



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования

«Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова»

УТВЕРЖДАЮ:  
Директор института  
А.С. Савинов  
«02» октября 2018 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
*МОДЕЛИРОВАНИЕ И ОПТИМИЗАЦИЯ СВОЙСТВ МАТЕРИАЛОВ  
И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ*

Направление подготовки

22.03.01 Материаловедение и технологии материалов

Профиль программы

Материаловедение и технологии материалов (в машиностроении)

Уровень высшего образования – бакалавриат

Программа подготовки – академический бакалавриат

Форма обучения


Очная

Институт	Металлургии, машиностроения и материалобработки
Кафедра	Технологий металлургии и литейных процессов
Курс	4
Семестр	8

Магнитогорск  
2018 г.

Рабочая программа составлена на основе ФГОС ВО по направлению подготовки (специальности) 22.03.01 **Материаловедение и технология материалов** и профиля подготовки **Материаловедение и технология материалов** (в машиностроении), утвержденного приказом МОиН РФ от 12.11.2015 № 1331.

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры Технологии металлургии и литейных процессов «04» 09 2018 г., протокол № 1.


Зав. кафедрой  /К.Н. Вдовин/  
(подпись) (И.О. Фамилия)

Рабочая программа одобрена методической комиссией института Металлургии, машиностроения и материалообработки «02» 10 2018 г., протокол № 2.

Председатель  /А.С. Савинов/  
(подпись) (И.О. Фамилия)


Рабочая программа составлена:

проф. каф. ТМиЛП, докт. техн. наук, доц.  
(должность, ученая степень, ученое звание)

 /А.Б. Сычков/  
(подпись) (И.О. Фамилия)

Рецензент:

доцент кафедры МиТОДиМ, к.т.н., доцент  
(должность, ученая степень, ученое звание)

 /М.А. Шекшеев/  
(подпись) (И.О. Фамилия)

**Лист регистрации изменений и дополнений**

№ п/п	Раздел программы	Краткое содержание изменения/дополнения	Дата. № протокола заседания кафедры	Подпись зав. кафедрой
1	8	Актуализация учебно-методического и информационного обеспечения дисциплины	06.09.2019, протокол № 1	
2	9	Актуализация материально- технического обеспечения дисциплины	06.09.2019, протокол № 1	
3	8	Актуализация учебно-методического и информационного обеспечения дисциплины	01.09.2020, протокол № 1	
4	9	Актуализация материально- технического обеспечения дисциплины	01.09.2020, протокол № 1	

## 1 Цели освоения дисциплины (модуля)

Целью освоения модуля дисциплины Б1.Б.21 базовой части блока 1 дисциплин учебного плана «Моделирование и оптимизация свойств материалов и технологических процессов» является подготовка бакалавров по направлению 22.03.01 «Материаловедение и технологии материалов» и профилю подготовки «Материаловедение и технологии материалов (в машиностроении)» к профессиональной деятельности в соответствии с требованиями Федерального Государственного образовательного стандарта.

Поставленная цель реализуется на основе ознакомления студентов с основными современными методами моделирования и оптимизации, получения навыков самостоятельного решения оптимизационных задач путем выполнения численно-аналитических расчетов на практических занятиях и использования ЭВМ, выработки творческого подхода к разработке новых алгоритмов моделирования.

## 2 Место дисциплины в структуре образовательной программы подготовки бакалавра

Дисциплина Б1.Б.21 «Моделирование и оптимизация свойств материалов и технологических процессов» входит в базовую часть образовательной программы по направлению подготовки 22.03.01 «Материаловедение и технологии материалов», по профилю «Материаловедение и технологии материалов (в машиностроении)».

Логически, содержательно и методически дисциплина взаимосвязана со следующими дисциплинами Б1.Б.09 «Математика», Б1.Б.10 «Физика», Б1.Б.11 «Химия», Б1.Б.15 «Информатика и информационные технологии», Б1.В.07 «Методы исследования материалов и процессов», Б1.В.ДВ.03.01 «Анализ числовой информации» или Б1.В.ДВ.03.02 «Математическая статистика в металлургии», Б1.В.ДВ.09.01 «Планирование эксперимента» или Б1.В.ДВ.09.02 «Обработка экспериментальных данных».

Дисциплина «Моделирование и оптимизация свойств материалов и технологических процессов» является одной из дисциплин для проведения государственной итоговой аттестации (ГИА) при подготовке к государственному экзамену по профилю подготовки и защите выпускной квалификационной работы (ВКР).

## 3 Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины (модуля) и планируемые результаты обучения

В результате освоения дисциплины (модуля) «Моделирование и оптимизация свойств материалов и технологических процессов» обучающийся должен обладать следующими компетенциями:

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения
<b>Код и содержание компетенции:</b> ОПК-2 – способностью использовать в профессиональной деятельности знания о подходах и методах получения результатов в теоретических и экспериментальных исследованиях	
Знать	- основные определения и понятия процессов моделирования и оптимизации; - классификацию способов оптимизации, теоретические основы моделирования технологических процессов и методов исследования показателей качества продукции; - основные расчетные методы описания технологии процессов

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения
Уметь	<ul style="list-style-type: none"> <li>- эффективно применять методы моделирования и оптимизации реальных технологических процессов;</li> <li>- использовать методы физического и геометрического подобия</li> </ul>
Владеть	<ul style="list-style-type: none"> <li>- практическими навыками по применению методов моделирования и оптимизации;</li> <li>- методами физического и геометрического подобия;</li> <li>- профессиональным языком предметной области знания</li> </ul>
<p><b>Код и содержание компетенции:</b> ПК-3 – готовностью использовать методы моделирования при прогнозировании и оптимизации технологических процессов и свойств материалов, стандартизации и сертификации материалов и процессов</p>	
Знать	<ul style="list-style-type: none"> <li>- основные математические методы моделирования структурообразования и свойств металлов;</li> <li>- методы получения прогнозирующих регрессионных зависимостей структуры и свойств от химического состава стали и технологии термической обработки;</li> <li>- расчетные алгоритмы для оптимизации химсостава металла и технологии термообработки</li> </ul>
Уметь	<ul style="list-style-type: none"> <li>- применять на практике методы моделирования структурообразования и свойств металлов;</li> <li>- рассчитывать прогнозирующие регрессионные зависимости структуры и свойств от химического состава стали и технологии термической обработки;</li> <li>- использовать расчетные алгоритмы для оптимизации химсостава металла и технологии термообработки</li> </ul>
Владеть	<ul style="list-style-type: none"> <li>- навыками по моделированию структурообразования и свойств металлов;</li> <li>- навыками по расчету прогнозирующих регрессионных уравнений структуры и свойств от химического состава стали и технологии термической ее обработки;</li> <li>- владеть приемами расчета оптимизации химсостава металла и технологии термообработки для различных функций отклика</li> </ul>
<p><b>Код и содержание компетенции:</b> ПК-7 - способностью выбирать и применять соответствующие методы моделирования физических, химических и технологических процессов</p>	
Знать	<ul style="list-style-type: none"> <li>- основы математического и физического моделирования технологических процессов;</li> <li>- физические особенности поведения материалов при изменении внешних условий;</li> <li>- основы теории подобия и масштабный фактор при проведении экспериментов</li> </ul>
Уметь	<ul style="list-style-type: none"> <li>- применять на практике методы прогнозирования технологических процессов термической обработки; разрабатывать физически адекватные прогнозирующие модели – зависимости;</li> <li>- ставить оптимизационную задачу и уметь ее решить</li> </ul>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения
Владеть	<ul style="list-style-type: none"> <li>- навыками по разработке прогнозирующих регрессионных зависимостей;</li> <li>- навыками по физическому моделированию технологических процессов;</li> <li>- навыками по получению оптимизационных решений</li> </ul>

#### **4 Структура и содержание дисциплины (модуля)**

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единиц 108 академических часов, в том числе:

- контактная работа – 47,75 академических часов;
- аудиторная – 45 академических часов;
- внеаудиторная контактная работа (ВНКР) – 2,75 академических часов;
- самостоятельная работа – 24,55 академических часов;
- подготовка к экзамену – 35,7 академических часов.

Раздел/ тема Дисциплины	Семестр	Аудиторная контактная работа (в акад. часах)			Самостоятельная работа (в акад. часах)	Вид самостоятельной работы	Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации	Код и структурный элемент компетенции
		Лекции	лаборат. занятия	практич. Занятия				
1. Основы процесса моделирования Научное исследование. Модель и моделирование. Процесс познания объекта с помощью модели. Процесс построения модели с использованием эксперимента. Достоинства математических моделей. Применение математических моделей в системах управления технологическими процессами. Классификация объектов моделирования.	8	1,5	-	6/2И	4	Проработка теоретического (лекционного) материала. Изучение дополнительного материала.	Текущий контроль успеваемости. Проведение расчетных работ с применением ПК. – ИДЗ № 1	ОПК 2 - зுவ, ПК 3 - зுவ, ПК 7 – зுவ
2. Экспериментально-статистические методы математического описания Основные характеристики случайных величин: понятия математического ожидания, дисперсии, коэффициента корреляции, линии регрессии. Особенности корреляционного и регрессионного анализов. Метод наименьших квадратов. Активный факторный эксперимент. Матрица планирования эксперимента. Полный и дробный факторный эксперимент.	8	1,5	-	6/2И	4	Проработка теоретического (лекционного) материала. Изучение дополнительного материала. Проработка методических указаний к практическим занятиям, составление конспекта, подготовка ответов по контрольным вопросам.	Текущий контроль успеваемости. Проведение расчетных работ с применением ПК. - АКР № 1, ИДЗ № 2	ПК 3 - зுவ, ПК 7 - зுவ

Раздел/ тема Дисциплины	Семестр	Аудиторная контактная работа (в акад. часах)			Самостоятельная работа (в акад. часах)	Вид самостоятельной работы	Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации	Код и структурный элемент компетенции
		Лекции	лаборат. занятия	практич. Занятия				
3. Задачи статистической оптимизации Основные понятия и определения статистической оптимизации. Одномерные задачи статической оптимизации. Многомерные задачи статической оптимизации. Теорема существования и особенности решения. Решение задач многомерной оптимизации.	8	1,5	-	6/3И	4	Проработка теоретического (лекционного) материала. Изучение дополнительного материала. Проработка методических указаний к практическим занятиям, составление конспекта, подготовка ответов по контрольным вопросам.	Текущий контроль успеваемости. Проведение расчетных работ с применением ПК. - ИДЗ № 3	ПК 3 - зув, ПК 7 - зув
4. Исследование операций Понятие «модель операции». Три типа неопределенностей при исследовании операций. Принцип Парето. Понятие «линейное программирование». Постановка задачи линейного программирования.	8	1,5	-	6/3И	4	Проработка теоретического (лекционного) материала. Изучение дополнительного материала. Проработка методических указаний к практическим занятиям, составление конспекта, подготовка ответов по контрольным вопросам	Текущий контроль успеваемости. Проведение расчетных работ с применением ПК. - АКР № 5, ИДЗ № 4	ПК 3 - зув, ПК 7 - зув
5. Использование моделей для исследования, управления и обучения Система моделей для исследования и управления. Характеристики моделей для исследования процессов, для расчета и оптимизации технологии, для	8	1,5	-	6/2И	4	Проработка теоретического (лекционного) материала. Изучение дополнительного материала. Проработка методических указаний к практическим за-	Текущий контроль успеваемости. Проведение расчетных работ с применением ПК. - АКР № 6, ИДЗ № 5	ПК 3 - зув, ПК 7 - зув



Раздел/ тема Дисциплины	Семестр	Аудиторная контактная работа (в акад. часах)			Самостоятельная работа (в акад. часах)	Вид самостоятельной работы	Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации	Код и структурный элемент компетенции
		Лекции	лаборат. занятия	практич. Занятия				
прог-нозирования оптимальных траекторий процесса во времени, для стабилизирующего или следящего регулирования. Роль моделей при синтезе алгоритмов управления. Моделирование и обучение.						нениям, составление конспекта, подготовка ответов по контрольным вопросам		
6. Оптимизация управления технологией термической обработки металлов и сплавов Математическая модель технологии проведения термической и химико-термической обработки металлов и сплавов. Расчет коэффициентов уравнения регрессии зависимости механических свойств и структуры металла с применением метода наименьших квадратов или методики планирования эксперимента.	8	1,5	-	6/2И	4,55	Проработка теоретического (лекционного) материала. Изучение дополнительного материала. Проработка методических указаний к практическим занятиям, составление конспекта, подготовка ответов по контрольным вопросам	Текущий контроль успеваемости. Проведение расчетных работ с применением ПК. - АКР № 7, ИДЗ № 6	ПК 3 - зув, ПК 7 - зув
<b>Итого за семестр</b>		<b>9</b>	<b>-</b>	<b>36/14И</b>	<b>24,55</b>		<b>Промежуточная аттестация - экзамен</b>	

И – в том числе, часы, отведенные на работу в интерактивной форме.

## 5 Образовательные и информационные технологии

В процессе преподавания дисциплины «Моделирование и оптимизация свойств материалов и технологических процессов» применяются традиционная и модульно-компетентностная технологии.

Лекции проходят как в традиционной форме, так и в форме лекций-консультаций, где теоретический материал заранее выдается студентам для самостоятельного изучения, для подготовки вопросов лектору, таким образом, лекция проходит по типу вопросы-ответы-дискуссия. Лекции читаются с использованием мультимедийного оборудования, презентационных материалов.

Лекционный материал закрепляется в ходе практических занятий, на которых выполняются групповые или индивидуальные задания по пройденной теме. При проведении практических занятий используется метод контекстного обучения, который позволяет усвоить материал путем выявления связей между конкретным знанием и его применением.

При выполнении практических занятий используется технология коллективного взаимодействия. Занятия проводятся в виде обсуждения полученного задания, при этом студенты работают совместно с последующим групповым анализом полученных результатов.

В учебном процессе используются активные и интерактивные формы проведения занятий (компьютерные симуляции, разбор конкретных ситуаций) в сочетании с внеаудиторной работой с целью формирования и развития профессиональных навыков обучающихся.

Самостоятельная работа студентов стимулирует студентов к индивидуальной проработке тем в процессе выполнения индивидуальных заданий, в процессе подготовки к контрольным работам и итоговой аттестации.

## 6 Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

### Оценочные средства для проведения текущего контроля в виде аудиторной контрольной работы (АКР)

*Перечень тем для подготовки к практическим занятиям:*

#### АКР № 1. Отсеивание ошибочных и взаимовлияющих факторов

По исходной произвольной выборке случайных величин, заданной преподавателем, рассчитывают коэффициенты парной корреляции между независимыми факторами  $X_i$ , сравнивают эти коэффициенты корреляции с табличными значениями критических коэффициентов корреляции (в зависимости от объема выборки и значимости – вероятности обеспеченности –  $\alpha = 1-p$ , где  $p$  – вероятностная характеристика) –  $r_{кр}$ . Значения  $r_{кр}$  определяют по специальным статистическим таблицам, помещенным в специальные справочники или литературе по математической статистике. Для определения значимых и незначимых коэффициентов парной корреляции между  $X_i$  строят корреляционную таблицу в виде:

	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_4$	$X_5$
$X_1$	1	$r_{x_1,x_2}$	$r_{x_1,x_3}$	$r_{x_1,x_4}$	$r_{x_1,x_5}$
$X_2$		1	$r_{x_2,x_3}$	$r_{x_2,x_4}$	$r_{x_2,x_5}$
$X_3$			1	$r_{x_3,x_4}$	$r_{x_3,x_5}$
$X_4$				1	$r_{x_4,x_5}$
$X_5$					1

Затем факторы, имеющие наибольшее количество значимых коэффициентов парных корреляций итерационно исключаются из рассмотрения. В конечном итоге остаются независимые факторы, независимые друг от друга. При отсеивании ошибочных факторов необходимо принимать во внимание физический смысл – важность конкретного фактора по степени его влияния на функцию отклика.

АКР № 2. Неразрушающий контроль качества. Понятие о статистическом прогнозировании и управлении качеством продукции

В соответствии с требованиями нормативных документов (НД), [таких как ГОСТ Р 56612-2013. «Контроль неразрушающими методами. Термины и определения», ГОСТ Р 50779.83 – 2018. «Статистические методы. Процедура статистического приемочного контроля по альтернативному признаку», ОСТ 14-1-34-90. «Статистический приемочный контроль качества металлопродукции по корреляционной связи между параметрами»], по выборке случайных величин, заданных преподавателем, рассчитывается прогнозирующее регрессионное уравнение (по методике АКР № 4), а затем проводится, при необходимости, его корректировка (изменение значения свободного члена уравнения  $a_0$ ) по проверочному массиву данных  $Y_i = f(X_i)$ . Методика проверки:

- рассчитывается разность между фактическими данными контрольной выборки и расчетными значениями по регрессионному уравнению ( $Y_{\text{факт.}} - Y_{\text{расч.}}$ ),
- определяется среднее значение этих отклонений,
- сравнивается со статистическим критерием (стандартным отклонением параметра качества -  $S_{y_i}$ ),
- при среднем отклонении меньшем статистического параметра уравнение признаётся адекватным реальным условиям,
- при среднем отклонении большем  $S_{y_i}$  проводится корректировка уравнения путем изменения значения его свободного члена:  $a_{01} = a_0 -/+ \Sigma(y_{\text{факт.}} - y_{\text{расч.}})/n$ , где  $n$  – объем контрольной выборки, знак  $-/+$  показывает, что, если среднее отклонения  $\Delta y_i$  имеет знак  $+/-$ , то корректировка значения  $a_0$  будет соответственно  $-/+ \Delta y_i$ .

АКР № 3. Гистограммы, диаграмма Парето, контрольные карты

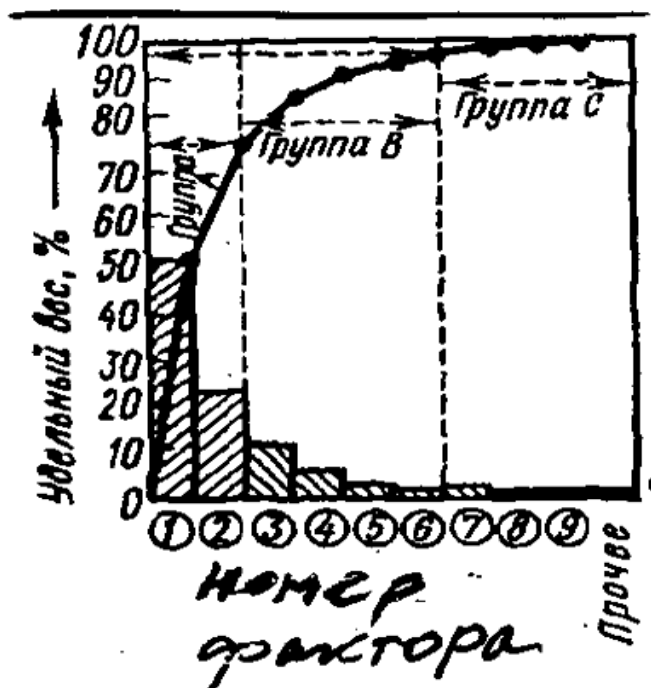
Для конкретной случайной величины ( $X_i$  или  $Y_i$ ) ее распределение в выборке определяется графическим построением гистограммы:

- на оси ординат откладывается частота ( $n_i$ ) или частость ( $n_i/n$ ) – количество значений случайной величины, попадающих в определенный интервал значений; на оси абсцисс откладывается несколько интервалов внутри размаха случайной величины, число этих интервалов определяется статистически, в большинстве случаев это число составляет 10 интервалов;
- при этом проверочными критериями правильности построения гистограммы является выполнения условий  $\Sigma n_i = n$  или  $\Sigma(n_i/n) = 1$ .

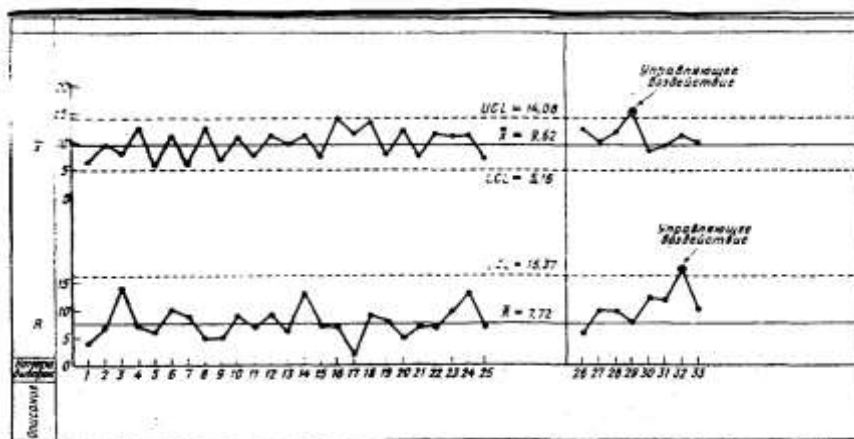
Т.о. получается ступенчатая кривая реального распределения случайной величины, которое затем можно сравнить с теоретическим.

Диаграмма Парето применяется для определения степени важности – значимости влияния факторов на функцию отклика ( $Y_i$ ) – строится графическая зависимость, в которой по оси абсцисс располагают факторы, а на оси ординат – удельный вес (%) или доля от единицы. При этом сначала на оси абсцисс располагают наиболее значимые факторы, график строят в виде ступенчатой кривой, а после каждого фактора его влияние суммируют с предыдущим уровнем влияния фактора по значимости влияния с получением накопительной – кумулятивной кривой. Последнее значение этой кривой должно быть равно 100 % (1). На диаграмме Парето выделяют область наиболее весомых – значимых факторов, суммарный удельный вес влияния которых равен 75 %, остальные факторы незначимо влияют на параметр ( $Y_i$ ). Это – один из эффективных способов

отсеивания незначимых факторов. По заданию преподавателя обучающийся строит диаграмму Парето по экспериментальным данным.



Построить контрольную карту (КК) типа  $\bar{X}_{cp} - R$ . По заданию преподавателя обучающийся должен построить КК и установить уровень стабильности показателя качества продукции.



Контрольная карта типа  $\bar{X}_{cp} - R$

Границы регулирования определяют по следующим зависимостям:

- для средних значений  $\bar{X}_{cp}$  - верхняя граница регулирования:  $UCL = \bar{X}_{cp/cp} + A_2R_{cp}$ ;
- нижняя граница регулирования:  $LCL = \bar{X}_{cp/cp} - A_2R_{cp}$ ;
- для значений размаха  $R$  - верхняя граница регулирования:  $UCL = D_4R_{cp}$ ;
- нижняя граница регулирования:  $LCL = D_3R_{cp}$ .

Значения соответствующих коэффициентов представлены в табл.

N	A <sub>2</sub>	D <sub>3</sub>	D <sub>4</sub>
2	1,880	-	3,267
3	1,023	-	2,575
4	0,729	-	2,282
5	0,577	-	2,115

6	0,483	-	2,004
7	0,419	0,076	1,924
8	0,373	0,136	1,864
9	0,337	0,184	1,816
10	0,308	0,223	1,777

АКР № 4. Регрессионный анализ. Показатели точности и адекватности регрессионных уравнений (критерии Стьюдента, Фишера, коэффициент эластичности и вклад факторов в функцию отклика, остаточное среднеквадратическое отклонение – стандартное отклонение – регрессионного уравнения)

Для расчета коэффициентов регрессионных уравнений  $a_0$ ,  $a_i$  применяется расчетный метод наименьших квадратов (МНК) с использованием исходной выборки случайных величин. МНК предполагает поиск экстремального (минимального) значения функционала суммы разности в квадрате между фактическими и расчетными значениями функции отклика:

$$F = \sum (y_{\text{факт.}} - y_{\text{расч.}})^2 \rightarrow \min (0).$$

В уравнение подставляются построчно фактические значения  $U_{\text{факт.}}$  и  $U_{\text{расч.}}$  в виде уравнения. Для решения указанного функционала необходимо получить систему уравнений в частных производных и каждое из уравнений приравнять к нулю. Таким образом, получатся значения свободного члена уравнения  $a_0$  и коэффициенты при независимых переменных  $a_i = a_{xi}$ . Для оперативного решения МНК применяется программное обеспечение Excel ( $f_x \rightarrow$  линейн). В подпрограмме «линейн» указываются координаты  $y_i$  и  $x_i$ , затем набираются позиции «ИСТИНА» и затем Shift+Ctrl+Enter. В предварительно выделенное поле программно помещаются результаты расчета – коэффициенты  $a_0$ ,  $a_i = a_{xi}$  (первая строка), коэффициент детерминации  $R^2$  (3-я строка, 1-й столбец), критерий Фишера F (4-ая строка, 1-ый столбец).

Коэффициент множественной корреляции R характеризует степень линейной связи уравнения регрессии с реальным процессом (выборкой). При R больше критического, табличного коэффициента корреляции линейность этой связи статистически значима.

Критерий Фишера (F) представляет собой отношение стандартных отклонений расчетного массива данных к фактической выборки в квадрате; в этом случае уравнение признается адекватным реальным значениям выборки, если  $F_{\text{расч.}} > F_{\text{табл.}}$ .  $F_{\text{табл.}}$  определяется по специальным таблицам (в любом справочнике, пособии по математической статистике) в зависимости от объема исходной выборки и степени свободы, которая определяется разницей между объемом выборки и количеством независимых переменных в регрессионном уравнении.

Регрессионное уравнение также оценивается по остаточному стандартному отклонению –  $S_{\text{ост}} = (1 - R^2)^{0,5}$ . Чем меньше значение  $S_{\text{ост}}$ , тем точнее регрессионное уравнение.

Оценка значимости коэффициентов при факторах ( $a_i$  при  $X_i$ ) проводится по расчету значений критерия Стьюдента –  $t = a_i/Sx_i$ , которое сравнивается с табличным значением (см. любое издание по математической статистике).

#### АКР № 5. Исследование операций

К исследованию операций относятся различные модели математического программирования – линейного, нелинейного, квадратичного, целочисленного и динамического программирования, задачи многокритериальной оптимизации, а также методы безусловной оптимизации функций многих переменных. Это касается определения кратчайшего пути; оптимизации раскроя, например листовой заготовки; эффективной технологии по критерию, например минимальных энергозатрат и т.п.

Определить безусловный экстремум для целевой функции по табл.

	Вариант
--	---------

	1	2	3	4	5
Функция	$x^2 + y^2 + xy - 4x - 5y$	$xy(1-x-y)$	$3x+6y-x^2-xy+y^2$	$2xy-4x-2y$	$y^2-x^2-xy-2x-6y$
	6	7	8	9	10
Функция	$x^3-y^3-3xy$	$x^3+8y^3-6xy+1$	$2x^3-xy^2+5x^2+y^2$	$6x+12y-2x^2-2xy+2y^2$	$2x^2-y^2-4xy-2x-y+1$

АКР № 6. Методы поиска экстремальных значений (значений локальной оптимизации) функции отклика. Метод крутого восхождения – метод Бокса-Уилсона

Найти экстремальное значение параметра оптимизации в области определения функции двух и многофакторных уравнений (метод крутого восхождения Бокса-Уилсона) с применением итерационного пошагового метода в направлении градиента.

АКР № 7. Расчитать оптимальную технологию термической обработки металлов и сплавов на примере рекристаллизационного отжига низкоуглеродистой стали 08Ю

Построить матрицу полного факторного эксперимента типа  $2^n \rightarrow 2^2$  и  $2^3$ . Определить значимые элементы химического состава стали и технологические параметры, влияющие на механические свойства и структуру металла. При составлении матрицы планирования эксперимента необходимо учитывать четыре свойства существования уровней факторов: симметричность, ортогональность, ротатабельность, условие нормировки.

Определить коэффициенты уравнения по известному алгоритму:  $a_i = (\sum x_i y_i)/n$ ,  $a_0 = \sum y_i/n$ .

*Методические рекомендации для подготовки к семинару – практическим занятиям*

Семинар - вид групповых занятий по какой-либо научной, учебной и другой проблематике, активное обсуждение участниками заранее подготовленных сообщений, докладов и т.п. С тематикой семинаров студенты знакомятся заранее. Алгоритм подготовки к семинару следующий: выбрав тему, студент составляет свой план-график подготовки к семинару. Для приобретения широкого видения проблемы студент старается осмыслить ее в общем объеме; познакомиться с темой по базовому учебному пособию или другой основной рекомендуемой литературе; выявить основные идеи, раскрывающие данную проблему; сверить их определения со справочниками, энциклопедией; подготовить план-конспект раскрытия данной проблемы; выявить неясные вопросы и подобрать дополнительную литературу для их освещения; составить тезисы выступления на отдельных листах для последующего внесения дополнений и подготовить доклад или реферат для сообщения на семинаре; проанализировать собранный материал для дополнительной информации по темам семинара; готовясь к выступлению на семинаре, по возможности проконсультироваться с преподавателем; относиться к собранному материалу, как к источнику будущих исследований.

Семинарские занятия расширяют и закрепляют знания, заложенные в теории предмета. На них выносятся вопросы, особенно необходимые для практики, или проблемные вопросы, которые возможно решить только в процессе сотрудничества. Среди обязательных требований к семинару - предварительное ознакомление с темой, вопросами и литературой по данной теме.

Современная практика предлагает широкий круг типов семинарских занятий. Среди них особое место занимает семинар-дискуссия, где в диалоге хорошо усваивается новая информация, видны убеждения студента; обсуждаются противоречия (явные и скрытые) и недостатки; для обсуждения берутся конкретные актуальные вопросы, с которыми студенты предварительно ознакомлены. Также в семинар включаются вопросы для ин-теллектуальной разминки (иногда это дискуссионная статья, по которой ставятся проблемные вопросы); дискуссия может развертываться заочно как круговой семинар.

Далее подводятся итоги дискуссии, заслушиваются и защищаются проектные задания. После этого проходит "мозговой штурм" по нерешенным проблемам дискуссии, а также выявляются прикладные аспекты, которые можно рекомендовать для включения в курсовые и дипломные работы или в апробацию на практике. На сессии преподаватель обобщает результаты проработанной студентом работы.

Семинары-дискуссии проводятся с целью выявления мнения студентов по актуальным вопросам изучаемого предмета.

Семинар-исследование предполагает предварительную работу - написание реферата, доклада по итогам опытной работы. Участие в нем - это, прежде всего, диалог студента с преподавателем. Результаты обсуждаются на семинаре с наглядным показом исследовательского материала (схемы, таблицы, графики, диагностические методики). Частично материал может быть включен в ВКР. При подготовке к семинар-исследованию студент изучает результаты теоретических исследований, составляет библиографию по теме, учится писать обзоры по технической задаче-проблеме.

Проблемный семинар готовится преподавателем достаточно основательно: подбираются проблемные и контрольно-проверочные вопросы. Такой семинар возможен только после прохождения темы. К нему студенты готовятся по литературным источникам: монографии, справочники, словари, журналы. К проблемному семинару просматривается литература в рамках различных исследовательских школ (например "Традиционные и нетрадиционные подходы к проблеме").

Наибольшую эффективность приносят семинары, проводимые в форме коллективной познавательной деятельности, имеющей определенные особенности, а именно:

- разделение студентов на группы по их желанию (с обязательным участием студента с устойчивым интересом к данному предмету);
- постановка общих целей и задач для группы;
- работа в последовательности - индивидуальная, парная (чаще всего перекрестный опрос), работа в группе, коллективная;
- обязательное предварительное ограничение по времени каждого этапа занятий;
- экспертный анализ с расчетом коэффициента конкордации;
- оценка работы группы преподавателем;
- проведение самооценки.

#### Примерный перечень тем рефератов в виде индивидуальных домашних задач (ИДЗ)

##### ИДЗ № 1. Основы процесса моделирования

1. Задача дисциплины «Моделирование и оптимизация свойств материалов и технологических процессов».
2. Структура курса – прогнозирование и оптимизация функции отклика.
3. Понятие о статистическом прогнозировании и управлении качеством продукции. Неразрушающий контроль качества.

##### ИДЗ № 2. Экспериментально-статистические методы описания объекта

1. Предварительная обработка статистических данных.
2. Гистограммы, диаграмма Парето, контрольные карты.
3. Отсевание ошибочных и взаимовлияющих факторов.
4. Регрессионный анализ. Метод наименьших квадратов (МНК).

##### ИДЗ № 3. Задачи статистической оптимизации

1. Методы поиска экстремальных значений (значений локальной оптимизации) функции отклика.
2. Метод крутого восхождения – метод Бокса-Уилсона.

#### ИДЗ № 4. Исследование операций

1. Основные понятия метода.
2. Примеры применения метода.

#### ИДЗ № 5. Использование моделей для исследования, управления и обучения

1. Требования, предъявляемые к прогнозирующим регрессионным зависимостям.
2. Требования, предъявляемые к управляющим регрессионным зависимостям.
3. Понятие об адаптивном управлении.
4. Применение методики планированного эксперимента.
5. Требования к исходной выборке при планировании факторного эксперимента.

#### ИДЗ № 6. Оптимизация управления технологией термической обработки металлов и сплавов

1. Постановка задачи оптимизации управления технологией термической и химико-термической обработки металлов и сплавов.

2. Математическая модель связи структурных показателей и параметров механических свойств металла с химическим составом металла (сплава) и технологических режимов термической (химико-термической) обработки.

### **7 Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации**

Промежуточная аттестация имеет целью определить степень достижения запланированных результатов обучения по дисциплине (модулю) за семестр и проводится в форме экзамена.

Данный раздел состоит из двух пунктов:

- а) Планируемые результаты обучения и оценочные средства для проведения промежуточной аттестации.
- б) Порядок проведения промежуточной аттестации, показатели и критерии оценивания.



**а) Планируемые результаты обучения и оценочные средства для проведения промежуточной аттестации:**

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
<b>Код и содержание компетенции:</b> ОПК-2 – способностью использовать в профессиональной деятельности знания о подходах и методах получения результатов в теоретических и экспериментальных исследованиях		
Знать	<ul style="list-style-type: none"> <li>- основные определения и понятия процессов моделирования и оптимизации;</li> <li>- классификацию способов оптимизации, теоретические основы моделирования технологических процессов и методов исследования показателей качества продукции;</li> <li>- основные расчетные методы описания технологии процессов</li> </ul>	<p><b>Перечень теоретических вопросов к экзамену (ИДЗ № 1, 2)</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Задачи дисциплины «Моделирование и оптимизация свойств материалов и технологических процессов».</li> <li>2. Структуру курса – прогнозирование и оптимизация функции отклика.</li> <li>3. Понятия о статистическом прогнозировании и управлении качеством продукции, неразрушающем контроле качества.</li> <li>4. Методику предварительной обработки статистических данных.</li> <li>5. Гистограммы, диаграмму Парето, контрольные карты.</li> <li>6. Методики отсеивания ошибочных и взаимовлияющих факторов.</li> </ol>
Уметь	<ul style="list-style-type: none"> <li>- эффективно применять методы моделирования и оптимизации реальных технологических процессов;</li> <li>- использовать методы физического и геометрического подобия;</li> </ul>	<p><b>Примерные практические задания для экзамена (АКР № 1-3)</b></p> <p>1. Отсеивать ошибочных и взаимовлияющих факторов. По исходной произвольной выборке случайных величин, заданной преподавателем, рассчитывают коэффициенты парной корреляции между независимыми факторами <math>X_i</math>, сравнивают эти коэффициенты корреляции с табличными значениями критических коэффициентов корреляции (в зависимости от объема выборки и значимости – вероятности обеспеченности – <math>\alpha = 1-p</math>, где <math>p</math> – вероятностная характеристика) - <math>r_{кр}</math>. Значения <math>r_{кр}</math> определяют по специальным статистическим таблицам, помещенным в специальные справочники или литературе по математической статистике. Для определения значимых и незначимых коэффициентов парной корреляции между <math>X_i</math> строят корреляционную таблицу. Затем факторы, имеющие наибольшее количество значимых коэффициентов парных корреляций</p>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		<p>иттерационно исключаются из рассмотрения. В конечном итоге остаются независимые факторы, независимые друг от друга. При отсеивании ошибочных факторов необходимо принимать во внимание физический смысл – важность конкретного фактора по степени его влияния на функцию отклика.</p> <p>2. Использовать статистическое прогнозирование и методы управления качеством продукции. По выборке случайных величин, заданных преподавателем, рассчитывать прогнозирующее регрессионное уравнение, а затем проводить, при необходимости, его корректировку (изменение значения свободного члена уравнения <math>a_0</math>) по проверочному массиву данных <math>Y_i = f(X_i)</math>. Методику проверки:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- рассчитывается разность между фактическими данными контрольной выборки и расчетными значениями по регрессионному уравнению (<math>u_{\text{факт.}} - u_{\text{расч.}}</math>),</li> <li>- определяется среднее значение этих отклонений,</li> <li>- сравнивается со статистическим критерием (стандартным отклонением параметра качества - <math>S_{y_i}</math>),</li> <li>- при среднем отклонении меньшем статистического параметра уравнение признаётся адекватным реальным условиям,</li> <li>- при среднем отклонении большем <math>S_{y_i}</math> проводится корректировка уравнения путем изменения значения его свободного члена: <math>a_{01} = a_0 \pm \Sigma(u_{\text{факт.}} - u_{\text{расч.}})/n</math>, где <math>n</math> – объем контрольной выборки, знак <math>\pm</math> показывает, что, если среднее отклонения <math>\Delta u_i</math> имеет знак <math>\pm</math>, то корректировка значения <math>a_0</math> будет соответственно <math>\pm \Delta u_i</math>.</li> </ul> <p>3. Методику графического построения гистограммы. Для конкретной случайной величины (<math>X_i</math> или <math>Y_i</math>) ее распределение в выборке определяется:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- на оси ординат откладывается частота (<math>n_i</math>) или частость (<math>n_i/n</math>) – количество значений случайной величины, попадающих в определенный интервал значений; на оси абсцисс откладывается несколько интервалов внутри размаха случайной величины, число этих интервалов определяется статистически, в большинстве случаев это число составляет 10 интервалов;</li> <li>- при этом проверочными критериями правильности построения гистограммы является выполнения условий <math>\Sigma n_i = n</math> или <math>\Sigma (n_i/n) = 1</math>.</li> </ul> <p>Т.о. получается ступенчатая кривая реального распределения случайной величины, которое затем можно сравнить с теоретическим.</p>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
Владеть	<ul style="list-style-type: none"> <li>- практическими навыками по применению методов моделирования и оптимизации;</li> <li>- методами физического и геометрического подбора</li> <li>- профессиональным языком предметной области знания</li> </ul>	<p><b>Задание на решение задач из профессиональной области, комплексные задания (АКР № 1-3)</b></p> <p>1. Правилами отсеивания ошибочных и взаимовлияющих факторов. По исходной произвольной выборке случайных величин, заданной преподавателем, рассчитывают коэффициенты парной корреляции между независимыми факторами <math>X_i</math>, сравнивают эти коэффициенты корреляции с табличными значениями критических коэффициентов корреляции (в зависимости от объема выборки и значимости – вероятности обеспеченности – <math>\alpha = 1-p</math>, где <math>p</math> – вероятностная характеристика) – <math>r_{кр}</math>. Значения <math>r_{кр}</math> определяют по специальным статистическим таблицам, помещенным в специальные справочники или литературе по математической статистике. Для определения значимых и незначимых коэффициентов парной корреляции между <math>X_i</math> строят корреляционную таблицу. Затем факторы, имеющие наибольшее количество значимых коэффициентов парных корреляций итерационно исключаются из рассмотрения. В конечном итоге остаются независимые факторы, независимые друг от друга. При отсеивании ошибочных факторов необходимо принимать во внимание физический смысл – важность конкретного фактора по степени его влияния на функцию отклика.</p> <p>2. Навыками применения статистического прогнозирования и методов управления качеством продукции. По выборке случайных величин, заданных преподавателем, рассчитывать прогнозирующее регрессионное уравнение, а затем проводить, при необходимости, его корректировку (изменение значения свободного члена уравнения <math>a_0</math>) по проверочному массиву данных <math>Y_i = f(X_i)</math>. Методику проверки:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- рассчитывается разность между фактическими данными контрольной выборки и расчетными значениями по регрессионному уравнению (<math>U_{факт.} - U_{расч.}</math>),</li> <li>- определяется среднее значение этих отклонений,</li> <li>- сравнивается со статистическим критерием (стандартным отклонением параметра качества - <math>S_{y_i}</math>),</li> <li>- при среднем отклонении меньшем статистического параметра уравнение признаётся адекватным реальным условиям,</li> <li>- при среднем отклонении большем <math>S_{y_i}</math> проводится корректировка уравнения путем изменения значения его свободного члена: <math>a_{01} = a_0 -/+ \Sigma(u_{факт.} - u_{расч.})/n</math>, где <math>n</math> – объем контрольной выборки, знак <math>-/+</math> показывает, что, если среднее отклонения <math>\Delta u_i</math> имеет знак <math>+/-</math>, то корректировка</li> </ul>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		<p>значения <math>a_0</math> будет соответственно <math>-/+ \Delta y_i</math>.</p> <p>3. Методами графического построения гистограммы. Для конкретной случайной величины (<math>X_i</math> или <math>Y_i</math>) ее распределение в выборке определяется:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- на оси ординат откладывается частота (<math>n_i</math>) или частость (<math>n_i/n</math>) – количество значений случайной величины, попадающих в определенный интервал значений; на оси абцисс откладывается несколько интервалов внутри размаха случайной величины, число этих интервалов определяется статистически, в большинстве случаев это число составляет 10 интервалов;</li> <li>- при этом проверочными критериями правильности построения гистограммы является выполнения условий <math>\sum n_i = n</math> или <math>\sum (n_i/n) = 1</math>.</li> </ul> <p>Т.о. получается ступенчатая кривая реального распределения случайной величины, которое затем можно сравнить с теоретическим.</p>
<p><b>Код и содержание компетенции:</b> ПК-3 – готовностью использовать методы моделирования при прогнозировании и оптимизации технологических процессов и свойств материалов, стандартизации и сертификации материалов и процессов</p>		
Знать	<ul style="list-style-type: none"> <li>- основные математические методы моделирования структурообразования и свойств металлов;</li> <li>- методы получения прогнозирующих регрессионных зависимостей структуры и свойств от химического состава стали и технологии термической обработки;</li> <li>- расчетные алгоритмы для оптимизации химического состава металла и технологии термообработ-</li> </ul>	<p><b>Перечень теоретических вопросов к экзамену (ИДЗ № 2-5)</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Регрессионный анализ. Метод наименьших квадратов (МНК).</li> <li>2. Методы поиска экстремальных значений (значений локальной оптимизации) функции отклика.</li> <li>3. Метод крутого восхождения – метод Бокса-Уилсона.</li> <li>4. Основные понятия метода.</li> <li>5. Примеры применения метода.</li> <li>6. Требования, предъявляемые к прогнозирующим регрессионным зависимостям.</li> </ol>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
	ки	
Уметь	<p>- применять на практике методы моделирования структурообразования и свойств металлов;</p> <p>- рассчитывать прогнозирующие регрессионные зависимости структуры и свойств от химического состава стали и технологии термической обработки;</p> <p>- использовать расчетные алгоритмы для оптимизации химсостава металла и технологии термообработки</p>	<p><b>Примерные практические задания для экзамена (АКР № 3, 4)</b></p> <p>1. Строить и использовать диаграммами Парето, которые применяются для определения степени важности – значимости влияния факторов на функцию отклика (<math>Y_i</math>) – строится графическая зависимость, в которой по оси абсцисс располагают факторы, а на оси ординат – удельный вес (%) или доля от единицы. При этом сначала на оси абсцисс располагают наиболее значимые факторы, график строят в виде ступенчатой кривой, а после каждого фактора его влияние суммируют с предыдущим уровнем влияния фактора по значимости влияния с получением накопительной – кумулятивной кривой. Последнее значение этой кривой должно быть равно 100 % (1). На диаграмме Парето выделяют область наиболее весомых – значимых факторов, суммарный удельный вес влияния которых равен 75 %, остальные факторы незначимо влияют на параметр (<math>Y_i</math>). Это – один из эффективных способов отсеивания незначимых факторов. По заданию преподавателя обучающийся строит диаграмму Парето по экспериментальным данным.</p> <p>2. Использовать контрольные карты (КК) типа <math>X_{cp} - R</math>. По заданию преподавателя обучающийся должен построить КК и установить уровень стабильности показателя качества продукции. Границы регулирования определяют по следующим зависимостям:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- для средних значений <math>X_{cp}</math> – верхняя граница регулирования: <math>UCL = X_{cp/cp} + A_2R_{cp}</math>; нижняя граница регулирования: <math>LCL = X_{cp/cp} - A_2R_{cp}</math>;</li> <li>- для значений размаха <math>R</math> - верхняя граница регулирования: <math>UCL = D_4R_{cp}</math>; нижняя граница регулирования: <math>LCL = D_3R_{cp}</math>.</li> </ul> <p>Значения соответствующих коэффициентов представлены в табл. АКР № 3.</p> <p>3. Рассчитывать коэффициенты регрессионных уравнений <math>a_0, a_i</math> с использованием метода наименьших квадратов (МНК) и исходной выборки случайных величин. МНК предполагает поиск экстремального (минимального) значения функционала суммы разности в квадрате между фактическими и расчетными значениями функции отклика:</p> $F = \sum (y_{\text{факт.}} - y_{\text{расч.}})^2 \rightarrow \min (0).$ <p>В уравнение подставляются построчно фактические значения <math>y_{\text{факт.}}</math> и <math>y_{\text{расч.}}</math> в виде уравнения. Для решения указанного функционала необходимо получить систему уравнений в частных производных и каждое из уравнений приравнять к нулю. Таким образом, получатся значения</p>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		<p>свободного члена уравнения <math>a_0</math> и коэффициенты при независимых переменных <math>a_i = a_{xi}</math>. Для оперативного решения МНК применяется программное обеспечение Exel (<math>f_x \rightarrow</math> линейн). В подпрограмме «линейн» указываются координаты <math>y_i</math> и <math>x_i</math>, затем набираются позиции «ИСТИНА» и затем Shift+Ctrl+Enter. В предварительно выделенное поле программно помещаются результаты расчета – коэффициенты <math>a_0, a_i = a_{xi}</math> (первая строка), коэффициент детерминации <math>R^2</math> (3-я строка, 1-й столбец), критерий Фишера F (4-ая строка, 1-ый столбец).</p> <p>Применять правила определения показателей качества регрессионного уравнения - коэффициент множественной корреляции R; критерия Фишера (F); остаточного стандартного отклонения – <math>S_{ост} = (1 - R^2)^{0,5}</math>; критерия Стьюдента – <math>t = a_i/Sx_i</math>.</p>
Владеть		<p><b>Задание на решение задач из профессиональной области, комплексные задания (АКР № 3, 4)</b></p> <p>1. Правилами построения и использования диаграмм Парето, которые применяются для определения степени важности – значимости влияния факторов на функцию отклика (<math>Y_i</math>) – строится графическая зависимость, в которой по оси абсцисс располагают факторы, а на оси ординат – удельный вес (%) или доля от единицы. При этом сначала на оси абсцисс располагают наиболее значимые факторы, график строят в виде ступенчатой кривой, а после каждого фактора его влияние суммируют с предыдущим уровнем влияния фактора по значимости влияния с получением накопительной – кумулятивной кривой. Последнее значение этой кривой должно быть равно 100 % (1). На диаграмме Парето выделяют область наиболее весомых – значимых факторов, суммарный удельный вес влияния которых равен 75 %, остальные факторы незначимо влияют на параметр (<math>Y_i</math>). Это – один из эффективных способов отсеивания незначимых факторов. По заданию преподавателя обучающийся строит диаграмму Парето по экспериментальным данным.</p> <p>2. Методиками использования контрольными картами (КК) типа <math>X_{cp} - R</math>. По заданию преподавателя обучающийся должен построить КК и установить уровень стабильности показателя качества продукции. Границы регулирования определяют по следующим зависимостям:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- для средних значений <math>X_{cp}</math> – верхняя граница регулирования: <math>UCL = X_{cp/cp} + A_2R_{cp}</math>; нижняя граница регулирования: <math>LCL = X_{cp/cp} - A_2R_{cp}</math>;</li> <li>- для значений размаха R - верхняя граница регулирования: <math>UCL = D_4R_{cp}</math>; нижняя граница регулирования: <math>LCL = D_3R_{cp}</math>.</li> </ul> <p>Значения соответствующих коэффициентов представлены в табл. АКР № 3.</p>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		<p>3. Рассчитывать коэффициенты регрессионных уравнений <math>a_0</math>, <math>a_i</math> с использованием метода наименьших квадратов (МНК) и исходной выборки случайных величин. МНК предполагает поиск экстремального (минимального) значения функционала суммы разности в квадрате между фактическими и расчетными значениями функции отклика:</p> $F = \sum (y_{\text{факт.}} - y_{\text{расч.}})^2 \rightarrow \min (0).$ <p>В уравнение подставляются построчно фактические значения <math>y_{\text{факт.}}</math> и <math>y_{\text{расч.}}</math> в виде уравнения. Для решения указанного функционала необходимо получить систему уравнений в частных производных и каждое из уравнений приравнять к нулю. Таким образом, получатся значения свободного члена уравнения <math>a_0</math> и коэффициенты при независимых переменных <math>a_i = a_{xi}</math>. Для оперативного решения МНК применяется программное обеспечение Excel (<math>f_x \rightarrow</math> линейн). В подпрограмме «линейн» указываются координаты <math>y_i</math> и <math>x_i</math>, затем набираются позиции «ИСТИНА» и затем Shift+Ctrl+Enter. В предварительно выделенное поле программно помещаются результаты расчета – коэффициенты <math>a_0</math>, <math>a_i = a_{xi}</math> (первая строка), коэффициент детерминации <math>R^2</math> (3-я строка, 1-й столбец), критерий Фишера F (4-ая строка, 1-ый столбец).</p> <p>Применять правила определения показателей качества регрессионного уравнения - коэффициент множественной корреляции R; критерия Фишера (F); остаточного стандартного отклонения – <math>S_{\text{ост}} = (1 - R^2)^{0,5}</math>; критерия Стьюдента – <math>t = a_i/Sx_i</math></p>
<p><b>Код и содержание компетенции:</b> ПК-7 - способностью выбирать и применять со-ответствующие методы моделирования физических, химических и технологических процессов</p>		
Знать	<ul style="list-style-type: none"> <li>- основы математического и физического моделирования технологических процессов;</li> <li>- физические особенности поведения материалов при изменении внешних условий;</li> <li>- основы теории подо-</li> </ul>	<p><b>Перечень теоретических вопросов к экзамену (ИДЗ № 5, 6)</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Требования, предъявляемые к управляющим регрессионным зависимостям.</li> <li>2. Понятия об адаптивном управлении.</li> <li>3. Методику планированного эксперимента.</li> <li>4. Требования к исходной выборке при планировании факторного эксперимента.</li> <li>5. Постановку задачи оптимизации управления технологией термической и химико-термической обработки металлов и сплавов.</li> <li>6. Математическую модель связи структурных показателей и параметров механических свойств металла с химическим составом металла (сплава) и технологических режимов термической</li> </ol>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства																														
	бия и масштабный фактор при проведении экспериментов	(химико-термической) обработки.																														
Уметь	<ul style="list-style-type: none"> <li>- применять на практике методы прогнозирования технологических процессов термической обработки;</li> <li>- разрабатывать физически адекватные прогнозирующие модели – зависимости;</li> <li>- ставить оптимизационную задачу и уметь ее решить</li> </ul>	<p><b>Примерные практические задания для экзамена (АКР № 5-7)</b></p> <p>1. Применять знания по исследованию операций, к которым относятся различные модели математического программирования – линейного, нелинейного, квадратичного, целочисленного и динамического программирования, задачи многокритериальной оптимизации, а также методы безусловной оптимизации функций многих переменных. Это касается определения кратчайшего пути; оптимизации раскроя, например листовой заготовки; эффективной технологии по критерию, например минимальных энергозатрат и т.п.</p> <p style="text-align: center;">Определить безусловный экстремум для целевой функции по табл.</p> <table border="1" style="width: 100%; text-align: center;"> <thead> <tr> <th></th> <th colspan="5">Вариант</th> </tr> <tr> <th></th> <th>1</th> <th>2</th> <th>3</th> <th>4</th> <th>5</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Функция</td> <td><math>x^2 + y^2 + xy - 4x - 5y</math></td> <td><math>xy(1-x-y)</math></td> <td><math>3x+6y-x^2-xy+y^2</math></td> <td><math>2xy-4x-2y</math></td> <td><math>y^2-x^2-xy-2x-6y</math></td> </tr> <tr> <th></th> <th>6</th> <th>7</th> <th>8</th> <th>9</th> <th>10</th> </tr> <tr> <td>Функция</td> <td><math>x^3-y^3-3xy</math></td> <td><math>x^3+8y^3-6xy+1</math></td> <td><math>2x^3-xy^2+5x^2+y^2</math></td> <td><math>6x+12y-2x^2-2xy+2y^2</math></td> <td><math>2x^2-y^2-4xy-2x-y+1</math></td> </tr> </tbody> </table> <p>2. Находить экстремальное значение параметра оптимизации в области определения функции двух и многофакторных уравнений (метод крутого восхождения Бокса-Уилсона) с применением итерационного пошагового метода в направлении градиента.</p> <p>3. Строить матрицу полного факторного эксперимента типа <math>2^n \rightarrow 2^2</math> и <math>2^3</math>. Определить значимые элементы химического состава стали и технологические параметры, влияющие на механические свойства и структуру металла. При составлении матрицы планирования эксперимента необходимо учитывать четыре свойства существования уровней факторов: симметричность, ортогональность, ротатабельность, условие нормировки.</p> <p>Определить коэффициенты уравнения по известному алгоритму: <math>a_i = (\sum x_i y_i) / n</math>, <math>a_0 = \sum y_i / n</math>.</p>		Вариант						1	2	3	4	5	Функция	$x^2 + y^2 + xy - 4x - 5y$	$xy(1-x-y)$	$3x+6y-x^2-xy+y^2$	$2xy-4x-2y$	$y^2-x^2-xy-2x-6y$		6	7	8	9	10	Функция	$x^3-y^3-3xy$	$x^3+8y^3-6xy+1$	$2x^3-xy^2+5x^2+y^2$	$6x+12y-2x^2-2xy+2y^2$	$2x^2-y^2-4xy-2x-y+1$
	Вариант																															
	1	2	3	4	5																											
Функция	$x^2 + y^2 + xy - 4x - 5y$	$xy(1-x-y)$	$3x+6y-x^2-xy+y^2$	$2xy-4x-2y$	$y^2-x^2-xy-2x-6y$																											
	6	7	8	9	10																											
Функция	$x^3-y^3-3xy$	$x^3+8y^3-6xy+1$	$2x^3-xy^2+5x^2+y^2$	$6x+12y-2x^2-2xy+2y^2$	$2x^2-y^2-4xy-2x-y+1$																											
Владеть	- навыками по разработке прогнозирующих	<p><b>Задание на решение задач из профессиональной области, комплексные задания (АКР № 5-7)</b></p> <p>1. Навыками применения знаний по исследованию операций, к которым относятся различные</p>																														



Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства																														
	<p>регрессионных зависимостей;</p> <p>- навыками по физическому моделированию технологических процессов;</p> <p>- навыками по получению оптимизационных решений</p>	<p>модели математического программирования – линейного, нелинейного, квадратичного, целочисленного и динамического программирования, задачи многокритериальной оптимизации, а также методы безусловной оптимизации функций многих переменных. Это касается определения кратчайшего пути; оптимизации раскроя, например листовой заготовки; эффективной технологии по критерию, например минимальных энергозатрат и т.п.</p> <p>Определить безусловный экстремум для целевой функции по табл.</p> <table border="1" data-bbox="719 587 1991 852"> <thead> <tr> <th></th> <th colspan="5">Вариант</th> </tr> <tr> <th></th> <th>1</th> <th>2</th> <th>3</th> <th>4</th> <th>5</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Функция</td> <td><math>x^2 + y^2 + xy - 4x - 5y</math></td> <td><math>xy(1-x-y)</math></td> <td><math>3x+6y-x^2-xy+y^2</math></td> <td><math>2xy-4x-2y</math></td> <td><math>y^2-x^2-xy-2x-6y</math></td> </tr> <tr> <td></td> <td>6</td> <td>7</td> <td>8</td> <td>9</td> <td>10</td> </tr> <tr> <td>Функция</td> <td><math>x^3-y^3-3xy</math></td> <td><math>x^3+8y^3-6xy+1</math></td> <td><math>2x^3-xy^2+5x^2+y^2</math></td> <td><math>6x+12y-2x^2-2xy+2y^2</math></td> <td><math>2x^2-y^2-4xy-2x-y+1</math></td> </tr> </tbody> </table> <p>2. Методами нахождения экстремальных значений параметра оптимизации в области определения функции двух и многофакторных уравнений (метод крутого восхождения Бокса-Уилсона) с применением итерационного пошагового метода в направлении градиента.</p> <p>3. Правилами построения матриц полного факторного эксперимента типа <math>2^n \rightarrow 2^2</math> и <math>2^3</math>. Определить значимые элементы химического состава стали и технологические параметры, влияющие на механические свойства и структуру металла. При составлении матрицы планирования эксперимента необходимо учитывать четыре свойства существования уровней факторов: симметричность, ортогональность, ротатабельность, условие нормировки.</p> <p>Приемами определения коэффициентов уравнения по известному алгоритму: <math>a_1 = (\sum x_i y_i)/n</math>, <math>a_0 = \sum y_i/n</math>.</p>		Вариант						1	2	3	4	5	Функция	$x^2 + y^2 + xy - 4x - 5y$	$xy(1-x-y)$	$3x+6y-x^2-xy+y^2$	$2xy-4x-2y$	$y^2-x^2-xy-2x-6y$		6	7	8	9	10	Функция	$x^3-y^3-3xy$	$x^3+8y^3-6xy+1$	$2x^3-xy^2+5x^2+y^2$	$6x+12y-2x^2-2xy+2y^2$	$2x^2-y^2-4xy-2x-y+1$
	Вариант																															
	1	2	3	4	5																											
Функция	$x^2 + y^2 + xy - 4x - 5y$	$xy(1-x-y)$	$3x+6y-x^2-xy+y^2$	$2xy-4x-2y$	$y^2-x^2-xy-2x-6y$																											
	6	7	8	9	10																											
Функция	$x^3-y^3-3xy$	$x^3+8y^3-6xy+1$	$2x^3-xy^2+5x^2+y^2$	$6x+12y-2x^2-2xy+2y^2$	$2x^2-y^2-4xy-2x-y+1$																											

### *Методические рекомендации для подготовки к экзамену*

Экзамен является неотъемлемой частью учебного процесса и призван закрепить и упорядочить знания студента, полученные на занятиях и самостоятельно. Кроме того, подготовка к экзамену направлена на применение полученных знаний для решения практических задач по специальности, профилю подготовки. На проведение экзамена отводятся часы занятий по расписанию.

Сдаче экзамена предшествует работа студента на лекционных, практических занятиях и самостоятельная работа по изучению предмета. Отсутствие студента на занятиях без уважительной причины и невыполнение заданий самостоятельной работы является основанием для недопущения студента к экзамену.

Подготовка к экзамену осуществляется на основании методических рекомендаций по дисциплине и списка вопросов изучаемой дисциплины, конспектов лекций, учебников и учебных пособий, научных статей, информации среды интернет.

За 3-4 дня подготовки обучаемый должен систематизировать знания, полученные в течение семестра. Вначале следует просмотреть весь материал дисциплины (модуля) и отметить трудные для себя вопросы. Обязательно в них разобраться. В случае неудачного результата такого разбора, следует задать эти вопросы преподавателю на консультации перед экзаменом, посещение которой в этом случае является полезной и желательной. В итоге перед экзаменом целесообразно повторить основные положения дисциплины с отметкой степени усвоения материала.

Основные правила подготовки к экзамену.

1. Лучше сразу сориентироваться во всем материале и обосновано расположить весь материал согласно экзаменационным вопросам или вопросам, обсуждаемым на семинарах. Эта работа может занять много времени, но главное – это ориентирование в изучаемой дисциплине.

2. Сама подготовка не должно быть связана с «запоминанием», а в первую очередь – с переосмыслением материала, и даже рассмотрением альтернативных идей.

3. Студент должен продемонстрировать на экзамене, что он усвоил «все», что требуется по программе обучения или по программе конкретного преподавателя. Далее он может высказать иные, но аргументированные точки зрения.

### **б) Порядок проведения промежуточной аттестации, показатели и критерии оценивания**

Промежуточная аттестация по дисциплине «Моделирование и оптимизация свойств материалов и технологических процессов» включает теоретические вопросы, позволяющие оценить уровень усвоения обучающимися знаний, и практические задания, выявляющие степень сформированности умений и владений, проводится в форме экзамена.

Экзамен по данной дисциплине проводится в устной форме по экзаменационным билетам, каждый из которых включает 2 теоретических вопроса и одно практическое задание.

*Критерии оценки (в соответствии с формируемыми компетенциями и планируемыми результатами обучения):*

– на оценку «**неудовлетворительно**» (1 балл) – обучающийся не может показать знания на уровне воспроизведения и объяснения информации, не может показать интеллектуальные навыки решения простых задач;

- на оценку «**неудовлетворительно**» (2 балла) – обучающийся демонстрирует знания не более 20 % теоретического материала, допускает существенные ошибки, не может показать интеллектуальные навыки решения простых задач;

– на оценку «**удовлетворительно**» (3 балла) – обучающийся демонстрирует

пороговый уровень сформированности компетенций, в ходе контрольных мероприятий допускаются ошибки, проявляется отсутствие отдельных знаний, умений, навыков, обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями и умениями при их переносе на новые ситуации;

– на оценку «хорошо» (4 балла) – обучающийся демонстрирует средний уровень сформированности компетенций: основные знания, умения освоены, но допускаются незначительные ошибки, неточности, затруднения при аналитических операциях, переносе знаний и умений на новые, нестандартные ситуации;

– на оценку «отлично» (5 баллов) – обучающийся демонстрирует высокий уровень сформированности компетенций, всестороннее, систематическое и глубокое знание учебного материала, свободно выполняет практические задания, свободно оперирует знаниями, умениями, применяет их в ситуациях повышенной сложности.

## **8 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)**

### **а) Основная литература:**

1. Юрчук, С. Ю. Компьютерное моделирование нанотехнологий, наноматериалов и наноструктур. Математическое моделирование фотолитографических процессов и процессов электронной литографии при создании субмикронных структур и структур с нанометровыми размерами. Курс лекций : учебное пособие / С. Ю. Юрчук. — Москва : МИСИС, 2013. — 45 с. — ISBN 978-5-87623-662-3. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/47470> (дата обращения: 01.09.2020). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

2. Зиновьев, В.В. Моделирование процессов и систем: учебное пособие/В.В. Зиновьев, А.Н. Стародубов, П.И. Николаев. – Кемерово: КузГТУ имени Т.Ф. Горбачева, 2016. – 146 с. – ISBN 978-5-906888-5. – Текст: электронный//Лань: электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/105406> (дата обращения: 01.09.2020). – Режим доступа: для авториз. пользователей.

### **б) Дополнительная литература:**

1. Кучеряев, Б.В. Моделирование процессов и объектов в металлургии. Моделирование и оптимизация процесса листовой прокатки: учебное пособие/Б.В. Кучеряев, В.Б. Крахт, П.Ю. Соколов. – М.: МИСИС, 2009. – 63 с.- Текст: электронный//Лань: электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/116998> (дата обращения: 01.09.2020). – Режим доступа: для авториз. пользователей.

### **в) Методические указания:**

1. Статистические методы обработки и анализа числовой информации, контроля и управления качеством проката/М.И. Румянцев, С.А. Левандовский, Н.А. Ручинская, К.Е. Черкасов, А.В. Логинов. – Учебное пособие. – Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2014. 257 с.

2. Молочкова О.С. Варианты заданий по анализу числовой информации для бакалавров. – Методические указания. - Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2017. 15 с.

### **г) Программное обеспечение и Интернет-ресурсы:**

Наименование ПО	№ договора	Срок действия лицензии
MS Windows 7	Д-1227 от 08.10.2018 Д-757-17 от 27.06.2016	11.10.2021 27.07.2018
MS Office 2007	№ 135 от 17.09.2007	бессрочно

FAR Manager	свободно распространяемое ПО	бессрочно
7Zip	Свободно распространяемое	бессрочно

1. Электронная база периодических изданий East View Information Services, ООО «ИВИС»: <https://dlib.eastview.com/>
2. Национальная информационно-аналитическая система – Российский индекс научного цитирования (РИНЦ): URL: [https://elibrary.ru/project\\_risc.asp](https://elibrary.ru/project_risc.asp)
3. Поисковая система Академия Google (Google Scholar): URL: <https://scholar.google.ru/>
4. Информационная система - Единое окно доступа к информационным ресурсам: URL: <http://window.edu.ru/>
5. Федеральное государственное бюджетное учреждение «Федеральный институт промышленной собственности»: URL: <http://www1.fips.ru/>
6. Российская Государственная библиотека. Каталоги: <https://www.rsl.ru/ru/4readers/catalogues/>
7. Электронные ресурсы библиотеки МГТУ им. Г.И. Носова: <http://magtu.ru:8085/marcweb2/Default.asp>
8. Университетская информационная система РОССИЯ: <https://uisrussia.msu.ru>
9. Международная наукометрическая реферативная и полнотекстовая база данных научных изданий «Web of science»: <http://webofscience.com>
10. Международная реферативная и полнотекстовая справочная база данных научных изданий «Scopus»: <http://scopus.com>
11. Международная база полнотекстовых журналов Springer Journals: <http://link.springer.com/>
12. Международная коллекция научных протоколов по различным отраслям знаний Springer Protocols: <http://www.springerprotocols.com/>
13. Международная база справочных изданий по всем отраслям знаний SpringerReference: <http://www.springer.com/references>
14. Архив научных журналов «Национальный электронно-информационный концорциум» (НП НЭИКОН): <https://archive.neicon.ru/xmlui/>

## 9 Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Материально-техническое обеспечение дисциплины включает:

Тип и название аудитории	Оснащение аудитории
Аудитория для лекционных и практических занятий	Мультимедийные средства хранения, передачи и представления информации, модели кристаллических решеток, плакаты,
Аудитория для групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации	Специализированная мебель. Персональные компьютеры с пакетом MS Office, выходом в Интернет и с доступом в электронную информационно-образовательную среду университета
Аудитории для самостоятельной работы: компьютерные классы; читальные залы библиотеки	Персональные компьютеры с пакетом MS Office, выходом в Интернет и с доступом в электронную информационно-образовательную среду университета
Помещение для хранения	Специализированная мебель. Станочный парк

Тип и название аудитории	Оснащение аудитории
и профилактического обслуживания учебного оборудования	оборудования и инструменты для профилактического обслуживания и ремонта учебного оборудования. Помещение для хранения учебного оборудования