



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И.  
Носова»

УТВЕРЖДАЮ  
Директор ИММиМ  
А.С. Савинов  
05.02.2026 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

***МОДЕЛИРОВАНИЕ И ОПТИМИЗАЦИЯ СВОЙСТВ МАТЕРИАЛОВ  
И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ***

Направление подготовки (специальность)  
22.03.01 Материаловедение и технологии материалов

Направленность (профиль/специализация) программы  
Материаловедение и технологии материалов (в машиностроении)

Уровень высшего образования - бакалавриат

Форма обучения  
очная

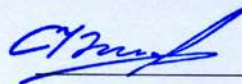
Институт/ факультет	Институт металлургии, машиностроения и материалообработки
Кафедра	Литейных процессов и материаловедения
Курс	4
Семестр	7

Магнитогорск  
2026 год

Рабочая программа составлена на основе ФГОС ВО - бакалавриат по направлению подготовки 22.03.01 Материаловедение и технологии материалов (приказ Минобрнауки России от 02.06.2020 г. № 701)

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры Литейных процессов и материаловедения  
22.01.2026, протокол № 4

Зав. кафедрой



Н.А. Феоктистов

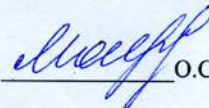
Рабочая программа одобрена методической комиссией ИММиМ  
05.02.2026 г. протокол № 5

Председатель



А.С. Савинов

Рабочая программа составлена:  
доцент кафедры кафедры ЛПИМ, канд. техн. наук



О.С. Молочкова

Рецензент:

доцент кафедры МиТОДиМ, канд. техн. наук



М.А. Шекшеев

## Лист актуализации рабочей программы

---

---

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2027 - 2028 учебном году на заседании кафедры Литейных процессов и материаловедения

Протокол от \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ Н.А. Феоктистов

---

---

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2028 - 2029 учебном году на заседании кафедры Литейных процессов и материаловедения

Протокол от \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ Н.А. Феоктистов

---

---

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2029 - 2030 учебном году на заседании кафедры Литейных процессов и материаловедения

Протокол от \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ Н.А. Феоктистов

---

---

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2030 - 2031 учебном году на заседании кафедры Литейных процессов и материаловедения

Протокол от \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_  
Зав. кафедрой \_\_\_\_\_ Н.А. Феоктистов

### **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.

### **2 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы**

Дисциплина Моделирование и оптимизация свойств материалов и технологических процессов входит в часть учебного плана формируемую участниками образовательных отношений образовательной программы.

Для изучения дисциплины необходимы знания (умения, владения), сформированные в результате изучения дисциплин/ практик:

Информатика и информационные технологии

Анализ числовой информации

Материаловедение

Теория термической обработки

Планирование эксперимента

Механические свойства материалов

Физические свойства материалов

Знания (умения, владения), полученные при изучении данной дисциплины будут необходимы для изучения дисциплин/практик:

Подготовка к сдаче и сдача государственного экзамена

Основы проектирования технологических процессов

### **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:

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции
ПК-2	Способен разрабатывать технологический процесс получения материалов с учетом эксплуатационных требований, предъявляемых к ним
ПК-2.1	Устанавливает требования к эксплуатационным свойствам изделий на основе условий эксплуатации
ПК-6	Способен вносить изменения в типовой технологический процесс в области материаловедения и технологии материалов с целью корректировки эксплуатационных свойств материалов и изделий из них
ПК-6.1	Вносит предложения по изменению режима термической и химико-термической обработки с целью более эффективной реализации возможностей материала



статистические методы математического описания Основные характеристики случайных величин.								
2.1 Две формы закона распределения случайной величины: функция распределения, плотность распределения. Понятия математического ожидания, дисперсии, коэффициента корреляции, линии регрессии. Особенности дисперсионного, корреляционного и регрессионного анализов. Регрессионный анализ при пассивном и активном факторном эксперименте. Идея регрессионного анализа и метода наименьших квадратов. Два пути получения исходных данных для определения коэффициентов уравнения регрессии. Активный факторный эксперимент. Матрица планирования эксперимента. Полный и дробный факторный эксперимент. Методика расчета коэффициентов уравнения регрессии. Пример активного факторного эксперимента.	7	8		6	10	Проработка теоретического (лекционного) материала. Изучение дополнительного материала. Проработка методических указаний к практическим занятиям, составление конспекта, подготовка ответов по контрольным вопросам.	Заслушивание докладов по теме. Проверка практических работ.	ПК-2.1, ПК-6.1
Итого по разделу		8		6	10			
3. Задачи статистической оптимизации. Основные понятия и определения статистической оптимизации. Одномерные задачи статической оптимизации.								
3.1 Теорема Вейерштрасса. Решение одномерной задачи методом производной. Решение задач одномерной оптимизации методами перебора значений целевой функции, золотого сечения, дихотомии, квадратичной интерполяции. Многомерные задачи статической оптимизации. Теорема существования и особенности решения. Решение задач многомерной	7	2		6	10	Проработка теоретического (лекционного) материала. Изучение дополнительного материала. Проработка методических указаний к практическим занятиям, составление конспекта, подготовка ответов по контрольным вопросам.	Заслушивание докладов по теме. Проверка практических работ.	ПК-2.1, ПК-6.1

оптимизации методами полного перебора значений целевой функции, по-координатного спуска, градиентного спуска, наискорейшего спуска, методом конфигураций. Решение задач многомерной оптимизации случайными методами: локальный случайный поиск с возвратом, локальный случайный поиск с пересчетом, локальный случайный поиск по наилучшей пробе, глобальный случайный поиск, метод случайных испытаний.								
Итого по разделу	2		6	10				
4. Исследование операций "Идентификация". Задачи идентификации в узком и широком смысле.								
4.1 Структурная схема идентификации с подстраиваемой моделью. Понятие «модель операции». Три типа неопределенностей при исследовании операций. Принцип Парето. Понятие «линейное программирование». Постановка задачи линейного программирования.	7	6	6	1	Проработка теоретического (лекционного) материала. Изучение дополнительного материала. Проработка методических указаний к практическим занятиям, составление конспекта, подготовка ответов по контрольным вопросам.	Заслушивание докладов по теме. Проверка практических заданий.	ПК-2.1, ПК-6.1	
Итого по разделу	6		6	1				
5. Использование моделей для исследования, управления и обучения. Система моделей для исследования и управления.								
5.1 Характеристики моделей для исследования процессов, для расчета и оптимизации технологии, для прогнозирования оптимальных траекторий процесса во времени, для стабилизирующего или следящего регулирования. Роль моделей при синтезе алгоритмов управления. Моделирование и	7	8	6	5,1	Проработка теоретического (лекционного) материала. Изучение дополнительного материала. Проработка методических указаний к практическим занятиям,	Проверка практических работ.	ПК-2.1, ПК-6.1	

обучение.						составление конспекта, подготовка ответов по контрольным вопросам.		
Итого по разделу		8		6	5,1			
6. Оптимизация управления технологией термической обработки металлов и сплавов.								
6.1 Общая постановка задачи оптимизации управления тепловым режимом в рабочем пространстве промышленных печей. Структурно-функциональная схема системы оптимизации управления тепловым режимом в рабочем пространстве промышленной печи. Математическая модель функционирования системы автоматической оптимизации управления тепловым режимом промышленных печей. Структурная схема модели системы оптимизации управления тепловым режимом в рабочем пространстве промышленной печи с целью минимизации удельного расхода топлива. Математическая модель статической характеристики теплового режима в рабочем пространстве промышленной печи. Расчет коэффициентов уравнения регрессии с применением метода наименьших квадратов. Блок-схема программы расчета коэффициентов аппроксимирующего полинома статической характеристики.	7	4		6	6	Проработка теоретического (лекционного) материала. Изучение дополнительного материала. Проработка методических указаний к практическим занятиям, составление конспекта, подготовка ответов по контрольным вопросам.	Проверка практических работ.	ПК-2.1, ПК-6.1
Итого по разделу		4		6	6			
Итого за семестр		36		36	34,1		зачёт	
Итого по дисциплине		36		36	34,1		зачет	

## **5 Образовательные 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. Например, структуру сплавов определяет каждый студент при изучении экспериментальных образцов, а анализ полученных результатов по единичным показателям, выполненных отдельными студентами, проводится групповым методом.

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 написания рефератов, выполнения индивидуальных заданий, в процессе подготовки к контрольным работам и итоговой аттестации.

## **6 Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся**

Представлено в приложении 1.

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

Представлены в приложении 2.

## **8 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины**

### **а) Основная литература:**

1. Ефремов, Г. И. Моделирование химико-технологических процессов : учебник / Г.И. Ефремов. — 2-е изд., испр. и доп. — Москва : ИНФРА-М, 2023. — 260 с. + Доп. материалы [Электронный ресурс]. — (Высшее образование: Бакалавриат). — DOI 10.12737/1090526. - ISBN 978-5-16-016255-3. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.ru/catalog/product/1913021> (дата обращения: 27.03.2026). – Режим доступа: по подписке.

2. Агеев, Н. Г. Моделирование процессов и объектов в металлургии: Учебное пособие / Агеев Н.Г., - 2-е изд., стер. - Москва :Флинта, Изд-во Урал. ун-та, 2017. - 108 с. ISBN 978-5-9765-3017-1. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/945372> (дата обращения: 27.03.2026). – Режим доступа: по подписке.

3. Леушин, И. О. Моделирование процессов и объектов в металлургии : учебник / И.О. Леушин. - М. : Форум : НИЦ ИНФРА-М, 2019. - 208 с. - (Высшее

образование: Бакалавриат). - ISBN 978-5-91134-732-1. - Текст : электронный. - URL: <https://znanium.com/catalog/product/1012428> (дата обращения: 27.03.2026). – Режим доступа: по подписке.

#### **б) Дополнительная литература:**

1. Балдин, К. В. Теория вероятностей и математическая статистика [Электронный ресурс] : Учебник/К. В. Балдин, В. Н. Башлыков, А. В. Рукосуев. - 2-е изд. - М.: Дашков и К, 2010. - 473 с. – Режим доступа: <http://znanium.com/bookread.php?book=414902>. – Загл. С экрана.-ISBN 978-5-394-00617-3.

2. Гмурман, В.Е. Теория вероятностей и математическая статистика [Текст]: Учеб. пособие для вузов/ В.Е. Гмурман. - М.: Высшая школа, 2002 . - 479 с.- ISBN 068-3-98704-477-1. - Режим доступа: - <https://fileskachat.com/view/608852b9f206bf7cd2b6ef041380fb1795524.html>

3. Закгейм А.Ю. Общая химическая технология: введение в моделирование химико-технологических процессов [Электронный ресурс] : учеб. пособие/А.Ю. Закгейм. - 3-е изд., перераб. и доп. - М.: Логос, 2014. - 304 с. - (Новая университетская библиотека). - ISBN 978-5-98704-497-1. - Режим доступа: [http://books21.download/obschaya\\_himicheskaya\\_tehnologiya\\_vvedenie\\_v\\_modelirovanie\\_himiko\\_tehnologicheskikh\\_protseessov\\_ucheb\\_posobie\\_ayu\\_zakgeym\\_3\\_e\\_izd\\_pererab\\_i\\_dop\\_novaya\\_universitetskaya\\_kniga\\_grif/](http://books21.download/obschaya_himicheskaya_tehnologiya_vvedenie_v_modelirovanie_himiko_tehnologicheskikh_protseessov_ucheb_posobie_ayu_zakgeym_3_e_izd_pererab_i_dop_novaya_universitetskaya_kniga_grif/)

4. Статистический анализ данных в MS Excel: Учебное пособие/А.Ю. Козлов, В.С. Мхитарян, В.Ф. Шишов. - М.: ИНФРА-М, 2014. - 320 с.- ISBN 978-5-16-004579-5. - Режим доступа: <http://ean13.info/9785160045795.htm>

5. Смирнов, Н.В. Краткий курс математической статистики для технических приложений[Текст]: учебное пособие/Н.В. Смирнов, И.В. Дунин-Барковский. – М.: из-во физико-математической литературы, 1969. – 512 с. - Режим доступа: <http://opac.hse.ru/absopac/index.php?url=/notices/index/IdNotice:259143/Source:default>

#### **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:**

##### **Программное обеспечение**

Наименование ПО	№ договора	Срок действия лицензии
MS Office 2007 Professional	№ 135 от 17.09.2007	бессрочно
7Zip	свободно распространяемое ПО	бессрочно
STATISTICA в.6	К-139-08 от 22.12.2008	бессрочно
FAR Manager	свободно распространяемое ПО	бессрочно
MS Office 2003 Professional	№ 135 от 17.09.2007	бессрочно

Браузер Mozilla Firefox	свободно распространяемое ПО	бессрочно
Браузер Yandex	свободно распространяемое ПО	бессрочно

### **Профессиональные базы данных и информационные справочные системы**

Название курса	Ссылка
Электронные ресурсы библиотеки МГТУ им. Г.И. Носова	<a href="https://host.megaprolib.net/MP0109/Web">https://host.megaprolib.net/MP0109/Web</a>
Национальная информационно-аналитическая система – Российский индекс научного цитирования (РИНЦ)	URL: <a href="https://elibrary.ru/project_risc.asp">https://elibrary.ru/project_risc.asp</a>

### **9 Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)**

Материально-техническое обеспечение дисциплины включает:

Материально-техническое обеспечение дисциплины включает:

1. Учебная аудитория для проведения занятий лекционного типа оснащена:
  - техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории: мультимедийными средствами хранения, передачи и представления учебной информации;
  - специализированной мебелью.
2. Учебная аудитория для проведения практических занятий оснащена лабораторным оборудованием:
  - оборудование для приготовления шлифов (отрезные, шлифовальные и полировальные круги; оборудование для травления шлифов);
  - машины универсальные испытательные на растяжение, сжатие, скручивание;
  - мерительный инструмент;
  - приборы для измерения твердости по методам Бринелля и Роквелла;
  - микротвердомер;
  - печи термические;
  - микроскопы МИМ-6, МИМ-7;
  - компьютерная система анализа изображений «Thixomet Pro»
  - коллекции микро- и макрошлифов углеродистых и легированных сталей и сплавов;
  - альбомы микроструктур;
  - специализированной мебелью.
3. Учебная аудитория для групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации оснащена:
  - компьютерной техникой с пакетом MS Office, с подключением к сети «Интернет» и с доступом в электронную информационно-образовательную среду университета;
  - специализированной мебелью.
4. Помещение для самостоятельной работы оснащено:
  - компьютерной техникой с пакетом MS Office, с подключением к сети «Интернет» и с доступом в электронную информационно-образовательную среду университета;
  - специализированной мебелью.
5. Помещение для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования оснащено:
  - специализированной мебелью: стеллажами для хранения учебного оборудования;
  - инструментами для ремонта учебного оборудования;
  - шкафами для хранения учебно-методической документации и материалов.

### Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

По дисциплине «Моделирование и оптимизация свойств материалов и технологических процессов» предусмотрено выполнение практических и аудиторных самостоятельных работ обучающихся.

Аудиторная самостоятельная работа студентов предполагает решение контрольных задач на практических занятиях.

### Методические указания по подготовке к тестированию

Успешное выполнение тестовых заданий является необходимым условием итоговой положительной оценки в соответствии с рейтинговой системой обучения. Выполнение тестовых заданий предоставляет студентам возможность самостоятельно контролировать уровень своих знаний, обнаруживать пробелы в знаниях и принимать меры по их ликвидации. Форма изложения тестовых заданий позволяет закрепить и восстановить в памяти пройденный материал. Предлагаемые тестовые задания охватывают узловые вопросы теоретических и практических основ по дисциплине. Для формирования заданий использована закрытая форма. У студента есть возможность выбора правильного ответа или нескольких правильных ответов из числа предложенных вариантов. Для выполнения тестовых заданий студенты должны изучить лекционный материал по теме, соответствующие разделы учебников, учебных пособий и других литературных источников. Контрольные тестовые задания выполняются студентами на практических занятиях. Репетиционные тестовые задания содержатся в рабочей учебной программе дисциплины. С ними целесообразно ознакомиться при подготовке к тестированию.

#### Пример тестового задания:

1. К числу основных преимуществ имитационных моделей относится ...
  - а) экономичность
  - б) высокая точность результатов
  - в) простота разработки моделей
  - г) универсальность применения
2. Значение случайной величины, равномерно распределенной в произвольном интервале, обычно получается с помощью ...
  - а) метода обратной функции
  - б) перехода к выборке из массива неслучайных чисел
  - в) псевдослучайного числа, равномерно распределенного в интервале (0,1)
3. Оценка вероятности наступления события по результатам моделирования получается на основе ...
  - а) построения гистограммы распределения
  - б) применения специальных методов, зависящих от вида события
  - в) сопоставления результатов моделирования с эталонными
  - г) измеренной с помощью программных счетчиков частоты наступления события

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

#### Перечень тем для подготовки к практическим занятиям:

##### АКР № 1. Отсевивание 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 <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	X <sub>4</sub>	X <sub>5</sub>
X <sub>1</sub>	1	r <sub>x<sub>1</sub>,x<sub>2</sub></sub>	r <sub>x<sub>1</sub>,x<sub>3</sub></sub>	r <sub>x<sub>1</sub>,x<sub>4</sub></sub>	r <sub>x<sub>1</sub>,x<sub>5</sub></sub>
X <sub>2</sub>		1	r <sub>x<sub>2</sub>,x<sub>3</sub></sub>	r <sub>x<sub>2</sub>,x<sub>4</sub></sub>	r <sub>x<sub>2</sub>,x<sub>5</sub></sub>
X <sub>3</sub>			1	r <sub>x<sub>3</sub>,x<sub>4</sub></sub>	r <sub>x<sub>3</sub>,x<sub>5</sub></sub>
X <sub>4</sub>				1	r <sub>x<sub>4</sub>,x<sub>5</sub></sub>
X <sub>5</sub>					1

Затем факторы, имеющие наибольшее количество значимых коэффициентов парных корреляций, итерационно исключаются из рассмотрения. В конечном итоге остаются 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 ( $u_{\text{факт.}} - u_{\text{расч.}}$ ),
- 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:  $a_{01} = a_0 -/+ \Sigma(u_{\text{факт.}} - u_{\text{расч.}})/n$ , где  $n$  – объем контрольной выборки, знак  $-/+$  показывает, что, если среднее отклонения  $\Delta u_i$  имеет знак  $+/-$ , то корректировка значения  $a_0$  будет соответственно  $-/+ \Delta u_i$ .

АКР № 3. Гистограммы, диаграмма Парето, контрольные карты

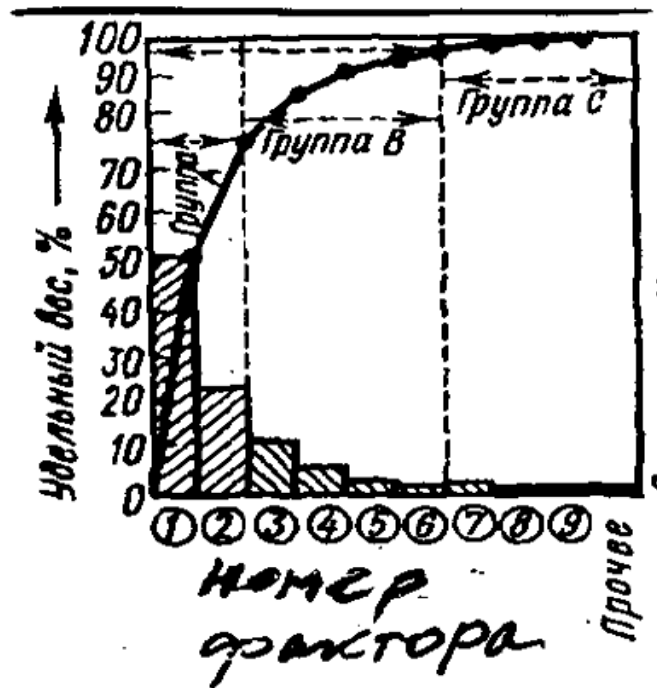
Для конкретной случайной величины ( $X_i$  или  $Y_i$ ) ее распределение в выборке определяется графическим построением гистограммы:

- 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 являются выполнения условий  $\Sigma n_i = n$  или  $\Sigma(n_i/n) = 1$ .

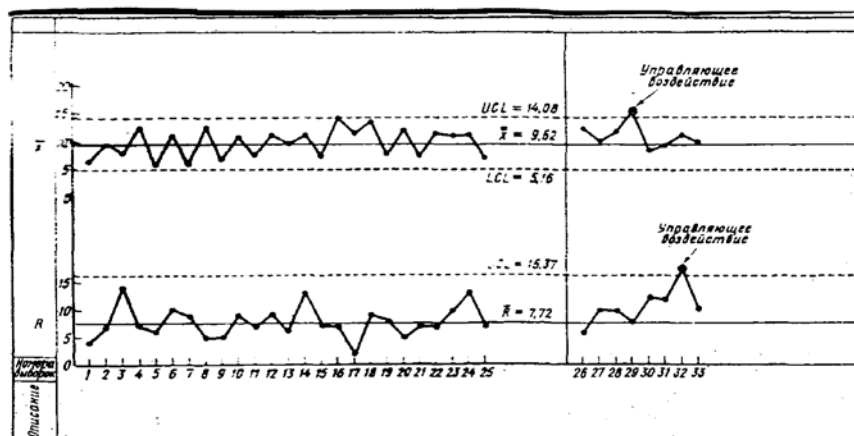
Т.о. получается ступенчатая кривая реального распределения случайной величины, которое затем можно сравнить с теоретическим.

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  $X_{cp} - R$ . По заданию преподавателя обучающийся должен построить КК и установить уровень стабильности показателя качества продукции.



Контрольная карта типа  $X_{cp} - R$

Границы регулирования определяют по следующим зависимостям:

- для средних значений  $X_{cp}$  – верхняя граница регулирования:  $UCL = X_{cp/cp} + A_2R_{cp}$ ; нижняя граница регулирования:  $LCL = X_{cp/cp} - A_2R_{cp}$ ;
- 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	$A_2$	$D_3$	$D_4$
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  $y_{\text{факт.}}$  и  $y_{\text{расч.}}$  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 –  $t = a_i/S_{xi}$ , 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. Рассчитать 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 интеллектуальной 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 проделанной 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 семинару-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

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

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
ПК-2 Способен разрабатывать технологический процесс получения материалов с учетом эксплуатационных требований, предъявляемых к ним		
ПК-2.1	Устанавливает требования к эксплуатационным свойствам изделий на основе условий эксплуатации	<p><b>Перечень теоретических вопросов к зачету</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Случайная стохастическая величина.</li> <li>2. Функциональная и статистическая зависимость.</li> <li>3. Понятие генеральной совокупности и выборки.</li> <li>4. Статистические параметры для оценки случайной величины.</li> <li>5. Зависимые и независимые случайные величины.</li> <li>6. Факторы и функция отклика.</li> <li>7. Порядок отсеивания незначимых факторов.</li> <li>8. Распределения случайной величины.</li> <li>9. Нормальное распределение и его характеристики.</li> <li>10. Гистограммы.</li> <li>11. Диаграмма Парето.</li> <li>12. Причинно-следственная диаграмма Исикавы.</li> <li>13. Контрольные карты. Способы их построения и оценки изменчивости параметров качества.</li> <li>14. Расчет статистически необходимого объема выборки.</li> <li>15. Парный и множественный коэффициенты корреляции. Коэффициент детерминации.</li> <li>16. Корреляционно-регрессионный анализ.</li> <li>17. Расчет регрессионного уравнения. Оценка точности уравнения и его адекватности реальному процессу.</li> <li>18. Критерии Стьюдента, Фишера.</li> <li>19. Остаточное среднеквадратическое отклонение – остаточное стандартное отклонение.</li> <li>20. Оценка вклада факторов на значение функции отклика. Коэффициент эластичности.</li> <li>21. Дисперсионный анализ.</li> <li>22. Корректировка прогнозирующего уравнения регрессии при статистическом приемочном контроле по корреляционной связи между параметрами.</li> <li>23. Понятие об управлении в автоматизированном режиме.</li> <li>24. Адаптивное управление.</li> <li>25. Методика планируемого эксперимента.</li> <li>26. Требования к исходной выборке при планировании эксперимента.</li> </ol>

		<p>27. Полный факторный математически планируемый эксперимент.</p> <p>28. Дробный факторный математически планируемый эксперимент.</p> <p>29. Непараметрическая статистика.</p> <p>30. Поиск экстремальных значений функции отклика.</p> <p>31. Метод крутого восхождения Бокса-Уилсона.</p> <p>32. Методы Тагучи.</p> <p><b>Пример тестовых заданий:</b></p> <p>1. Интенсивностью потока называется ... число заявок в потоке в единицу времени</p> <p>а) среднее б) максимально возможное в) минимально возможное</p> <p>2. Для моделирования работы предприятия с учетом как материальных, так и финансовых потоков целесообразно использовать ...</p> <p>а) модель системной динамики б) имитационную модель с пошаговым механизмом в) имитационную модель с событийным механизмом г) модель теории массового обслуживания</p>
<p>ПК-6 Способен вносить изменения в типовой технологический процесс в области материаловедения и технологии материалов с целью корректировки эксплуатационных свойств материалов и изделий из них</p>		
<p>ПК-6.1</p>	<p>Вносит предложения по изменению режима термической и химико-термической обработки с целью более эффективной реализации возможностей материала</p>	<p><b>Перечень теоретических вопросов к зачету:</b></p> <p>1. Задача дисциплины «Моделирование и оптимизация свойств материалов и технологических процессов».</p> <p>2. Структура курса – прогнозирование и оптимизация функции отклика.</p> <p>3. Отсевание ошибочных и взаимовлияющих факторов.</p> <p>4. Понятие о статистическом прогнозировании и управлении качеством продукции.</p> <p>5. Неразрушающий контроль качества.</p> <p>6. Понятие о генеральной совокупности и выборки случайной величины.</p> <p>7. Краткие сведения из теории вероятности и математической статистики.</p> <p>8. Проверка статистических гипотез.</p> <p>9. Предварительная обработка статистических данных.</p> <p>10. Дисперсионный анализ.</p> <p>11. Гистограммы, диаграмма Парето, контрольные карты.</p> <p>12. Парный и множественный коэффициенты корреляции. Коэффициент детерминации.</p> <p>13. Регрессионный анализ. Расчет парных и множественных регрессионных уравнений.</p> <p>14. Показатели точности и адекватности регрессионных уравнений (критерии Стьюдента, Фишера, коэффициент эластичности и вклад</p>

		<p>факторов в функцию отклика, остаточное среднеквадратическое отклонение – стандартное отклонение – регрессионного уравнения).</p> <p>15. Методы поиска экстремальных значений (значений локальной оптимизации) функции отклика. Метод крутого восхождения – метод Бокса-Уилсона.</p> <p>16. Понятие о непараметрическом методе оптимизации – метод Тагучи.</p> <p>17. Требования, предъявляемые к прогнозирующим регрессионным зависимостям.</p> <p>18. Требования, предъявляемые к управляющим регрессионным зависимостям.</p> <p>19. Понятие об адаптивном управлении.4. Применение методики планированного эксперимента.</p> <p>20. Требования к исходной выборке при планировании факторного эксперимента.</p> <p>21. Постановка задачи оптимизации управления тепловым режимом в рабочем пространстве термических печей.</p> <p>22. Математическая модель функционирования системы автоматической оптимизации управления тепловым режимом термических печей.</p> <p>23. Расчет коэффициентов уравнения регрессии с применением метода наименьших квадратов.</p> <p><b>Пример тестовых заданий:</b></p> <p>1. Результатом применения методологии структурного анализа является ... модель</p> <p>а) сетевая б) линейная в) иерархическая г) несвязанная</p> <p>2. Моделирующие комплексы используются в случаях, когда ...</p> <p>а) нельзя создать программную модель на алгоритмическом языке б) разрабатываемые модели отличает большая сложность в) будет проводиться большой объем экспериментов</p> <p>3. Программная модель, построенная на основе компилятора, по отношению к модели, построенной на основе интерпретатора, ...</p> <p>а) имеет большее быстродействие б) требует меньше памяти в) выполняется в рабочей среде компилятора</p>
--	--	--

**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.

Зачет по данной дисциплине проводится в устной форме из которых включает 2 теоретических вопроса и одно практическое задание, либо в виде тестов, на усмотрение преподавателя.

Форма проведения зачета (устная либо в виде тестирования) должна быть одинаковой для всех обучающихся в группе.

В случае спорной ситуации между обучающимся и преподавателем, принимающим промежуточную аттестацию, заведующий кафедрой может по заявлению обучающегося назначить комиссионную сдачу зачета или экзамена по тестированию, утвержденному заседанием кафедры.

### **Критерии оценки (в соответствии с формируемыми компетенциями и планируемыми результатами обучения) при сдаче зачета:**

- на оценку «зачтено» – обучающийся должен показать знания не только на уровне воспроизведения и объяснения информации, но и интеллектуальные навыки решения проблем и задач, нахождения уникальных ответов к проблемам;
- на оценку «не зачтено» – обучающийся не может показать знания на уровне воспроизведения и объяснения информации, не может показать интеллектуальные навыки решения простых задач.

### **Показатели и критерии оценивания зачета в виде теста:**

При проведении аттестации преподаватели руководствуются следующими критериями оценивания знаний студента:

Оценка знаний студентов производится с учетом выполнения им требований программы курса.

Могут учитываться активная работа студента на занятиях, качество выполнения контрольной работы, индивидуальные особенности студентов оцениваются всесторонне, однако ведущим элементом является степень усвоения им учебной программы. Основным критерием оценки по освоению дисциплины является выполнение тестовых заданий.

- «зачтено» - выставляется студентам, умеющим раскрывать содержание предмета, показавшим результат при решении тестов более чем на 60% правильных ответов.
- «незачтено»- если он не усвоил хотя бы отдельных существенных вопросов учебной программы. Не выполнил тестовые задания.

По решению преподавателя, ведущего практические занятия, отдельные, наиболее активные, успевающие студенты могут быть освобождены от сдачи зачета с учетом оценок, полученных ими на занятиях в течение семестра, т.е. оценки за итоговый контроль знаний им будут выставлены автоматически.