационных задач**	**4**	**4**	2			8			+					
1.10	**Примеры решения прямых, обратных и сопряженных задач моделирования и оптимизации параметров технологических процессов изготовления материалов**	**4**	**4**		4		8			+					
	Форма аттестации														**Э**
	Всего часов по дисциплине			12	12		48			+					

Приложение 2 к
рабочей программе

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)

Направление подготовки: **22.06.01. «Технологии материалов»**

Направленность (профиль): **«Материаловедение (в машиностроении)»**

Форма обучения: **очная**

Вид профессиональной деятельности:
научно-исследовательская, преподавательская

Кафедра: «Материаловедение»

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

ПО ДИСЦИПЛИНЕ

«Математическое моделирование и оптимизация эксперимента»

Состав: 1. Паспорт фонда оценочных средств

2. Описание оценочных средств:

Экзаменационные билеты
Вопросы к экзамену
Тест

Составители:
доцент, к.т.н. Балькова Т.И.

Москва, 2019год

Таблица 1. Паспорт ФОС по дисциплине «**Математическое моделирование и оптимизация эксперимента»**

Код компетенции	Элементы компетенции (части компетенции)	Контролируемые модули, разделы (темы) дисциплины по рабочей программе	Перио дичность контроля	Виды контроля	Способы контроля	Средства контроля
1	2	3	4	5	6	7
ОПК-6	**Знания:** основные и специализированные математические методы проведения расчета исследований и статистической обработки экспериментальных данных	Разделы 1.1 – 1.10	ТЕК, ПА	Т Э	У У	Тест Билет к экзамену
	Умения: использовать компьютерные технологии для проведения расчета исследований и статистической обработки экспериментальных данных	Разделы 1.1 – 1.10	ТЕК, ПА	Т Э	У У	Тест Билет к экзамену
	Навыки: использования математических методов для расчета исследований и статистической обработки экспериментальных данных	Разделы 1.1 – 1.10	ТЕК, ПА	Т Э	У У	Тест Билет к экзамену
ОПК-7	**Знания:** основы патентного дела, принципы авторского права	Разделы 1.1 – 1.10	ТЕК, ПА	Т Э	У У	Тест Билет к экзамену
	Умения: анализировать, систематизировать и обобщать информацию, включая информацию из глобальных компьютерных сетей	Разделы 1.1 – 1.10	ТЕК, ПА	Т Э	У У	Тест Билет к экзамену
	Навыки:	Разделы 1.1 – 1.10	ТЕК,	Т	У	Тест

	владетьосновами авторского права, навыками патентной работы		ПА	Э	У	Билет к экзамену

ОПК-8	**Знания:** современные методы инженерного и научного анализа результатов эксперимента	Разделы 1.1 – 1.10	ТЕК, ПА	Т Э	У У	Тест Билет к экзамену
	Умения: осуществлять статистическую обработку результатов эксперимента (оценка воспроизводимости опытов, значимость коэффициентов регрессии, оценка адекватности математической модели)	Разделы 1.1 – 1.10	ТЕК, ПА	Т Э	У У	Тест Билет к экзамену
	Навыки: проведения систематизации и анализа полученных результатов эксперимента	Разделы 1.1 – 1.10	ТЕК, ПА	Т Э	У У	Тест Билет к экзамену
ПК-1	**Знания:** современные методы математического моделирования и оптимизации эксперимента, инженерного и научного анализа результатов эксперимента	Разделы 1.1 – 1.10	ТЕК, ПА	Т Э	У У	Тест Билет к экзамену
	Умения: проводить расчет математической модели эксперимента, прогнозировать поведение и свойства материалов	Разделы 1.1 – 1.10	ТЕК, ПА	Т Э	У У	Тест Билет к экзамену
	Навыки: выбора оптимальной модели эксперимента, методами	Разделы 1.1 – 1.10	ТЕК, ПА	Т Э	У У	Тест Билет к экзамену

	диагностики и моделирования свойств веществ					

- Сокращения форм оценочных средств см. в приложении 3 к РП.

Приложение 3
к рабочей программе

Перечень оценочных средств по дисциплине «*Математическое моделирование и оптимизация эксперимента*»

№ ОС	Наименование оценочногосредства	Краткая характеристика оценочного средства	Представление оценочного средства в ФОС
1	Тест (Т)	Система стандартизированных заданий, позволяющая автоматизировать процедуру измерения уровня знаний и уменийобучающегося.	Фонд тестовых заданий
2	Устный опрос (Э -Экзамен)	Диалог преподавателя со студентом, цель которого – систематизация и уточнение имеющихся у студента знаний, проверка его индивидуальных возможностей усвоения материала.	Комплект билетов к экзамену

Вариант экзаменационного билета

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»
(МОСКОВСКИЙ ПОЛИТЕХ)

Факультет Машиностроения, кафедра «Материаловедение»
Дисциплина «Математическое моделирование и оптимизация эксперимента».
Направление подготовки: **22.06.01. «Технологии материалов»**
Курс 2, семестр 4

БИЛЕТ №1

1.Метод Гаусса-Зайделя. Алгоритм, основные преимущества и недостатки, направления совершенствования.

2. Имеется матрица **A**:

$$\mathbf{A}= \begin{vmatrix} 4 & 4 \\ 2 & 4 \end{vmatrix}$$

Среди четырех матриц необходимо найти матрицу, обратную **A** и доказать, что она действительно обратная, пояснив, почему не «подходят» остальные.

$$\underline{B} = \begin{vmatrix} 0.5 & -0.5 \\ -0.25 & 0.5 \end{vmatrix} \quad \underline{C} = \begin{vmatrix} 0.25 & -0.5 \\ -0.25 & 0.25 \end{vmatrix} \quad \underline{D} = \begin{vmatrix} -0.25 & 0.5 \\ 0.25 & -0.25 \end{vmatrix} \quad E = \begin{vmatrix} 0.25 & 0.5 & 0.25 \\ 0.5 & -0.5 & 0.25 \end{vmatrix}$$

Задача 2.

Утверждено на заседании кафедры «» г., протокол №.

Зав. кафедрой _____ А.Д. Шляпин/

---

1. Назначение: Используются для проведения промежуточной аттестации по дисциплине «Математическое моделирование и оптимизация эксперимента»
2. В билет включено три задания:
Задание 1. Вопрос для проверки теоретических знаний;
Задание 2. Проверка навыков. Практическое выполнение задания.
3. Комплект экзаменационных билетов включает 30 билетов.
4. Регламент экзамена: - Время на подготовку тезисов ответов - до 40 мин
- Способ контроля: устные ответы.
5. Шкала оценивания:
"Отлично"- если студент глубоко и прочно освоил весь материал программы обучения, исчерпывающе, последовательно, грамотно и логически стройно его излагает.
"Хорошо"- если студент твёрдо знает программный материал, грамотно и по существу его излагает, не допускает существенных неточностей в ответе на вопрос.
"Удовлетворительно" - если студент освоил только основной материал программы, но не знает отдельных тем, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушает последовательность изложения программного материала.
"Неудовлетворительно" - если студент не знает значительной части программного материала, допускает серьёзные ошибки

Каждое задание экзаменационного билета оценивается отдельно. Общей оценкой является среднее значение, округлённое до целого значения.

Вопросы к экзамену

1. Классификация моделей**(ПК – 1)**
2. Методы и приемы обращения с матрицами. Основные виды матриц.**(ОПК-6)**.
3. Метод наименьших квадратов. Матричное представление. Статистические критерии оценки качества моделей в целом и их параметров.**(ОПК-6, ПК - 1)**
4. Основные понятия планирования экспериментов (ПЭ). Задачи ПЭ.**(ПК – 1)**
5.Планы ПФЭ. Способы построения, преимущества, недостатки. **(ПК – 1)**
6.Планы ДФЭ. Назначение, преимущества, ограничения. **(ПК – 1)**
7.Планы второго порядка: ОЦКП, РОЦКП, планы 3^k. Сравнение, анализ, преимущества, недостатки. **(ПК – 1)**
8.Классификация методов оптимизации. Методы безусловной оптимизации, их применимость, назначение, примеры **(ПК – 1).**

9. Метод множителей Лагранжа. Область применения, что дает, ограничения. **(ПК – 1)**

10.Методы линейного программирования. Основные задачи. Способы решения. Транспортная задача. **(ОПК-6, ПК - 1)**

11.Метод Гаусса-Зайделя. Алгоритм, основные преимущества и недостатки, направления совершенствования.**(ПК – 1)**

12.Симплекс-метод. Условия выбора направления «отражения», условия остановки. **(ПК –**

13.Метод Нелдера-Милда. Принципиальное отличие от симплексного метода.**(ОПК-6, ПК - 1)**

14.Градиентные методы оптимизации. Условия выбора направления движения, остановки.**(ОПК-6, ПК - 1)**

15.Метод Бокса-Уилсона, достоинства, недостатки, направления совершенствования.**(ПК – 1)**

16.Метод Ньютона-Рафсона как представитель градиентных методов второго порядка. **(ОПК-6, ПК - 1)**

17.Канонические формы уравнения регрессии. Анализ поверхностей по виду коэффициентов КФ.**(ОПК-6)**

18.Классификация методов многомерного анализа и их взаимопересечение**(ОПК-7)**.

19.Задачи таксономии. Цели, пути решения, подходы.**(ПК – 1)**

20.Факторный анализ. Метод Главных компонент. **(ОПК-6, ПК - 1)**

21.R- и Q-варианты факторного анализа.**(ОПК-6, ПК - 1)**

22.Задачи кластерного анализа. Основные меры расстояния и сходства объектов.**(ОПК-6, ПК - 1)**

23.Эвристические методы КА. Метод ветвящегося дерева. **(ПК – 1)**

24.Минимизационные методы КА. Метод К внутригрупповых средних**(ОПК-6, ПК - 1)**

25.Методы классификации. Основные понятия и подходы.**(ОПК-7).**

26.Алгоритм линейной обучающейся машины**(ОПК-7).**

27.Метод единственного эталона.**(ОПК-7).**

28.Дискриминантный анализ.**(ОПК-6, ПК - 1)**

29.Сопоставление основных методов классификации при бинарной классификации**(ОПК-7).**

30.Классификация объектов в случае трех и более классов.**(ПК – 1)**

31.Классификация расчетных методов оценки ФХ-параметров. **(ПК – 1)**

32.Основные методы расчета критических параметров: метод Лидерсена и метод Ветере.

33.Аддитивные схемы расчета свойств смесей чистых веществ. Применимость и ограничения.**(ОПК-6, ПК - 1)**

34.Общие принципы построения физико-химических блочно-структурных моделей ХТП.

35.Основные уравнения баланса для описания химико-технологического процесса.

36.Статическая и динамическая модели ХТП.

37.Изображения основных элементов в блок-схеме алгоритма расчётапомодели ХТП.**(ОПК-6, ПК - 1)**

Вариант тестового задания(ОПК-6, ОПК-7, ОПК-8, ПК - 1)

1.	Применение методов безусловной оптимизации возможно в случае: А – отсутствия ограничений на область варьирования независимых переменных; Б – наличия дифференцируемого аналитического выражения для целевой функции; В – если целевая функция имеет линейный характер; Г – только если целевая функция и ограничения на независимые переменные линейны.
2.	Метод множителей Лагранжа используется в случае: А - нелинейного характера ограничений на независимые переменные; Б – при наличии аналитического выражения для целевой функции и ограничений для независимых переменных; В – при наличии ограничений на независимые переменные и отсутствии выражения для целевой функции; Г – при наличии ограничений на область допустимых значений целевой функции.
3.	Для точки максимума функции F(x) необходимым условием является: А – равенство нулю первой и второй производных F(x); Б – неравенство нулю первой и второй производной F(x); В – равенство нулю первой производной F(x)и отрицательное значение второй; Г - равенство нулю первой производной F(x) и положительное значение второй.
4.	Алгоритмы линейного программирования используются в случае: А – линейной целевой функции и любых ограничений на независимые переменные; Б – линейной целевой функции и линейных ограничений на независимые переменные; В – целочисленных целевой функции и ограничениях на независимые переменные; Г – наличии линейных ограничений на область определения целевой функции.
5.	Транспортная задача считается сбалансированной при условии: А – равенства суммы запасов производителей и запросов потребителей; Б – когда сумма запасов производителей не превышает сумму потребностей потребителей; В - когда сумма запасов производителей больше суммы потребностей потребителей; Г – отсутствия ненулевых потребностей у всех потребителей.
6.	В методе Бокса-Уилсона направление движения на каждом шаге определяется: А – координатами наилучшей точки исходного плана ПФЭ; Б – координатами вектора-градиента, построенного из центра предыдущего этапа; В – случайным образом, пока не будет найдено удачное направление; Г – посредством построения нового плана вокруг наилучшей точки исходного.
7.	Метод Ньютона-Рафсона относится к методам поиска оптимума: А – градиентным первого порядка; Б – градиентным второго порядка; В – методам со случайным порядком выбора направления движения к оптимуму; Г – использующим симплекс-планы с изменяемой величиной шага.
8.	Метод Нелдера-Милда отличается от классического симплекс-метода тем, что: А – используется симплекс большей размерности; Б – величина шага зависит от качества новой отраженной точки; В – с самого начала используется симплекс неправильной формы; Г – на каждом шаге увеличивается размер симплекса.
9.	В методе Гаусса-Зайделя поиск области оптимума осуществляется: А – одновременным изменением всех параметров случайным образом Б – поочередным изменением каждой из переменных при постоянстве остальных;

	В – одновременным изменением всех параметров по определенному алгоритму.
10.	В классическом симплекс-методе поиска экстремума очередной «шаг» осуществляется посредством: А – перемещения всего симплекса в сторону «наилучшей» точки; Б –«отражения» наихудшей точки через противоположную ей сторону; В – увеличения размера симплекса и перемещения его в сторону наилучшей точки; Г – построении нового симплекса вокруг наилучшей точки.
11.	Переход к главным компонентам позволяет: А - увеличить количество информации, получаемой из корреляционной матрицы; Б - оптимизировать распределение информации среди исходного признакового пространства; В - сократить размерность признакового пространства с минимальной потерей информации.
12.	Анализ собственных значений корреляционной матрицы позволяет: А - перераспределить информацию, содержащуюся в корреляционной матрице; Б - оценить значимость новых переменных и выделить среди них наиболее значимые; В - оценить значимость исходных переменных и возможность отбросить часть из них.
13.	Мерой сходства двух объектов в n-мерном пространстве является: А - взвешенное евклидово расстояние; Б - расстояние Махаланобиса; В - косинус угла между соответствующими векторами этих объектов.
14.	Алгоритм линейной обучающейся машины основан на: А - отражении на каждом шаге разделяющей плоскости относительно ошибочно классифицированной точки; Б - перераспределении на каждом шаге объектов между кластерами с целью минимизации выбранного критерия; В - нахождении на каждом шаге новых центров кластеров и пересчете расстояний до них от каждого объекта.
15.	Дискриминантный анализ предполагает: А - знание ковариационных матриц каждого кластера или их оценок; Б - поочередное отнесение объектов в разные кластеры и сравнение суммарной суммы расстояний; В - отнесение объекта к тому классу, к которому относится ближайший к нему сосед.