



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

20.02.2020 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

***ПЛАНИРОВАНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТА***

Направление подготовки (специальность)  
22.03.02 МЕТАЛЛУРГИЯ

Направленность (профиль/специализация) программы  
Цифровой анализ и управление высокоэффективными пиротехнологиями получения  
материалов

Уровень высшего образования - бакалавриат  
Программа подготовки - академический бакалавриат

Форма обучения  
очная

Институт/ факультет	Институт металлургии, машиностроения и материалообработки
Кафедра	Литейных процессов и материаловедения
Курс	3
Семестр	6

Магнитогорск  
2020 год

Рабочая программа составлена на основе ФГОС ВО по направлению подготовки 22.03.02 МЕТАЛЛУРГИЯ (уровень бакалавриата) (приказ Минобрнауки России от 04.12.2015 г. № 1427)

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры Литейных процессов и материаловедения

19.02.2020 г., протокол № 8

Зав. кафедрой  Н.А. Феоктистов

Рабочая программа одобрена методической комиссией ИММиМ

20.02.2020 г. протокол № 5


Председатель  А.С. Савинов

Согласовано:

Зав. кафедрой Metallургии и химических технологий

 А.С. Харченко

Рабочая программа составлена:

профессор кафедры ЛПИМ, д-р техн. наук  А.Б. Сычков

Рецензент:

доцент кафедры МиТОДиМ, канд. техн. наук  М.А.

Шекшеев

## Лист актуализации рабочей программы

---

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2021 - 2022 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 2022 - 2023 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 2023 - 2024 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 2024 - 2025 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.20 блока 1 учебного плана «Планирование эксперимента» является подготовка бакалавров по направлению 22.03.02 «Металлургия» и профилю подготовки «Цифровой анализ и управление высокоэффективными пиротехнологиями получения материалов» к профессиональной деятельности в соответствии с требованиями Федерального Государственного образовательного стандарта.

Задачей изучения дисциплины является подготовка студентов к творческому применению полученных знаний при создании новых и совершенствованию действующих технологических процессов, формированию у студентов системы знаний по планированию экспериментов во всех сферах учебной и производственной деятельности. Эта задача решается следующими способами:

- дать понятия об оценке экспериментальных данных, генеральной совокупности и выборки из нее случайных величин;
- сформировать у студента представления о корреляционном и регрессионном анализах, методике оценки и отсеивании различных факторов выборок случайных величин;
- научить обучающихся методам планированного эксперимента и поиска оптимальных значений функции отклика в определенной области существования факторов технологического процесса;
- применять методы планированного эксперимента для облегчения расчетов при применении дробного факторного эксперимента.

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

Дисциплина Планирование эксперимента входит в базовую часть учебного плана образовательной программы.

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

Математика

Физика

Анализ числовой информации

Информатика и информационные технологии

Математическая статистика в металлургии

Химия

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

Моделирование процессов и объектов в металлургии

Методы исследований материалов и процессов

Информационные технологии в металлургии

Научно-исследовательская работа

Подготовка к защите и защита выпускной квалификационной работы

Подготовка к сдаче и сдача государственного экзамена

Современные литейно-прокатные комплексы

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

В результате освоения дисциплины (модуля) «Планирование эксперимента» обучающийся должен обладать следующими компетенциями:

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения
ОПК-4	готовностью сочетать теорию и практику для решения инженерных задач
Знать	<ul style="list-style-type: none"> <li>- основные определения планирования эксперимента;</li> <li>- классификацию способов выбора плана эксперимента, теоретические основы расчета коэффициентов эмпирических уравнений регрессии;</li> <li>- основы составления матриц полного и дробного факторного эксперимента;</li> <li>- методику расчета коэффициента конкордации тной области знания</li> </ul>
Уметь	<ul style="list-style-type: none"> <li>- эффективно применять методы планирования эксперимента;</li> <li>- использовать методику математического планирования эксперимента;</li> <li>- составлять матрицу полного и дробного факторного эксперимента;</li> <li>- применять в работе экспертную оценку значимости факторов, определяющих функцию отклика</li> </ul>
Владеть	<ul style="list-style-type: none"> <li>- практическими навыками по применению метода планирования эксперимента;</li> <li>- методами физического и геометрического подобия;</li> <li>- профессиональным языком предметной области знаний</li> </ul>
ПК-2	способностью выбирать методы исследования, планировать и проводить необходимые эксперименты, интерпретировать результаты и делать выводы
Знать	<ul style="list-style-type: none"> <li>- методы планирования экспериментов разного уровня;</li> <li>- способы составления планов математического эксперимента;</li> <li>- процедуры поиска оптимальных решений</li> </ul>
Уметь	<ul style="list-style-type: none"> <li>- применять методы планирования экспериментов разного уровня ;</li> <li>- составлять планы математического эксперимента;</li> <li>- находить оптимальные решения известными методами</li> </ul>
Владеть	<ul style="list-style-type: none"> <li>- методами планирования экспериментами разного уровня;</li> <li>- методикой полного и дробного математического эксперимента;</li> <li>- методами определения экстремальных значений при поиске оптимальных значений</li> </ul>

#### 4. Структура, объём и содержание дисциплины (модуля)

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетных единиц 144 акад. часов, в том числе:

- контактная работа – 72 акад. часов:
- аудиторная – 68 акад. часов;
- внеаудиторная – 4 акад. часов
- самостоятельная работа – 36,3 акад. часов;
- подготовка к экзамену – 35,7 акад. часа

Форма аттестации - экзамен

Раздел/ тема дисциплины	Семестр	Аудиторная контактная работа (в акад. часах)			Самостоятельная работа студента	Вид самостоятельной работы	Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации	Код компетенции
		Лек.	лаб. зан.	практ. зан.				
1.								
1.1 Введение. Сведения из теории вероятности и математической статистики (генеральная совокупность, выборка случайных величин, характеристики выборки). Понятие о видах планирования математического и физического экспериментов, принципах геометрического и	6	4		4	4	Проработка теоретического (лекционного) материала. Изучение дополнительного материала.	Текущий контроль успеваемости. Проведение расчетных работ с применением ПК.	ПК-2, ОПК-4
1.2 Статистические методы в управлении качеством продукции. Текущий контроль продукции. Принципы выбора контролируемых параметров и их уровня в стандартах на металлургическую продукцию. Статистическое обоснование объема выборки при контроле у поставщика и потребителя. Контрольные карты. Общая схема управления технологическим объектом с адаптивным блоком		4		4/2И	4	Проработка теоретического (лекционного) материала. Изучение дополнительного материала.	Текущий контроль успеваемости. Проведение расчетных работ с применением ПК. - АКР № 5	ПК-2, ОПК-4

<p>1.3 Характеристики видов экспериментов (теоретический подход, математическое моделирование, симулирование условий эксперимента, физический эксперимент), условия проведения физического эксперимента и материальной копии. Выбор наиболее эффективной схемы эксперимента. Составление плана проведения экспериментов разных уровней (опытный, лабораторный, полупромышленный).</p>				5	5/2И	5	<p>Проработка методических указаний к практическим занятиям, составление конспекта, подготовка ответов по контрольным вопросам.</p>	<p>Текущий контроль успеваемости. Проведение расчетных работ с применением ПК. - АКР № 4</p>	ПК-2, ОПК-4
<p>1.4 Введение в методику планирования эксперимента (общие понятия, принципы). Виды параметров оптимизации, обобщенный параметр оптимизации, функция желательности. Выбор типа математической полиномиальной или иной модели.</p>				4	4/2И	5	<p>Проработка теоретического (лекционного) материала. Изучение дополнительного материала.</p>	<p>Текущий контроль успеваемости. Проведение расчетных работ с применением ПК. - АКР № 6</p>	ПК-2, ОПК-4
<p>1.5 Полный и дробный факторный эксперимент. Правила построения планов – дробных реплик. Риски при использовании планов с дробными репликами – влияние на точность прогнозирования функции отклика. Типы планов эксперимента – дву- и трех факторные планы типа <math>N = mn</math> (<math>N</math> – необходимое количество опытов, <math>m</math> – количество уровней варьирования случайных факторов, <math>n</math> –</p>				4	4/2И	5	<p>Проработка теоретического (лекционного) материала. Изучение дополнительного материала.</p>	<p>Текущий контроль успеваемости. Проведение расчетных работ с применением ПК. - АКР № 6, 7</p>	ПК-2, ОПК-4
<p>1.6 Коэффициент конкордации (коэффициент согласия) при экспертной оценке влияния факторов на функцию отклика (параметр оптимизации). Основные свойства матрицы математически планируемого эксперимента (ортогональность, рототабельность, симметричность, нормировка экспериментальной матрицы).</p>				4	4/2И	5	<p>Проработка теоретического (лекционного) материала. Изучение дополнительного материала.</p>	<p>Текущий контроль успеваемости. Проведение расчетных работ с применением ПК. - АКР № 8</p>	ПК-2, ОПК-4

1.7 Методика расчета коэффициентов эмпирического уравнения по данным проведенного планируемого эксперимента. Связь эффекта фактора с коэффициентами уравнения. Критерии оптимальности планов эксперимента.	4		4/2И	4	Проработка теоретического (лекционного) материала. Изучение дополнительного материала.	Текущий контроль успеваемости. Проведение расчетных работ с применением ПК. - АКР № 9	ПК-2, ОПК-4
1.8 Введение в решение по поиску оптимального экстремального значения параметра оптимизации в области определения функции двух и многофакторных уравнений (метод крутого восхождения Бокса-Уилсона и др.)	5		5/2И	4,3	Проработка теоретического (лекционного) материала. Изучение дополнительного материала.	Текущий контроль успеваемости. Проведение расчетных работ с применением ПК. - АКР № 9	ПК-2, ОПК-4
Итого по разделу	34		34/14И	36,3			
Итого за семестр	34		34/14И	36,3		экзамен	
Итого по дисциплине	34		34/14И	36,3		экзамен	ПК-2,ОПК-4



## **5 Образовательные технологии**

В процессе преподавания дисциплины «Планирование эксперимента» 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 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 (модуля)**

### **а) Основная литература:**

1. Мельниченко, А.С. Анализ данных в материаловедении : учебное пособие / А.С. Мельниченко. — Москва : МИСИС, [б. г.]. — Часть 1 — 2013. — 72 с. — ISBN 978-5-87623-666-1. — Текст: электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/117168>. (дата обращения: 22.09.2020)— Режим доступа: для авториз. пользователей.

### **б) Дополнительная литература:**

1. Адлер, Ю.П. Методология и практика планирования эксперимента в России : монография / Ю.П. Адлер, Ю.В. Грановский. — Москва : МИСИС, 2016. — 182 с. — ISBN 978-5-87623-990-7. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная

система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/93686> (дата обращения: 17.12.2019). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

2. Мельниченко, А.С. Математическая статистика и анализ данных : учебное пособие / А.С. Мельниченко. — Москва : МИСИС, 2018. — 45 с. — ISBN 978-5-906953-62-9. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/108035> (дата обращения: 18.12.2019). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

3. Степанов, П.Е. Планирование эксперимента : учебно-методическое пособие / П.Е. Степанов. — Москва : МИСИС, 2017. — 22 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/108113> — 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:**

##### **Программное обеспечение**

Наименование ПО	№ договора	Срок действия лицензии
MS Windows 7 Professional(для классов)	Д-1227-18 от 08.10.2018	11.10.2021
MS Office 2007 Professional	№ 135 от 17.09.2007	бессрочно
STATISTICA в.6	К-139-08 от 22.12.2008	бессрочно

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

Название курса	Ссылка
Электронная база периодических изданий East View Information Services, ООО «ИВИС»	<a href="https://dlib.eastview.com/">https://dlib.eastview.com/</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>
Поисковая система Академия Google (Google Scholar)	URL: <a href="https://scholar.google.ru/">https://scholar.google.ru/</a>
Информационная система - Единое окно доступа к информационным ресурсам	URL: <a href="http://window.edu.ru/">http://window.edu.ru/</a>
Федеральное государственное бюджетное учреждение «Федеральный институт промышленной собственности»	URL: <a href="http://www1.fips.ru/">http://www1.fips.ru/</a>
Российская Государственная библиотека. Каталоги	<a href="https://www.rsl.ru/ru/4readers/catalogues/">https://www.rsl.ru/ru/4readers/catalogues/</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:
  - техническими средствами обучения, служащими для представления учебной информации большой аудитории: мультимедийными средствами хранения, передачи и представления учебной информации;
  - 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

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

Перечень тем для подготовки к семинарским занятиям:

Исходные данные для проведения практических занятий представлены в 16 вариантах случайных выборок (объем выборки – n = 59), один из которых приведена ниже.

% C	% Cr	%Mn	Ni	Ti	HRC	Ки	ψ
2,49	15,21	5,75	2,87	1,52	61,04	5,01	16,58
2,15	17,83	4,58	2,4	1,16	62,17	7,76	9,22
2,01	17,15	3,26	2,98	1,24	61,49	6,06	17,97
2,62	19,33	5,46	2,6	1,18	60,08	11	5
2,54	15,57	3,34	1,85	1,39	62,65	8,5	16,17
2,11	16,55	5,78	1,76	1	59,34	10,42	4,66
3	16,99	5,59	2,9	1,66	60	11,96	5,9
2,99	20,92	4,9	1,02	1,93	59,32	6,35	10,71
2,82	17,85	3,46	2,97	1,06	61,95	5,13	10,15
2,06	19,69	4,52	1,87	1,69	60,51	8,47	8,38
2,56	17,95	4,02	1,47	1,43	62,01	6,46	5,26
2,67	16,49	5,78	1,95	1,96	61,68	11,19	7,29
2,09	18,27	5,88	2,34	1,69	62,68	10,8	17,5
2,64	17,52	3,11	1,13	1,96	59,4	6,56	4,99
2,95	16,23	3,48	1,61	1,09	62,48	6,79	5,04
2,62	15,15	4,82	1,39	1,15	59,62	6,04	6,84
2,55	16,53	3,19	1,08	1,24	59,99	5,23	2,06
2,04	18	5,16	2,13	1,49	62	10,66	2,46
2,17	19,45	3,46	1,04	1,43	59,92	5,96	12,79
2,97	17,4	3,42	1,88	1,29	60,73	9,94	10,58
2,65	19,8	5,1	1,56	1,77	62,36	5,22	11,2
2,2	15,84	5,66	2,17	1,94	61,97	9,63	9,45
2,39	18,17	4,03	2,03	1,2	62,4	9,84	13,73
2,53	17,61	3,1	2,77	1,97	62,16	8,67	13,62
2,06	17,45	5,56	1,09	1,82	61,26	5,51	10,6
2,16	15,93	5,5	1,22	1,43	62,73	11,34	16,51
2,96	20,44	5,82	2,58	1,03	60,91	9,57	4,07
2,75	19,64	4,54	2,76	1,86	62,55	9,22	7,25
2,7	19,55	5,13	1,15	1,93	62,06	10,19	13,86
2,72	20,36	3,26	1,63	1,5	59,98	10,16	17,61
2,54	19,63	4,03	2,61	1,01	62,49	7,2	11,12
2,67	15,9	5,08	2,44	1,43	59,56	9,21	10,51
2,85	20,82	3,21	2,92	1,93	61,28	8,15	2,35
2,28	19,5	5,39	2,29	1,38	60,25	7,9	7,79
2,73	17,63	5,03	1,31	1,56	60,38	10	14,66
2,73	16,78	3,05	1,13	1,38	62,92	7,02	5,39
2,77	16,23	5,87	1,22	1,88	59,66	11,33	3,18
2,11	19,11	5,28	2,52	1,37	60,23	6,79	9,08

2,87	18,35	5,52	1,65	1,26	60,02	11,69	9,92
2,2	16,21	3,07	2,57	1,64	62,35	11,1	6,04
2,2	16,07	4,01	2,58	1,64	61,63	9,74	3,58
2,38	16,97	3,53	1	1	59,39	7,37	10,42
2,56	15,85	3,87	1,36	1,3	59,55	10,14	6,77
2,44	17,19	3,61	2,07	1,84	62,96	11,7	2,96
2,75	17,7	3,2	2,93	1,89	59,7	10,86	6,12
2,26	17,16	5,12	1,99	1,52	60,1	7,63	12,65
2,21	17,94	4,89	1,93	1,58	60,13	10,45	17,72
2,06	15,72	5,72	1,09	1,9	62,42	6,82	12,56
2,71	19,44	4,91	1,6	1,05	61,63	6,52	9,57
2,79	18,06	5,16	2,37	1,45	60,02	7,98	9,93
2,83	15,86	4,37	2,94	1,15	59,92	5,85	16,12
2,66	18,85	3,1	2,76	1,38	62,88	5	14,91
2,74	19,49	3,93	2,95	1,69	59,3	7,98	10,96
2,62	15,67	5,91	2,51	1,97	59,61	7,81	7,1
2,56	20,09	3,81	2,74	1,35	62,55	11,44	2,91
2,27	15,81	3,76	1,28	1,87	60,11	11,95	7,01
2,79	19,99	5,7	1,23	1,73	61,97	5,84	2,74
2,7	16,43	4,8	1,84	1,52	60,07	5,93	4,41
2,71	18,82	4,15	2,89	1,46	62,62	10,68	13,85

#### АКР 1. Практическая первичная обработка выборки случайной величины

Вычислить с применением программного продукта Excel статистические характеристики (минимальные, максимальные, размах значений, средние значения, среднеквадратическое отклонение-стандартное отклонение, коэффициент вариации, медиана, мода) расчетной выборки. То есть вычислить по независимым ( $X_i$ ) и зависимым ( $Y_i$ ) случайным величинам следующие характеристики:

- минимальные значения случайных величин -  $(X_i, Y_i)_{\min}$ ;
- максимальные значения случайных величин -  $(X_i, Y_i)_{\max}$ ;
- размах -  $R = (X_i, Y_i)_{\max} - (X_i, Y_i)_{\min}$ ;
- среднее значение  $(X_{\text{ср}}, Y_{\text{ср}}) = \Sigma(X_{\text{ср}}, Y_{\text{ср}})/n$ , где  $n$  – объем выборки;
- среднеквадратическое отклонение=стандартное отклонение  $S_{X_i} = [\Sigma (X_i - X_{\text{ср}})^2/n]^{0,5}$ ;  $S_{Y_i} = [\Sigma (Y_i - Y_{\text{ср}})^2/n]^{0,5}$ ;
- коэффициент вариации, % -  $V_{X_i} = (S_{X_i}/X_{\text{ср}})100\%$  и  $V_{Y_i} = (S_{Y_i}/Y_{\text{ср}})100\%$ ;
- медиана выборки ( $med$ ) – срединное значение случайной величины между минимальным и максимальным ее значениями -  $med (X_i, Y_i) = [(X_i, Y_i)_{\max} - (X_i, Y_i)_{\min}]/2$ ; медиана в большинстве случаев не совпадает со средним значением выборки;
- мода выборки ( $mod$ ) – наиболее часто встречающееся значение случайной величины (определяется анализом случайной выборки или по гистограмме).

Построить гистограммы случайных величин (графическое распределение случайной величины) и сравнить их с теоретическими распределениями.

Для конкретной случайной величины ( $X_i, Y_i$ ) ее распределение в выборке определяется построением гистограммы. Алгоритм этого построения заключается в следующем:

- на оси ординат откладывается частота ( $n_i$ ) или частость ( $n_i/n$ ) – 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;

- при этом проверочными критериями правильности построения гистограммы является выполнения условий  $\sum n_i = n$  или  $\sum (n_i/n) = 1$ .

## АКР 2. Корреляционный анализ выборки

Расчитать при помощи программного продукта Excel (нажать на клавишу  $f_x$ , выбрать в позиции «статистика» функцию «коррел», указать координаты соответствующих пар случайных величин, получить значения парных коэффициентов корреляции) попарные коэффициенты корреляции между независимыми случайными величинами –  $r_{x_i, x_{i+1}}$  и между зависимыми ( $Y_i$ ) и независимыми ( $X_i$ ) переменными –  $r_{y_i, x_i}$ ; определить их значимость путем сравнения с табличными, критическими значениями коэффициента корреляции.

Ниже представлена таблица с критическими значениями коэффициента корреляции в зависимости от объема выборки (n) и уровня значимости ( $\alpha$ );  $\alpha = 1 - p$ , где p – вероятность события.

Критические значения коэффициента корреляции

Объем выборки, n	Уровень значимости, $\alpha$				
	0,10	0,05	0,02	0,01	0,001
1	0,98769	0,99692	0,999507	0,999877	0,999988
2	0,90000	0,95000	0,98000	0,99000	0,99900
3	0,8054	0,8783	0,93433	0,95873	0,99116
4	0,7293	0,8114	0,8822	0,9172	0,97406
5	0,6694	0,7545	0,8329	0,8745	0,95074
6	0,6215	0,7067	0,7887	0,8343	0,92493
7	0,5822	0,6664	0,7498	0,7977	0,8982
8	0,5494	0,6319	0,7155	0,7646	0,8721
9	0,4973	0,5760	0,6581	0,7348	0,8233
10	0,4973	0,5760	0,6581	0,7079	0,8233
11	0,4762	0,5529	0,6339	0,6835	0,8010
12	0,4575	0,5324	0,6120	0,6614	0,7800
13	0,4409	0,5139	0,5923	0,6411	0,7603
14	0,4259	0,4973	0,5742	0,6226	0,7420
15	0,4124	0,4821	0,5577	0,6055	0,7246
16	0,4000	0,4683	0,5425	0,5897	0,7084
17	0,3887	0,4555	0,5285	0,5751	0,6932
18	0,3783	0,4483	0,5155	0,5614	0,6787
19	0,3687	0,4329	0,5034	0,5487	0,6652
20	0,3598	0,4227	0,4921	0,5368	0,6524
25	0,3233	0,3809	0,4451	0,4869	0,5974
30	0,2960	0,3494	0,4093	0,4487	0,5541
35	0,2746	0,3246	0,3810	0,4182	0,5189
40	0,2573	0,3044	0,3578	0,3932	0,4896
45	0,2428	0,2875	0,3384	0,3721	0,4648
50	0,2306	0,2732	0,3218	0,3541	0,4433
60	0,2108	0,2500	0,2948	0,3248	0,4078
70	0,1954	0,2319	0,2737	0,3017	0,3799
80	0,1829	0,2172	0,2565	0,2830	0,3568
90	0,1726	0,2050	0,2422	0,2673	0,3375
100	0,1638	0,1946	0,2301	0,2540	0,3211

В Excel заложены формулы для расчета попарного коэффициента корреляции:

$$- r_{x_i, x_{i+1}} = \frac{\sum (x_i - x_{i\text{cp}})(x_{i+1} - x_{(i+1)\text{cp}})}{n S_{x_i} S_{x_{i+1}}}$$

$$- r_{y_i, x_i} = \frac{\sum (x_i - x_{i\text{cp}})(y_i - y_{i\text{cp}})}{n S_{x_i} S_{y_i}}$$

Значимость коэффициента парной корреляции определяется сравнением фактического значения коэффициента корреляции с табличным значением: если

фактическое значение больше табличного, то существует между неизвестными значимая статистическая связь, в противном случае таковая связь отсутствует.

АКР 3. Отсеить незначимые фактор анализируемой выборки. Определить статистически значимые связи между зависимыми и независимыми переменными и вида регрессионной зависимости, а также между независимыми переменными.

В первую очередь строится корреляционная матрица – симметричная относительно диагонали (аналогично таблице спортивного соревновательного командного или личного чемпионата) – образец приводится ниже.

	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	X <sub>4</sub>	X <sub>5</sub>	Y <sub>1</sub>	Y <sub>2</sub>	Y <sub>3</sub>	Y <sub>4</sub>
X <sub>1</sub>	1	r <sub>x1,x2</sub>	r <sub>x1,x3</sub>	r <sub>x1,x4</sub>	r <sub>x1,x5</sub>	r <sub>y1,x1</sub>	r <sub>y2,x1</sub>	r <sub>y3,x1</sub>	r <sub>y4,x1</sub>
X <sub>2</sub>		1	r <sub>x2,x3</sub>	r <sub>x2,x4</sub>	r <sub>x2,x5</sub>	r <sub>y1,x2</sub>	r <sub>y2,x2</sub>	r <sub>y3,x2</sub>	r <sub>y4,x2</sub>
X <sub>3</sub>			1	r <sub>x3,x4</sub>	r <sub>x3,x5</sub>	r <sub>y1,x3</sub>	r <sub>y2,x3</sub>	r <sub>y3,x3</sub>	r <sub>y4,x3</sub>
X <sub>4</sub>				1	r <sub>x4,x5</sub>	r <sub>y1,x4</sub>	r <sub>y2,x4</sub>	r <sub>y3,x4</sub>	r <sub>y4,x4</sub>
X <sub>5</sub>					1	r <sub>y1,x5</sub>	r <sub>y2,x5</sub>	r <sub>y3,x5</sub>	r <sub>y4,x5</sub>
Y <sub>1</sub>						1	r <sub>y1,y2</sub>	r <sub>y1,y3</sub>	r <sub>y1,y4</sub>
Y <sub>2</sub>							1	r <sub>y2,y3</sub>	r <sub>y2,y4</sub>
Y <sub>3</sub>								1	r <sub>y3,y4</sub>
Y <sub>4</sub>									1

Затем значения коэффициентов парных корреляций отмечаются знаком (+), если этот коэффициент корреляции статистически значим, и знаком (-), если коэффициент корреляции незначим. Для отсеивания независимых переменных (X-ов) проводится (один из методов) следующая процедура: из общей корреляционной матрицы выделяется участок с X<sub>i</sub> в ячейках проставляется соответственно (+) или (-).

	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	X <sub>4</sub>	X <sub>5</sub>	Кол-во значимых корреляций
X <sub>1</sub>	1	+	-	+	-	2-1-0
X <sub>2</sub>	+	1	-	-	+	2
X <sub>3</sub>	-	-	1	+	-	1-0
X <sub>4</sub>	+	-	+	1	+	3
X <sub>5</sub>	-	+	-	+	1	2-1-0

Таким образом, после двух итераций остались 3 X-а - X<sub>1</sub>, X<sub>3</sub>, и X<sub>5</sub>.

Для выбора значимых зависимостей (по коэффициенту корреляции) между Y-ми и X-ми, чтобы построить регрессионные уравнения связи, необходимо проанализировать еще одну часть корреляционной матрицы:

	Y <sub>1</sub>	Y <sub>2</sub>	Y <sub>3</sub>	Y <sub>4</sub>	Значимые корреляции X <sub>i</sub> с Y <sub>i</sub>
X <sub>1</sub>	r <sub>y1,x1</sub> /+	r <sub>y2,x1</sub> /-	r <sub>y3,x1</sub> /+	r <sub>y4,x1</sub> /-	X <sub>1</sub> с Y <sub>1</sub> и Y <sub>3</sub>
X <sub>2</sub>	r <sub>x1,x2</sub> /-	r <sub>x1,x2</sub> /-	r <sub>x1,x2</sub> /-	r <sub>x1,x2</sub> /-	X <sub>2</sub> – нет корреляций с Y <sub>i</sub>
X <sub>3</sub>	r <sub>x1,x3</sub> /-	r <sub>x1,x3</sub> /-	r <sub>x1,x3</sub> /-	r <sub>x1,x3</sub> /+	X <sub>3</sub> с Y <sub>4</sub>
X <sub>4</sub>	r <sub>x1,x4</sub> /+	r <sub>x1,x4</sub> /+	r <sub>x1,x4</sub> /+	r <sub>x1,x4</sub> /-	X <sub>4</sub> с Y <sub>1</sub> , Y <sub>2</sub> , Y <sub>3</sub>
X <sub>5</sub>	r <sub>x1,x5</sub> /-	r <sub>x1,x5</sub> /-	r <sub>x1,x5</sub> /-	r <sub>x1,x5</sub> /+	X <sub>5</sub> с Y <sub>4</sub>
Знач. коррел. Y <sub>i</sub> с X <sub>i</sub>	Y <sub>1</sub> с X <sub>1</sub> , X <sub>4</sub>	Y <sub>2</sub> с X <sub>4</sub>	Y <sub>3</sub> с X <sub>1</sub> , X <sub>4</sub>	Y <sub>4</sub> с X <sub>3</sub> , X <sub>5</sub>	

На основании значимых коэффициентов корреляции между Y<sub>i</sub> и X<sub>i</sub> определяется, что необходимо получить регрессионные уравнения следующих видов и с учетом отсеивания X-ов:

$$Y_1 = a_0 + a_1 X_1 + a_4 X_4;$$

$$Y_2 = a_0 + a_4 X_4;$$

$$Y_3 = a_0 + a_1X_1 + a_4X_4;$$

$$Y_4 = a_0 + a_3X_3 + a_5X_5;$$

АКР 4. При помощи применения регрессионного анализа рассчитать коэффициенты регрессионного уравнения.

В АКР 3 определены виды регрессионных зависимостей, которые необходимо получить для оценивания, прогноза и управления технологическими процессами. Для расчета коэффициентов 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, полученного в АКР 3. 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 - соответственно читать справа налево), коэффициент детерминации  $R^2$  (3-я строка, 1-й столбец) и коэффициент множественный корреляции  $R = (R^2)^{0,5}$ , критерий Фишера  $F$  (4-ая строка, 1-ый столбец). Кроме того, определяют значимость коэффициентов при факторах ( $x_i$ ) – рассчитывается критерия Стьюдента  $t = a_i/S_{xi}$ , где  $a_i$  – коэффициент при  $i$ -ом факторе  $-x_i$ ,  $S_{xi}$  – стандартное (среднеквадратическое) отклонение  $x_i$ . Рассчитанные значения  $R, F, t$  сравнивают с соответствующими табличными (критическими) значениями. В случае, если расчетные значения больше табличных, то делается вывод о статистической близости к линейной зависимости, адекватности уравнения реальным данным исходной выборке и значимости коэффициентов регрессии соответственно. Для условий настоящих АКР справедливо – объем выборки  $n=59$ , количество факторов -  $x_i= 1-5$ . Тогда табличные (критические) значения определяются следующим образом.  $R_{\text{табл.}} = R_{\text{кр.}}$  – см. статистическую таблицу в АКР № 2 – при  $n =59$  и уровне значимости  $\alpha = 0,2$  -  $R_{\text{табл.}} = R_{\text{кр.}} = 0,21$ ;  $F_{\text{табл.}} = F_{\text{кр.}}$  – в статистической таблице  $F_{\text{табл.}}$  определяется в ячейке на пересечении первой колонки(столбца) значений объема выборки и первой горизонтали (строчки) значений степени свободы (степень свободы определяется разницей между объемом выборки и количеством факторов  $x_i$ , степень свободы равна в нашем случае  $59 - (1-5) = 58 - 54$ ) -  $F_{\text{табл.}} \approx 1,49$ ;  $t_{\text{табл.}} = t_{\text{кр.}}$  в соответственной статистической таблице определяется в ячейке на пересечении первой колонки(столбца) значений объема выборки и первой горизонтали (строчки) значений  $p$  - вероятности обеспечения, принимаем  $\alpha = 0,90$ , выбираем  $t_{\text{табл.}} = t_{\text{кр.}} = 1,67$ .

АКР 5. Провести корректировку точности уравнения регрессии в течении времени.

Согласно требованиям ОСТ 14-34-90 «Статистический приемочный контроль качества металлопродукции по корреляционной связи между параметрами» возможно использование регрессионных зависимостей параметров качества (временное сопротивление разрыву, относительное сужение и т.п.) от факторов (химический состав стали, технологические параметры процесса) для прогнозирования свойств без осуществления разрушающих испытаний. Для проверки точности модели при этом набирается контрольный массив данных, состоящих из результатов разрушающих испытаний одной десятой плавков/партий такой продукции. При наборе не менее 50 плавков или один раз в квартал проводится проверка точности применяемой математической регрессии. Методика проверки заключается в следующем. Набирается массив разностей между фактическими данными контрольной выборки и расчетными значениями по



регрессионному уравнению ( $y_{\text{факт.}} - y_{\text{расч.}}$ ), рассчитывается среднее значение этих отклонений и сравнивается со статистическим критерием (стандартным отклонением параметра качества -  $S_{y_i}$ ). Если среднее отклонение менее статистического параметра, то уравнение признаётся адекватным реальным условиям. В противном случае 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 6. Построить матрицу полного факторного эксперимента типа  $2^n \rightarrow 2^2$  и  $2^3$ .

В основании степенной зависимости представлено количество уровней варьирования факторов. Имеется два варианта уровней: 2 - минимальное и максимальное значения и 3 – минимальное, максимальное и среднее значения факторов. В показателе степенной зависимости представлено количество факторов. При составлении матрицы планирования эксперимента необходимо учитывать четыре свойства существования уровней факторов: симметричность, ортогональность, ротатабельность, условие нормировки.

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

АКР 7. Построить все возможные варианты матрицы дробного эксперимента типа  $2^{3-1}$ ,  $2^{5-2}$ . Определить коэффициенты уравнения по известному алгоритму:  $a_i = (\Sigma x_i y_i)/n$ ,  $a_0 = \Sigma y_i/n$ .

АКР 8. Рассчитать коэффициент конкордации (коэффициент согласия) при экспертной оценке влияния факторов на функцию отклика (параметр оптимизации) по следующей зависимости:  $W = 12S/[m^2(n^3-n)]$ , где  $S$  – сумма квадратов отклонений от среднего значения оценки экспертов,  $m$  – число экспертов,  $n$  – число факторов.

АКР 9. 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.

*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 разворачиваться 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)

1. Основные понятия из теории вероятности и математической статистики (генеральная совокупность, выборка случайных величин, характеристики выборки).
2. Понятие о видах планирования математического и физического экспериментов, принципах геометрического и физического подобия объектов управления.
3. Текущий контроль продукции.
4. Принципы выбора контролируемых параметров и их уровня в стандартах на металлургическую продукцию.
5. Статистическое обоснование объема выборки при контроле у поставщика и потребителя.

6. Контрольные карты.
7. Общая схема управления технологическим объектом с адаптивным блоком
8. Теоретический подход, математическое моделирование условий эксперимента, физический эксперимент.
9. Условия подбора физического объекта и материальной копии.
10. Выбор наиболее эффективной схемы эксперимента.
11. Составление плана проведения экспериментов разных уровней (опытный, лабораторный, полупромышленный, промышленный, изготовление опытно-промышленной партии).
12. Виды параметров оптимизации, обобщенный параметр оптимизации, функция желательности.
13. Выбор типа математической полиномиальной или иной модели.
14. Правила построения планов – дробных реплик.
15. Риски при использовании планов с дробными репликами – влияние на точность прогнозирования функции отклика.
16. Типы планов эксперимента – дву- и трех факторные планы типа  $N = m^n$  ( $N$  – необходимое количество опытов,  $m$  – количество уровней варьирования случайных факторов,  $n$  – количество факторов).
17. Коэффициент конкордации (коэффициент согласия) при экспертной оценке влияния факторов на функцию отклика (параметр оптимизации).
18. Основные свойства матрицы математически планируемого эксперимента (ортогональность, ротатабельность, симметричность, нормировка экспериментальной матрицы).
19. Методика расчета коэффициентов эмпирического уравнения по данным проведенного планируемого эксперимента.
20. Связь эффекта фактора с коэффициентами уравнения.
21. Критерии оптимальности планов эксперимента.
22. Введение в решение по поиску оптимального экстремального значения параметра оптимизации в области определения функции двух и многофакторных уравнений (метод крутого восхождения Бокса-Уилсона и др.).

### **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-4– готовностью сочетать теорию и практику для решения инженерных задач		
Знать	<ul style="list-style-type: none"> <li>- основные определения планирования эксперимента;</li> <li>- классификацию способов выбора плана эксперимента, теоретические основы расчета коэффициентов эмпирических уравнений регрессии;</li> <li>- основы составления матриц полного и дробного факторного эксперимента;</li> <li>- методику расчета коэффициента конкордации</li> </ul>	<p><b>Перечень теоретических вопросов к экзамену</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Сведения из теории вероятности и математической статистики (генеральная совокупность, выборка случайных величин, характеристики выборки).</li> <li>2. Виды планирования математического и физического экспериментов, принципы геометрического и физического подобия объектов управления.</li> <li>3. Порядок проведения текущего контроля продукции.</li> <li>4. Принципы выбора контролируемых параметров и их уровня в стандартах на металлургическую продукцию.</li> <li>5. Статистическое обоснование объема выборки при контроле у поставщика и потребителя.</li> <li>6. Методы построения контрольных карт.</li> <li>7. Общую схему управления технологическим объектом с адаптивным блоком.</li> <li>8. Теоретический подход, математическое моделирование условий эксперимента, физический эксперимент.</li> <li>9. Условия подобия физического объекта и материальной копии.</li> <li>10. Методы выбора наиболее эффективной схемы эксперимента.</li> <li>11. Условия составления плана проведения экспериментов разных уровней (опытный, лабораторный, полупромышленный, промышленный, изготовление опытно-промышленной партии).</li> </ol>
Уметь	<ul style="list-style-type: none"> <li>- эффективно применять методы планирования эксперимента;</li> <li>- использовать методику математического планирования эксперимента;</li> <li>- составлять матрицу полного и дробного</li> </ul>	<p><b>Примерные практические задания для экзамена</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Находить экстремальное значение параметра оптимизации в области определения функции с применением итерационного пошагового метода в направлении градиента.</li> <li>2. Строить варианты матрицы дробного эксперимента типа <math>2^{3-1}</math>, <math>2^{5-2}</math>; определять коэффициенты уравнения по известному алгоритму: <math>a_i = (\sum x_i y_i)/n</math>, <math>a_0 = \sum y_i/n</math>.</li> <li>3. Строить матрицу полного факторного эксперимента типа <math>2^n \rightarrow 2^2</math> и <math>2^3</math>; определять коэффициенты уравнения по известному алгоритму: <math>a_i = (\sum x_i y_i)/n</math>, <math>a_0 = \sum y_i/n</math>.</li> <li>4. Проводить корректировку точности уравнения регрессии в течении времени по массиву разностей между фактическими данными контрольной выборки и расчетными значениями по</li> </ol>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
	<p>факторного эксперимента;</p> <p>- применять в работе экспертную оценку значимости факторов, определяющих функцию отклика</p>	<p>регрессионному уравнению (<math>Y_{\text{факт.}} - Y_{\text{расч.}}</math>). Если среднее отклонение менее статистического параметра- стандартного отклонения <math>S</math>, то уравнение признаётся адекватным. В противном случае проводится корректировка уравнения путем изменения значения его свободного члена: <math>a_{01} = a_0 -/+ \Sigma(Y_{\text{факт.}} - Y_{\text{расч.}})/n</math>, где <math>n</math> – объем контрольной выборки, знак <math>-/+</math> показывает, что, если среднее отклонения <math>\Delta y_i</math> имеет знак <math>+/-</math>, то корректировка значения <math>a_0</math> будет соответственно <math>-/+ \Delta y_i</math>.</p> <p>5. Рассчитывать коэффициенты регрессионного уравнения (по выборке, предложенной преподавателем) после проведения корреляционного анализа, отсеивания незначимых факторов и определения связи зависимых и независимых переменных.</p>
Владеть	<p>- практическими навыками по применению метода планирования эксперимента;</p> <p>- методами физического и геометрического подобия;</p> <p>- профессиональным языком предметной области знания</p>	<p><b>Задание на решение задач из профессиональной области, комплексные задания</b></p> <p>1. Методами расчета коэффициентов регрессионного уравнения с применением МНК и определением параметров качества полученного уравнения по показателям <math>R^2</math>, <math>R</math>, <math>F</math>, <math>t</math>, <math>S_{\text{ост}}</math> (соответственно коэффициента детерминации, коэффициента множественной корреляции, критерия Фишера, коэффициента Стьюдента, остаточного стандартного отклонения).</p> <p>2. Правилами доказательства адекватности уравнения реальному процессу путем сравнения вышеуказанных в п. 1 параметров с их табличными значениями в зависимости от объема выборки, значимости показателей.</p> <p>3. Навыками исследования и построения физических моделей процессов с учетом принципов подобия.</p> <p>4. Комплексным подходом к решению задач планирования эксперимента с выборочным и/или суммарным использованием вышепредставленных приемов, практик, технологий для получения эффективного конечного результата.</p> <p>5. Приемами крутого восхождения при поиске экстремальных значений функции отклика, параметра оптимизации.</p>
<p><b>Код и содержание компетенции:</b> ПК-2 - способностью выбрать методы исследования, планировать и проводить необходимые эксперименты, интерпретировать результаты и делать выводы</p>		
Знать	<p>- методы планирования экспериментов разного уровня;</p>	<p><b>Перечень теоретических вопросов к экзамену</b></p> <p>1. Правила построения планов – дробных реплик.</p> <p>2. Риски при использовании планов с дробными репликами – влияние на точность прогнозирования функции отклика.</p>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
	<ul style="list-style-type: none"> <li>- способы составления планов математического эксперимента;</li> <li>- процедуры поиска оптимальных решений</li> </ul>	<ol style="list-style-type: none"> <li>3. Типы планов эксперимента – дву- и трех факторные планы типа <math>N = m^n</math> (<math>N</math> – необходимое количество опытов, <math>m</math> – количество уровней варьирования случайных факторов, <math>n</math> – количество факторов).</li> <li>4. Методы расчета коэффициента конкордации (коэффициента согласия) при экспертной оценке влияния факторов на функцию отклика (параметр оптимизации).</li> <li>5. Основные свойства матрицы математически планируемого эксперимента (ортогональность, рототабельность, симметричность, нормировка экспериментальной матрицы).</li> <li>6. Методику расчета коэффициентов эмпирического уравнения по данным проведенного планируемого эксперимента.</li> <li>7. Связь эффекта фактора с коэффициентами уравнения.</li> <li>8. Критерии оптимальности планов эксперимента.</li> <li>9. Методы решения по поиску оптимального экстремального значения параметра оптимизации в области определения функции двух и многофакторных уравнений (метод крутого восхождения Бокса-Уилсона и др.</li> <li>10. Критерии оптимальности планов эксперимента.</li> </ol>
Уметь	<ul style="list-style-type: none"> <li>- применять методы планирования экспериментов разного уровня ;</li> <li>- составлять планы математического эксперимента;</li> <li>- находить оптимальные решения известными методами</li> </ul>	<p><b>Примерные практические задания для экзамена</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Рассчитывать коэффициент конкордации (коэффициент согласия) при экспертной оценке влияния факторов на функцию отклика (параметр оптимизации).</li> <li>2. Отсеивать незначимые фактор анализируемой выборки, заданной преподавателем. Определять статистически значимые связи между зависимыми и независимыми переменными и вида регрессионной зависимости, а также между независимыми переменными.</li> <li>3. Строить гистограмму случайной величины по выборке, заданной преподавателем.</li> <li>4. Рассчитывать статистические параметры случайной величины в выборке, заданной преподавателем.</li> <li>5. Составлять план промышленного эксперимента по направлению, заданному преподавателем.</li> <li>6. Представлять схему управления объектом исследования, регулирования с адаптивным блоком.</li> </ol>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
Владеть	<ul style="list-style-type: none"> <li>- методами планирования экспериментами разного уровня;</li> <li>- методикой полного и дробного математического эксперимента;</li> <li>- методами определения экстремальных значений при поиске оптимальных значений</li> </ul>	<p><b>Задание на решение задач из профессиональной области, комплексные задания</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Методами выбора эффективных правил проведения исследований для достижения поставленных целей.</li> <li>2. Навыками построения гистограмм и интерпретации их результатов.</li> <li>3. Правилами построения планов полного и дробного математического эксперимента (отсевание незначимых факторов и выбор количества уровней варьирования факторов, использование принципов симметрии, ортогональности, ротатабельности, нормировки) типа <math>2^3</math>, <math>2^5</math>, <math>2^{3-1}</math>, <math>2^{5-2}</math> с определением коэффициентов уравнения по известному алгоритму: <math>a_i = (\sum x_i y_i) / n</math>, <math>a_0 = \sum y_i / n</math>.</li> <li>4. Приемами точного выполнения плана эксперимента в разных условиях лабораторных, полупромышленных, промышленных) с обеспечением четырех принципов плана.</li> <li>5. Владеть априорной информацией об объекте исследования, регулирования для выбора наиболее рационального плана эксперимента.</li> </ol>



### *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, семинарских занятиях и самостоятельная работа по изучению предмета и подготовки рефератов и курсовых работ. 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 «Планирование эксперимента» 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.