



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

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



РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
ОБРАБОТКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ

Направление подготовки
22.03.01 Материаловедение и технологии материалов

Профиль программы
Материаловедение и технологии материалов (в машиностроении)

Уровень высшего образования – бакалавриат
Программа подготовки – академический бакалавриат


Форма обучения
Очная

Институт	Металлургии, машиностроения и материалобработки
Кафедра	Технологий металлургии и литейных процессов
Курс	3
Семестр	6

Магнитогорск
2018 г.

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

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


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

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

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


Рабочая программа составлена:

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

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

Рецензент:

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

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

Лист регистрации изменений и дополнений

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

1 Цели освоения дисциплины (модуля)

Целью освоения модуля дисциплины по выбору Б1.В.ДВ.09.02 вариативной части дисциплин блока 1 учебного плана «Обработка экспериментальных данных» (альтернативная дисциплина по выбору - Б1.В.ДВ.09.01 «Планирование эксперимента») является подготовка бакалавров по направлению 22.03.01 «Материаловедение и технология материалов» и профилю подготовки «Материаловедение и технология материалов (в машиностроении)» 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 обработке экспериментальных во всех сферах учебной и производственной деятельности. Эта задача решается следующими способами:

- осуществление корректного сбора информации при пассивном эксперименте и правильного измерения факторов и параметров объекта исследования;
- формирование понятий об оценке экспериментальных данных, генеральной совокупности и выборки из нее случайных величин;
- привитие студентам представления о корреляционном и регрессионном анализе, методике оценки и отсеивании различных факторов выборок случайных величин;
- применение методов планированного эксперимента при полном факторном эксперименте и для сокращения количества опытов при использовании дробного факторного эксперимента;
- обучение методам планированного эксперимента и поиска оптимальных значений функции отклика в определенной области существования факторов технологического процесса.

2 Место дисциплины в структуре образовательной программы подготовки бакалавра

Дисциплина по выбору Б1.В.ДВ.09.02 вариативной части дисциплин блока 1 учебного плана «Обработка экспериментальных данных» является основой для дисциплин профессионального цикла.

Для изучения дисциплины необходимы знания (умения, владения), сформированные в результате изучения дисциплин естественно-научного и профессионального циклов, таких как базовые дисциплины Б1.Б.09 «Математика», Б1.Б.10 «Физика», Б1.Б.11 «Химия», дисциплины вариативной части Б1.В.02 «Физическая химия», Б1.В.ДВ.03.01 «Анализ числовой информации» или Б1.В.ДВ.03.02 «Математическая статистика в металлургии», а знания, умения и навыки, полученные при её изучении, будут использованы в процессе освоения специальных дисциплин, при курсовом проектировании, подготовке и защите ВКР, в практической профессиональной деятельности.

Последующие дисциплины, которые базируются на дисциплине «Планирование эксперимента» - Б1.Б.21 «Моделирование и оптимизация свойств материалов и технологических процессов», Б1.В.07 «Методы исследования материалов и процессов», Б1.В.08 «Физические свойства материалов», Б1.В.ДВ.08.01 «НИР» или Б1.В.ДВ.08.02 «Основы кристаллографии», ГИА.

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

В результате освоения дисциплины (модуля) «Обработка экспериментальных данных» обучающийся должен обладать следующими компетенциями:

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения
Код и содержание компетенции: ОПК-2 - способностью использовать в профессиональной деятельности знания о подходах и методах получения результатов в теоретических и экспериментальных исследованиях	
Знать	- эффективные методы сбора и представления экспериментальной информации; - корреляционный анализ; - регрессионный анализ
Уметь	- применять методы эффективного сбора и представления экспериментальной информации; - использовать корреляционный анализ для оценки исходной выборки, отсеивания незначимых факторов, определения значимой статистической связи между зависимыми и независимыми переменными; - пользоваться математическим аппаратом регрессионного анализа
Владеть	- приемами сбора и представления экспериментальной информации; - навыками корреляционного анализа для обработки выборки случайных величин; - правилами расчета коэффициентов регрессионных уравнений связи зависимых и независимых переменных выборки
Код и содержание компетенции: ПК-2 - способностью осуществлять сбор данных, изучать, анализировать и обобщать научно-техническую информацию по тематике исследования, разработке и использованию технической документации, основным нормативным документам по вопросам интеллектуальной собственности, подготовке документов к патентованию, оформлению ноу-хау	
Знать	- методы планирования экспериментов разного уровня; - способы составления планов математического эксперимента; - процедуры поиска оптимальных решений
Уметь	- применять методы планирования экспериментов разного уровня ; - составлять планы математического эксперимента; - находить оптимальные решения известными методами
Владеть	- методами планирования экспериментами разного уровня; - методикой полного и дробного математического эксперимента; - методами определения экстремальных значений при поиске оптимальных значений

4 Структура и содержание дисциплины (модуля)

Общая трудоемкость дисциплины составляет 4 зачетные единицы или 144 акад. часа, в том числе:

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

Раздел/ тема Дисциплины	Семестр	Аудиторная контактная работа (в акад. часах)			Самостоятельная работа (в акад. часах)	Вид самостоятельной работы	Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации	Код и структурный элемент компетенции
		Лекции	лаборат. занятия	практич. Занятия				
1. 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 физического подобия объектов управления.	6	4	-	4	4	Проработка теоретического (лекционного) материала. Изучение дополнительного материала.	Текущий контроль успеваемости. Проведение расчетных работ с применением ПК. – АКР № 1	ОПК 2-зув
2. Сбор и представление экспериментальных данных (таблицы-листки рассеивания, графическое представление в виде гистограмм и др.). Статистическое обоснование объема выборки при контроле у поставщика и потребителя.	6	4	-	4/2И	4	Проработка теоретического (лекционного) материала. Изучение дополнительного материала.	Текущий контроль успеваемости. Проведение расчетных работ с применением ПК.- АКР № 2	ОПК 2-зув
3. Характеристики видов экспериментов (теоретический подход, математическое моделирование условий эксперимента, физический эксперимент), условия подобия физического объекта и материальной копии. Выбор наиболее эффективной схемы эксперимента. Составление плана проведения экспериментов разных уровней (опытный, лабораторный, полупромышленный, про-	6	5	-	5/2И	5	Проработка теоретического (лекционного) материала. Изучение дополнительного материала.	Текущий контроль успеваемости. Проведение расчетных работ с применением ПК. - АКР № 3	ОПК 2-зув

Раздел/ тема Дисциплины	Семестр	Аудиторная контактная работа (в акад. часах)			Самостоятельная работа (в акад. часах)	Вид самостоятельной работы	Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации	Код и структурный элемент компетенции
		Лекции	лаборат. занятия	практич. Занятия				
мысленный, изготовление опытно-промышленной партии)								
4. Корреляционный анализ в рамках отсеивания незначимых факторов экспериментальной выборки данных, установления вида регрессионных уравнений с построением корреляционной таблицы (матрицы)	6	4	-	4/2И	5	Проработка теоретического (лекционного) материала. Изучение дополнительного материала.	Текущий контроль успеваемости. Проведение расчетных работ с применением ПК. - АКР № 4	ОПК 2-зув;
5. Регрессионный анализ. Определение коэффициентов регрессионного уравнения с применением метода наименьших квадратов (МНК). Расчет показателей качества (точности, адекватности) регрессии	6	4	-	4/2И	5	Проработка теоретического (лекционного) материала. Изучение дополнительного материала.	Текущий контроль успеваемости. Проведение расчетных работ с применением ПК. - АКР № 5	ОПК 2-зув
6. Полный и дробный факторный эксперимент. Правила построения планов экспериментов. Основные свойства матрицы математически планируемого эксперимента (ортогональность, ротатабельность, симметричность, нормировка экспериментальной матрицы).	6	4	-	4/2И	5	Проработка теоретического (лекционного) материала. Изучение дополнительного материала.	Текущий контроль успеваемости. Проведение расчетных работ с применением ПК. - АКР № 6	ПК 2-зув
7. Методика расчета коэффициентов эмпирического уравнения по данным проведенного планируемого эксперимента. Связь эффекта фактора с коэф-	6	4	-	4/2И	4	Проработка теоретического (лекционного) материала. Изучение дополнительного материала.	Текущий контроль успеваемости. Проведение расчетных работ с применением ПК. - АКР	ПК 2-зув

Раздел/ тема Дисциплины	Семестр	Аудиторная контактная работа (в акад. часах)			Самостоятельная работа (в акад. часах)	Вид самостоятельной работы	Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации	Код и структурный элемент компетенции
		Лекции	лаборат. занятия	практич. Занятия				
фициентами уравнения. Критерии оптимальности планов эксперимента.							№ 7	
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.)	6	5	-	5/2И	4,3	Проработка теоретического (лекционного) материала. Изучение дополнительного материала.	Текущий контроль успеваемости. Проведение расчетных работ с применением ПК. - АКР № 8	ПК 2-зув
Итого за семестр	6	34	-	34/ 14 И	36,3		Промежуточная аттестация (экзамен)	

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

5 Образовательные и информационные технологии

В процессе преподавания дисциплины «Обработка экспериментальных данных» 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

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

Перечень тем для подготовки к семинарским занятиям:

АКР № 1. Сбор экспериментальных данных - лист рассеивания

Построить и заполнить лист рассеивания (контрольный лист) – по заданию преподавателя

Ниже приведены два типа листа рассеивания экспериментальных данных.

Карта (лист) контроля качества технологического процесса

Технологический процесс		Элементы контроля		Вид дефекта (несоответствия)	Ответственные лица		Измерительные приборы	Коррект. воздействия	
Номер операции	Вид операции	Показатель качества	Нормативн. знач. пок. качества		Технолог	Контролер		Ответственный	Способы

Карта (листок) данных

Объект: ПАО «ММК – стан 370

Наименование продукции: арматурный прокат номинальным диаметром 12 мм класса прочности А 500 по ГОСТ 34028

Технологический процесс: прерванная закалка с самоотпуском с использованием тепла прокатного нагрева

Период наблюдения: I кв. 2019 г.

№ испытания	Факторы, X_i				Функции отклика, Y_i	
	X_1 (C)	X_2 (Mn)	X_3 (Si)	X_4 (t_{cot})	Y_1 (σ_T)	Y_2 (δ_5)
1	0,15	0,60	0,15	650	525	14
2	0,18	0,50	0,20	580	560	12
3	0,19	0,55	0,18	570	570	12,5
4	0,20	0,40	0,16	600	540	13
...
200	0,16	0,50	0,17	610	540	12

АКР № 2. 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 абсцисс откладывается несколько интервалов внутри размаха случайной величины, число этих интервалов определяется статистически, в большинстве случаев это число составляет 10 интервалов;

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

Сравнить распределение случайной величины с нормальным распределением по коэффициентам эксцесса и асимметрии.

АКР № 3. Проанализировать какой тип эксперимента наиболее подходит к условиям, заданными преподавателем

АКР № 4. 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.

Таблица с критическими значениями коэффициента корреляции в зависимости от объема выборки (n) и уровня значимости (α); $\alpha = 1 - p$, где p – вероятность события, представлена в справочниках по математической статистике.

В Excel заложены формулы для расчета попарного коэффициента корреляции:

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

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

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.

Отсевание незначимых факторов и определение статистически значимых связей между зависимыми и независимыми переменными и вида регрессионной зависимости устанавливается анализом корреляционной таблицы (матрицы).

Итерационно отсеиваются наиболее значимо коррелируемые x_i , дополнительно к этому определяются значимые связи между y_i и x_i , чтобы затем рассчитать регрессионные уравнения.

АКР № 5. Регрессионный анализ. МНК. Показатели качества регрессионных уравнений. При помощи применения регрессионного анализа рассчитать коэффициенты регрессионного уравнения, тип которых установлен в АКР № 3

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), коэффициент детерминации R^2 (3-я строка, 1-й столбец), критерий Фишера F (4-ая строка, 1-ый столбец).

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: $a_i = (\sum x_i y_i)/n$, $a_0 = \sum y_i/n$.

АКР № 7. Построить все возможные варианты матрицы дробного эксперимента типа 2^{3-1} , 2^{5-2} . Определить коэффициенты уравнения по известному алгоритму: $a_i = (\sum x_i y_i)/n$, $a_0 = \sum y_i/n$.

АКР № 8. 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 под-

готовки к семинару. Для приобретения широкого видения проблемы студент старается осмыслить ее в общем объеме; познакомиться с темой по базовому учебному пособию или другой основной рекомендуемой литературе; выявить основные идеи, раскрывающие данную проблему; сверить их определения со справочниками, энциклопедией; подготовить план-конспект раскрытия данной проблемы; выявить неясные вопросы и подобрать дополнительную литературу для их освещения; составить тезисы выступления на отдельных листах для последующего внесения дополнений и подготовить доклад или реферат для сообщения на семинаре; проанализировать собранный материал для дополнительной информации по темам семинара; готовясь к выступлению на семинаре, по возможности проконсультироваться с преподавателем; относиться к собранному материалу, как к источнику будущих исследований.

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

Современная практика предлагает широкий круг типов семинарских занятий. Среди них особое место занимает семинар-дискуссия, где в диалоге хорошо усваивается новая информация, видны убеждения студента; обсуждаются противоречия (явные и скрытые) и недостатки; для обсуждения берутся конкретные актуальные вопросы, с которыми студенты предварительно ознакомлены. Также в семинар включаются вопросы для ин-теллектуальной разминки (иногда это дискуссионная статья, по которой ставятся проблемные вопросы); дискуссия может развертываться заочно как круговой семинар. Далее подводятся итоги дискуссии, заслушиваются и защищаются проектные задания. После этого проходит "мозговой штурм" по нерешенным проблемам дискуссии, а также выявляются прикладные аспекты, которые можно рекомендовать для включения в курсовые и дипломные работы или в апробацию на практике. На сессии преподаватель обобщает результаты 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. Основные понятия из теории вероятности и математической статистики (генеральная совокупность, выборка случайных величин, характеристики выборки)

1. Понятия генеральной совокупности и выборки из нее случайных величин.
2. Оценочные параметры выборки для показателей генеральной совокупности (математическое ожидание и среднее значение, дисперсия и среднеквадратическое (стандартное) отклонение и т.п.).
3. Показатели выборки (минимальное, максимальное и среднее значения случайной величины, размах, стандартное отклонение, коэффициент вариации, мода, медиана).

ИДЗ № 2. Листки (карты) рассеивания

1. Порядок сбора и представления случайной величины.
2. Условия обработки экспериментальных данных.
3. Графическое представление распределения случайной величины. Гистограммы.

ИДЗ № 3. Выбор эффективной схемы проведения эксперимента

1. Виды эксперимента.
2. Основы теории подобия.
3. Порядок составления плана эксперимента.
4. Выбор наиболее эффективной схемы эксперимента.

ИДЗ № 4. Корреляционный анализ

1. Расчет коэффициентов парной корреляции между X_i и X_{i+1} , Y_i и X_i .
2. Построение корреляционной таблицы (матрицы) и ее анализ.
3. Сравнение значений попарных коэффициентов корреляций с табличными (критическими) значениями коэффициентов корреляции и установление наличия значимой статистической связи между параметрами выборки.
4. Осуществление отсеивания незначимых факторов выборки, определение типа регрессионных уравнений.
5. Использование программной среды Excel (f_x – статистика – коррел).

ИДЗ № 5. Регрессионный анализ. МНК. Расчет коэффициентов регрессии

1. Метод наименьших квадратов (МНК) в расчетной среде Excel (f_x – статистика – линейн).
2. Показатели качества, адекватности регрессионных уравнений.

ИДЗ № 6. Методика математического планируемого эксперимента

1. Понятие о полном факторном эксперименте.
2. 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).
3. Правила построения плана факторного эксперимента. Свойства матрицы планируемого эксперимента (ортогональность, симметрия, ротатабельность, нормирование).
4. Расчет коэффициентов уравнений связи функции отклика и факторов эксперимента.

ИДЗ № 7. Дробный факторный математически планируемый эксперимент

1. Правила построения планов – дробных реплик.
2. Особенности и задачи применения дробных реплик.
3. Сокращение количества проведенных опытов, риски экспериментов при дробных планах.
4. Виды параметров оптимизации, обобщенный параметр оптимизации, функция желательности.

ИДЗ № 8. Поиск экстремальных значений параметра оптимизации в области определения факторов

1. Метод крутого восхождения – метод пошаговой итерации Бокса-Уилсона.
2. Критерии оптимальности решений.

7 Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

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

Данный раздел состоит из двух пунктов:

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

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

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
<p>Код и содержание компетенции: ОПК-2 – способностью использовать в профессиональной деятельности знания о подходах и методах получения результатов в теоретических и экспериментальных исследованиях</p>		
Знать	<ul style="list-style-type: none"> - эффективные методы сбора и представления экспериментальной информации; - корреляционный анализ; - регрессионный анализ 	<p>Перечень теоретических вопросов к экзамену (ИДЗ № 1-5)</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Понятия генеральной совокупности и выборки из нее случайных величин. 2. Оценочные параметры выборки для показателей генеральной совокупности (математическое ожидание и среднее значение, дисперсия и среднеквадратическое (стандартное) отклонение и т.п.). 3. Показатели выборки (минимальное, максимальное и среднее значения случайной величины, размах, стандартное отклонение, коэффициент вариации, мода, медиана). 4. Порядок сбора и представления случайной величины. 5. Условия обработки экспериментальных данных. 6. Графическое представление распределения случайной величины. Гистограммы. 7. Виды эксперимента. 8. Основы теории подобия. 9. Порядок составления плана эксперимента. 10. Выбор наиболее эффективной схемы эксперимента. 11. Расчет коэффициентов парной корреляции между X_i и X_{i+1}, Y_i и X_i. 12. Построение корреляционной таблицы (матрицы) и ее анализ. 13. Сравнение значений попарных коэффициентов корреляций с табличными (критическими) значениями коэффициентов корреляции и установление наличия значимой статистической связи между параметрами выборки. 14. Осуществление отсеивания незначимых факторов выборки, определение типа регрессионных уравнений. 15. Использование программной среды Excel (f_x – статистика – коррел). 16. Метод наименьших квадратов (МНК) в расчетной среде Excel (f_x – статистика – линейн). 17. Показатели качества, адекватности регрессионных уравнений.
Уметь	<ul style="list-style-type: none"> - применять методы эффективного сбора и представления экспери- 	<p>Примерные практические задания для экзамена (АКР № 1-5)</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Строить и заполнять лист рассеивания (контрольный лист) – по заданию преподавателя. 2. Строить гистограммы случайных величин (графическое распределение случайной величины) и

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
	<p>ментальной информации;</p> <p>- использовать корреляционный анализ для оценки исходной выборки, отсеивания незначимых факторов, определения значимой статистической связи между зависимыми и независимыми переменными;</p> <p>- пользоваться математическим аппаратом регрессионного анализа</p>	<p>сравнить их с теоретическими распределениями</p> <p>Для конкретной случайной величины (X_i, Y_i) ее распределение в выборке определяется построением гистограммы. Алгоритм этого построения заключается в следующем:</p> <p>- 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;</p> <p>- при этом проверочными критериями правильности построения гистограммы является выполнения условий $\sum n_i = n$ или $\sum (n_i/n) = 1$.</p> <p>Сравнивать распределение случайной величины с нормальным распределением по коэффициентам эксцесса и асимметрии.</p> <p>3. Анализировать какой тип эксперимента наиболее подходит к условиям, заданными преподавателем.</p> <p>4. Рассчитывать 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.</p> <p>Таблица с критическими значениями коэффициента корреляции в зависимости от объема выборки (n) и уровня значимости (α); $\alpha = 1 - p$, где p – вероятность события, представлена в справочниках по математической статистике.</p> <p>В Excel заложены формулы для расчета попарного коэффициента корреляции:</p> <p>$- r_{x_i, x_{i+1}} = \frac{\sum (x_i - x_{icp})(x_{i+1} - x_{(i+1)cp})}{\sqrt{\sum x_i^2 \sum x_{i+1}^2}}$</p> <p>$- r_{y_i, x_i} = \frac{\sum (x_i - x_{icp})(y_i - y_{cp})}{\sqrt{\sum x_i^2 \sum y_i^2}}$</p> <p>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 такая связь отсутствует.</p> <p>Отсеивать незначимые факторы и определять статистически значимые связи между зависимыми и</p>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		<p>независимыми переменными и вид регрессионной зависимости анализом корреляционной таблицы (матрицы).</p> <p>Итерационно отсеивать наиболее значимо коррелируемые x_i, дополнительно к этому определять значимые связи между y_i и x_i, чтобы затем рассчитывать регрессионные уравнения.</p> <p>5. Для расчета коэффициентов уравнений a_0, a_i применять 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:</p> $F = \sum (y_{\text{факт.}} - y_{\text{расч.}})^2 \rightarrow \min (0).$ <p>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), коэффициент детерминации R^2 (3-я строка, 1-й столбец), критерий Фишера F (4-ая строка, 1-ый столбец).</p>
Владеть	<ul style="list-style-type: none"> - приемами сбора и представления экспериментальной информации; - навыками корреляционного анализа для обработки выборки случайных величин; - правилами расчета коэффициентов регрессионных уравнений связи зависимых и незави- 	<p>Задание на решение задач из профессиональной области, комплексные задания (АКР № 1-5)</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Методами построения и заполнения лист рассеивания (контрольный лист) – по заданию преподавателя. 2. Правила построения гистограмм случайных величин (графическое распределение случайной величины) и сравнить их с теоретическими распределениями <p>Для конкретной случайной величины (X_i, Y_i) ее распределение в выборке определяется построением гистограммы. Алгоритм этого построения заключается в следующем:</p> <ul style="list-style-type: none"> - 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;

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
	симых выборки	<p>- при этом проверочными критериями правильности построения гистограммы является выполнения условий $\sum p_i = n$ или $\sum (n_i/n) = 1$.</p> <p>Навыками сравнения распределения случайной величины с нормальным распределением по коэффициентам эксцесса и асимметрии.</p> <p>3. Методикой анализа по установлению какой тип эксперимента наиболее подходит к условиям, заданными преподавателем.</p> <p>4. Расчетным методом 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) определения попарных коэффициентов корреляции между независимыми случайными величинами – $r_{x_i, x_{i+1}}$ и между зависимыми (Y_i) и независимыми (X_i) переменными $-r_{y_i, x_i}$; их значимость путем сравнения с табличными, критическими значениями коэффициента корреляции.</p> <p>Таблица с критическими значениями коэффициента корреляции в зависимости от объема выборки (n) и уровня значимости (α); $\alpha = 1 - p$, где p – вероятность события, представлена в справочниках по математической статистике.</p> <p>В Excel заложены формулы для расчета попарного коэффициента корреляции:</p> <p>$- r_{x_i, x_{i+1}} = \frac{\sum (x_i - x_{icp})(x_{i+1} - x_{(i+1)cp})}{n S_{x_i} S_{x_{i+1}}}$</p> <p>$- r_{y_i, x_i} = \frac{\sum (x_i - x_{icp})(Y_i - Y_{cp})}{n S_{x_i} S_{y_i}}$</p> <p>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.</p> <p>Отсевивание незначимых факторов и определение статистически значимых связей между зависимыми и независимыми переменными и вида регрессионной зависимости устанавливается анализом корреляционной таблицы (матрицы).</p> <p>Итерационно отсеиваются наиболее значимо коррелируемые x_i, дополнительно к этому определяются значимые связи между y_i и x_i, чтобы затем рассчитать регрессионные уравнения.</p> <p>5. Для расчета коэффициентов уравнений a_0, a_1 применяется расчетный метод наименьших квадратов (МНК) с использованием исходной выборки случайных величин. МНК предполагает поиск экстремального (минимального) значения функционала суммы разности в квадрате между</p>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		<p>фактическими и расчетными значениями функции отклика: $F = \sum (u_{\text{факт.}} - u_{\text{расч.}})^2 \rightarrow \min (0)$. В уравнение подставляются построчно фактические значения $u_{\text{факт.}}$ и $u_{\text{расч.}}$ 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), коэффициент детерминации R^2 (3-я строка, 1-й столбец), критерий Фишера F (4-ая строка, 1-ый столбец).</p>
<p>Код и содержание компетенции: ПК-2 - способностью осуществлять сбор данных, изучать, анализировать и обобщать научно-техническую информацию по тематике исследования, разработке и использованию технической документации, основным нормативным документам по вопросам интеллектуальной собственности, подготовке документов к патентованию, оформлению ноу-хау</p>		
Знать	<ul style="list-style-type: none"> - методы планирования экспериментов разного уровня; - способы составления планов математического эксперимента; - процедуры поиска оптимальных решений 	<p>Перечень теоретических вопросов к экзамену (ИДЗ № 6-8)</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Понятие о полном факторном эксперименте. 2. Типы планов эксперимента – дву- и трех факторные планы типа $N = m^n$ (N – необходимое количество опытов, m – количество уровней варьирования случайных фак-торов, n – количество факторов). 3. Правила построения плана факторного эксперимента. Свойства матрицы планируемого эксперимента (ортогональность, симметрия, ротатабельность, нормирование). 4. Расчет коэффициентов уравнений связи функции отклика и факторов эксперимента. 5. Правила построения планов – дробных реплик. 6. Особенности и задачи применения дробных реплик. 7. Методику сокращения количества проведенных опытов, риски экспериментов при дробных планах. 8. Виды параметров оптимизации, обобщенный параметр оптимизации, функция желательности. 9. Метод крутого восхождения – метод пошаговой итерации Бокса-Уилсона. 10. Критерии оптимальности решений.

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
Уметь	<ul style="list-style-type: none"> - применять методы планирования экспериментов разного уровня ; - составлять планы математического эксперимента; - находить оптимальные решения известными методами 	<p>Примерные практические задания для экзамена (АКР № 6-8)</p> <p>1. Строить 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. Определять коэффициенты уравнения по известному алгоритму: $a_i = (\sum x_i y_i)/n$, $a_0 = \sum y_i/n$.</p> <p>2. Строить все возможные варианты матрицы дробного эксперимента типа 2^{3-1}, 2^{5-2}. Определить коэффициенты уравнения по известному алгоритму: $a_i = (\sum x_i y_i)/n$, $a_0 = \sum y_i/n$.</p> <p>3. 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.</p>
Владеть	<ul style="list-style-type: none"> - методами планирования экспериментами разного уровня; - методикой полного и дробного математического эксперимента; - методами определения экстремальных значений при поиске оптимальных значений 	<p>Задание на решение задач из профессиональной области, комплексные задания (АКР № 5-8)</p> <p>1. Навыками построения матрицы 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. Методикой определения коэффициентов уравнения по известному алгоритму: $a_i = (\sum x_i y_i)/n$, $a_0 = \sum y_i/n$.</p> <p>2. Правилами построения всех возможных вариантов матрицы дробного эксперимента типа 2^{3-1}, 2^{5-2}, определения коэффициентов уравнения по известному алгоритму: $a_i = (\sum x_i y_i)/n$, $a_0 = \sum y_i/n$.</p> <p>3. Методами нахождения экстремального значения параметра оптимизации в области определения функции двух и многофакторных уравнений (метод крутого восхождения Бокса-Уилсона) с применением итерационного пошагового метода в направлении градиента.</p>

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 «Обработка экспериментальных данных» включает теоретические вопросы, позволяющие оценить уровень усвоения обучающимися знаний, и практические задания, выявляющие степень сформированности умений и владений, проводится в форме экзамена.

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

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

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

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

– на оценку **«удовлетворительно»** (3 балла) – обучающийся демонстрирует пороговый уровень сформированности компетенций, в ходе контрольных мероприятий

допускаются ошибки, проявляется отсутствие отдельных знаний, умений, навыков, обучающийся испытывает значительные затруднения при оперировании знаниями и умениями при их переносе на новые ситуации;

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

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

8 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

а) Основная литература:

1. 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: 01.09.2020). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

2. Мельниченко, А. С. Анализ данных в материаловедении : учебное пособие / А. С. Мельниченко. — Москва : МИСИС, [б. г.]. — Часть 2 : Регрессионный анализ — 2014. — 87 с. — ISBN 978-5-87623-775-0. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/69760> (дата обращения: 01.09.2020). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

б) Дополнительная литература:

1. 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: 01.09.2020). — 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. (дата обращения: 01.09.2020)

в) Методические указания:

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

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

г) Программное обеспечение и Интернет-ресурсы:

Наименование ПО	№ договора	Срок действия лицензии
MS Windows 7	Д-1227 от 08.10.2018	11.10.2021

	Д-757-17 от 27.06.2016	27.07.2018
MS Office 2007	№ 135 от 17.09.2007	бессрочно
FAR Manager	свободно распространяемое ПО	бессрочно
7Zip	Свободно распространяемое	бессрочно

1. Электронная база периодических изданий East View Information Services, ООО «ИВИС»: <https://dlib.eastview.com/>
2. Национальная информационно-аналитическая система – Российский индекс научного цитирования (РИНЦ): URL: https://elibrary.ru/project_risc.asp
3. Поисковая система Академия Google (Google Scholar): URL: <https://scholar.google.ru/>
4. Информационная система - Единое окно доступа к информационным ресурсам: URL: <http://window.edu.ru/>
5. Федеральное государственное бюджетное учреждение «Федеральный институт промышленной собственности»: URL: <http://www1.fips.ru/>
6. Российская Государственная библиотека. Каталоги: <https://www.rsl.ru/ru/4readers/catalogues/>
7. Электронные ресурсы библиотеки МГТУ им. Г.И. Носова: <http://magtu.ru:8085/mareweb2/Default.asp>
8. Университетская информационная система РОССИЯ: <https://uisrussia.msu.ru>
9. Международная наукометрическая реферативная и полнотекстовая база данных научных изданий «Web of science»: <http://webofscience.com>
10. Международная реферативная и полнотекстовая справочная база данных научных изданий «Scopus»: <http://scopus.com>
11. Международная база полнотекстовых журналов Springer Journals: <http://link.springer.com/>
12. Международная коллекция научных протоколов по различным отраслям знаний Springer Protocols: <http://www.springerprotocols.com/>
13. Международная база справочных изданий по всем отраслям знаний SpringerReference: <http://www.springer.com/references>
14. Архив научных журналов «Национальный электронно-информационный конкорциум» (НП НЭИКОН): <https://archive.neicon.ru/xmlui/>

9 Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Материально-техническое обеспечение дисциплины включает:

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

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