

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
СТАРООСКОЛЬСКИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ ИМ. А.А. УГАРОВА
 (филиал) федерального государственного автономного образовательного учреждения
 высшего образования
 «Национальный исследовательский технологический университет «МИСиС»
(СТИ НИТУ «МИСиС»)

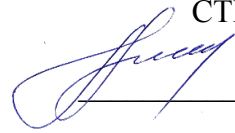
СОГЛАСОВАНО

Руководитель ОПОП ВО

 Макаров А.В.
 «19» июня 2020 г.

УТВЕРЖДАЮ

Зам. директора по НИИ
 СТИ НИТУ «МИСиС»

 Кожухов А.А.
 «19» июня 2020 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
Физическое моделирование машиностроительных процессов

Закрепленная кафедра

**Технологии и оборудование в металлургии и
 машиностроений им. В.Б. Крахта**

Учебный план

на 2020-2021 учебный год по направлению подготовки

Направление подготовки

15.06.01 Машиностроение

Направленность (профиль)

Технология машиностроения

ОПОП

Квалификация

«Исследователь. Преподаватель-исследователь»

Форма обучения

очная

Общая трудоемкость

2 ЗЕТ

Часов по учебному плану

72

Форма контроля: зачет

в том числе:

аудиторные занятия

24

самостоятельная работа

48

часов на контроль

Семестр(ы) изучения

3

Распределение часов дисциплины по курсам

Семестр	3		Итого
Вид занятий	УП	РП	
Лекции			
Практические	24	24	24
Итого ауд.	24	24	24
Самостоятельная работа	48	48	48
Часы на контроль			
Итого:	72	72	72

Лист согласования рабочей программы дисциплины

Рабочая программа разработана:

Кабулова Евгения Георгиевна

ФИО полностью

доцент, кандидат технических наук, доцент

а также уч.ст., уч.зв. – при наличии

подпись

Рабочая программа дисциплины «Физическое моделирование машиностроительных процессов» разработана в соответствии с ОС ВО НИТУ «МИСиС»:

Образовательный стандарт высшего образования по направлению подготовки

15.06.01 Машиностроение

код, наименование

(утвержден приказом НИТУ «МИСиС» от «02» декабря 2015 г. № 602 о.в.)

на основании учебного плана на 2020-2021 учебный год по направлению подготовки

15.06.01 Машиностроение. Технология машиностроения

код и наименование направления подготовки (специальности), наименование направленности (профиля) ОПОП ВО

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры «Технологии и оборудование в металлургии и машиностроении им. В.Б. Крахта»

наименование кафедры

Протокол от «11» июня 2020 г. № 6.

Зав. кафедрой

ТОММ

аббревиатура наименования кафедры

подпись

А.В. Макаров

И.О. Фамилия

«11» июня 2020 г.

Руководитель ОПОП ВО

зав. кафедрой ТОММ, кандидат

технических наук, доцент

должность, уч.ст., уч.зв.

подпись

А.В. Макаров

И.О. Фамилия

1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

1.1. Целями освоения дисциплины являются – формирование компетенций в соответствии с учебным планом, а также формирование знаний, умений и навыков физического моделирования процессов, обработки производственных и экспериментальных данных, планирования и организации экспериментов.

1.2. Задачи освоения дисциплины:

научить обучающихся разрабатывать физические модели процессов, использовать методы математической статистики для обработки результатов экспериментальной и практической деятельности; методы выделения значимых факторов; оптимального планирования эксперимента.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

2.1. Учебная дисциплина входит в состав Блока 1 «Дисциплины (модули)» и относится к вариативной части, является дисциплиной по выбору в ОПОП.

2.2. Для изучения данной учебной дисциплины необходимы следующие знания, умения и навыки, сформированные

1) при изучении образовательной программы высшего образования уровня специалитета, магистратуры:

Знания: случайных величин дискретного и непрерывного типов; функций распределения; математического ожидания; дисперсии; среднего квадратичного отклонения.

Умения: определять функциональные зависимости плотности распределения, математического ожидания, дисперсии и среднего квадратического отклонения случайной величины.

Навыки: владения методикой и математико-статистическим аппаратом для выявления существенных факторов.

2) сформированные при изучении дисциплины «Оптимизация процессов резания»:

Знания: основных методов решения нетиповых задач в области обработки резанием конструкционных материалов; критериев оценивания новых решений в области построения и моделирования машин; современные методы научных исследований.

Умения: использовать современные методы исследования в научно-исследовательской деятельности; анализировать математические модели для определения параметров оптимального резания.

Навыки: анализа новых решений в области построения и моделирования машин; применения математических методов планирования эксперимента для решения задач оптимизации процесса резания.

2.3. Перечень последующих учебных дисциплин, для которых необходимы знания, умения и навыки, формируемые данной учебной дисциплиной:

- Технология машиностроения;
- Научно-исследовательская деятельность и подготовка научно-квалификационной работы (диссертации) на соискание ученой степени кандидата наук;
- Практика по получению профессиональных умений и опыта профессиональной деятельности (научно-исследовательская практика);
- Представление научного доклада об основных результатах подготовленной научно-квалификационной работы (диссертации);
- Подготовка и сдача государственного экзамена.

3. КОМПЕТЕНЦИИ ОБУЧАЮЩЕГОСЯ, ФОРМИРУЕМЫЕ В РЕЗУЛЬТАТЕ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование элементов следующих компетенций в соответствии с ОС НИТУ «МИСиС» и ОПОП ВО по данному направлению подготовки:

РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫЕ С ФОРМИРУЕМЫМИ КОМПЕТЕНЦИЯМИ	
ОПК-1.1 способность научно обоснованно оценивать новые решения в области построения и моделирования машин, приводов, оборудования, технологических систем и специализированного машиностроительного оборудования, а также средств технологического оснащения производства	
Знать:	особенности и методологию физического моделирования машин, приводов, оборудования, технологических систем и специализированного машиностроительного оборудования, средств технологического оснащения производства
Уметь:	применять методы планирования эксперимента, анализа и оптимизации физических моделей машин, приводов, оборудования, технологических систем и специализированного машиностроительного оборудования, а также средств технологического оснащения производства
Владеть:	навыками построения и анализа физических моделей машин, приводов, оборудования, технологических систем и специализированного машиностроительного оборудования, средств технологического оснащения производства
ОПК-2.1 способность формулировать и решать нетиповые задачи математического, физического, конструкторского, технологического, электротехнического характера при проектировании, изготовлении и эксплуатации новой техники	
Знать:	методику решения нетиповых задач в области физического моделирования технических систем и объектов
Уметь:	применять методы физического моделирования для решать нетиповых задач математического, физического, конструкторского, технологического характера при проектировании, изготовлении и эксплуатации новой техники
Владеть:	навыками планирования эксперимента и разработки физических моделей при решении нетиповых задач математического, физического, конструкторского, технологического характера при проектировании, изготовлении и эксплуатации новой техники
ПК-1.1 способность самостоятельно осуществлять научно-исследовательскую деятельность в области машиностроения с использованием современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий	
Знать:	современные методы исследования в профессиональной области
Уметь:	осуществлять научно-исследовательскую деятельность в области машиностроения с использованием информационно-коммуникационных технологий
Владеть:	навыками использования современных методов исследования и информационно-коммуникационных технологий
ПК-2.1 готовность к преподавательской деятельности по образовательным программам высшего образования по УГСН 15.00.00 Машиностроение	
Знать:	методологию физического моделирования машиностроительных изделий и процессов

Уметь:	формулировать и излагать материалы в рамках проведения аудиторных занятий по разделам преподаваемой дисциплины
Владеть:	навыками разработки физических моделей, анализа и обработки экспериментальных результатов в области машиностроения для ведения преподавательской деятельности

4. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Объем дисциплины в зачетных единицах (**2 зачетные единицы**) с указанием количества академических или астрономических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся составляет:

Таблица 1. Структура и содержание дисциплины (модуля)

№ п/п	Наименование раздела, темы	Семестр	Контактная работа (в часах)			Самостоятельная работа	Код компетенции	Формы текущего контроля успеваемости (по темам) Форма промежуточной аттестации (по семестрам)
			Л	ПЗ	ЛР			
	Раздел 1. Основы физического моделирования машиностроительных процессов							
1	Тема 1. Виды и основные этапы построения физических моделей. Особенности и методология физического моделирования. Основы теории подобия. Техника физического эксперимента и моделирования. Построение и оценка физических моделей. Рассмотрение типовых примеров	3		2		6	ОПК-1.1 ПК-2.1	Защита практической работы
2	Тема 2. Дисперсионный, корреляционный и регрессионный анализы. Ранжирование признаков или факторов. Метод наименьших квадратов	3		1		12	ОПК-1.1 ПК-1.1 ПК-2.1	Выполнение и защита домашнего задания. Тестирование по разделу
	Раздел 2. Теория и техника экспериментальных исследований. Методы планирования экспериментов и оптимизации моделей							
3	Тема 1. Планирование и организация эксперимента. Параметры и факторы оптимизации. Обработка результатов эксперимента методом полного факторного эксперимента	3		5		12	ОПК-1.1 ОПК-2.1 ПК-1.1 ПК-2.1	Защита практической работы. Выполнение и защита домашнего задания. Контрольная работа

4	Тема 2. Использование дробного факторного эксперимента I порядка	3		4		4	ОПК-1.1 ПК-2.1	Защита практической работы
5	Тема 3. Использование композиционных факторных планов II порядка. Метод главных эффектов	3		4		4	ОПК-1.1 ПК-2.1	Защита практической работы
6	Тема 4. Планирование экспериментов для достижения оптимального значения показателей качества. Использование градиентных методов последовательного достижения экстремума	3		4		6	ОПК-1.1 ОПК-2.1 ПК-2.1	Защита практической работы
7	Тема 5. Определение оптимальных режимов резания симплекс-методом	3		4		4	ОПК-1.1 ПК-1.1 ПК-2.1	Защита практической работы. Тестирование по разделу. Контрольная работа
ИТОГО				24		48	ОПК-1.1 ОПК-2.1 ПК-1.1 ПК-2.1	ЗАЧЕТ

Примечание. Условные обозначения: Л – занятия лекционного типа; ПЗ – практические занятия; ЛР – лабораторные работы; СР – самостоятельная работа по отдельным темам

5. ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

При проведении текущего контроля и промежуточной аттестации по дисциплине «Физическое моделирование машиностроительных процессов» проверяется сформированность у обучающихся компетенций, указанных в разделе 3 настоящей программы. Этапность формирования данных компетенций в процессе освоения образовательной программы определяется последовательным освоением дисциплин и прохождением практик, а в процессе освоения дисциплины – последовательным достижением результатов освоения содержательно связанных между собой разделов, тем.

5.1. Контрольные вопросы для самостоятельной подготовки к промежуточной аттестации по итогам изучения дисциплины

Перечень вопросов для самостоятельной подготовки

1. Особенности физического моделирования. Виды физических моделей. (ОПК-1.1, ПК-2.1)
2. Методология физического моделирования. (ОПК-1.1, ПК-2.1)
3. Необходимые условия для физического моделирования. (ОПК-1.1, ПК-2.1)
4. Алгоритм построения физической модели процесса. (ОПК-1.1, ПК-2.1)
5. Основные положения теории подобия. (ОПК-1.1, ПК-2.1)
6. Виды и критерии подобия. (ОПК-1.1, ПК-2.1)
7. Понятие об эксперименте. Случайные величины, их распределение. (ОПК-1.1, ПК-2.1)
8. Группировка и представление экспериментальных результатов. (ОПК-1.1, ПК-2.1)
9. Вариационные ряды. (ОПК-1.1, ПК-2.1)
10. Обработка статистических экспериментальных результатов. (ОПК-1.1, ПК-2.1)
11. Понятие доверительного интервала. (ОПК-1.1, ПК-2.1)
12. Основные законы распределения непрерывных случайных величин. (ОПК-1.1, ПК-2.1)

13. Проверка воспроизводимости результатов опытов. (ОПК-1.1, ПК-2.1)
14. Проверка адекватности. (ОПК-1.1, ПК-2.1)
15. Модель дисперсионного анализа, условия его проведения. (ОПК-1.1, ОПК-2.1, ПК-2.1)
16. Модель корреляционного анализа. Выборочный коэффициент линейной корреляции. (ОПК-1.1, ОПК-2.1, ПК-2.1)
17. Ранжирование признаков или факторов. Интерпретация результатов ранжирования. (ОПК-1.1, ПК-2.1)
18. Модель регрессивного анализа. (ОПК-1.1, ОПК-2.1, ПК-2.1)
19. Задачи планирования многофакторных экспериментов. (ОПК-1.1, ПК-2.1)
20. Оценка значимости коэффициентов регрессии. (ОПК-1.1, ПК-2.1)
21. Проверка значимости уравнения регрессии (адекватности). (ОПК-1.1, ПК-2.1)
22. Метод наименьших квадратов. (ОПК-1.1, ПК-2.1)
23. Планирование многофакторных экспериментов. (ОПК-1.1, ОПК-2.1, ПК-2.1)
24. Полный факторный эксперимент (ПФЭ). (ОПК-1.1, ОПК-2.1, ПК-2.1)
25. Факторное пространство. Поверхность отклика (функции). Графическое изображение поверхности отклика. (ОПК-1.1, ПК-2.1)
26. Дробный факторный эксперимент (ДФЭ). (ОПК-1.1, ОПК-2.1, ПК-2.1)
27. Планирование эксперимента для многоуровневых факторов. (ОПК-1.1, ОПК-2.1, ПК-2.1)
28. Принцип построения композиционного плана. Композиционная стратегия проведения опытов. (ОПК-1.1, ОПК-2.1, ПК-2.1)
29. Построение и принцип реализации симметричного ортогонального плана. (ОПК-1.1, ПК-2.1)
30. Особенности использования симметричного ротatableльного плана. (ОПК-1.1, ПК-2.1)
31. Представление модели главных эффектов при различных уровнях факторов. (ОПК-1.1, ПК-2.1)
32. Постановка задачи оптимизации при планировании экспериментов. (ОПК-1.1, ОПК-2.1, ПК-2.1)
33. Сущность градиентных методов поиска экстремума. (ОПК-1.1, ОПК-2.1, ПК-2.1)
34. Использование градиентных методов последовательного достижения экстремума показателя качества (метод Бокса-Уилсона). (ОПК-1.1, ОПК-2.1, ПК-2.1)
35. Использование градиентных методов последовательного достижения экстремума показателя качества (метод Гаусса-Зейделя). (ОПК-1.1, ОПК-2.1, ПК-2.1)
36. Симплексный метод нахождения значений факторов, обеспечивающих достижение заданного уровня показателей качества. Стратегия поиска новых точек. (ОПК-1.1, ОПК-2.1, ПК-2.1)

Контрольные вопросы к практической работе №1 (ОПК-1.1, ПК-2.1)

1. Как Вы понимаете понятие размерности физической величины?
2. Какова основная система размерностей?
3. Сформулируйте условия подобия явлений.
4. Перечислите критерии подобия.
5. Типовые критерии подобия механических систем.
6. Какие Вы знаете способы определения критериев подобия?
7. Какие Вы знаете способы определения масштабных коэффициентов?

Контрольные вопросы к практической работе №2 (ОПК-1.1, ОПК-2.1, ПК-1.1, ПК-2.1)

1. Дайте определение полного факторного эксперимента.
2. Перечислите этапы планирования и реализации полного факторного эксперимента.
3. Что называют кодированием факторов? Зачем его проводят?
4. Как происходит формирования матрицы планирования экспериментов? Постройте матрицу планирования для планов 2^2 , 2^3 , 2^4 .
5. Что означает понятие воспроизводимости эксперимента?
6. Какой метод применяется при расчете коэффициентов уравнения регрессии? Запишите формулу расчета b-коэффициентов.

7. Чем может быть обусловлена незначимость коэффициентов уравнения регрессии?
8. Как и для чего проводится проверка адекватности уравнения регрессии?

Контрольные вопросы к практической работе №3 (ОПК-1.1, ПК-2.1)

1. Что называют дробным факторным экспериментом?
2. Дайте определение дробной реплики полного факторного эксперимента.
3. Порядок планирования дробного факторного эксперимента.
4. Какие планы называют насыщенными?
5. Явление смешивания оценок β -коэффициентов в дробном факторном эксперименте.
6. Что называют генерирующим соотношением и определяющим контрастом?

Контрольные вопросы к практической работе №4 (ОПК-1.1, ПК-2.1)

1. Каков принцип построения композиционного плана?
2. Из каких частей состоит композиционный план?
3. Какие типы композиционных планов Вы знаете? В чем их отличия?
4. Назовите отличие композиционного плана второго порядка от дробного факторного эксперимента.
5. Назовите особенности использования симметричного ротatableльного плана.
6. Каков принцип реализации симметричного ортогонального плана?

Контрольные вопросы к практической работе №5 (ОПК-2.1, ПК-2.1)

1. В чем заключается сущность градиентных методов?
2. Какие градиентные методы Вы знаете?
3. Как реализуется метод Бокса-Уилсона?
4. Каким образом выбирают направления и параметр шага в методе Гаусса-Зейделя?
5. Когда заканчивается этап крутого восхождения? Какие решения при этом принимаются?

Контрольные вопросы к практической работе №6 (ОПК-2.1, ПК-1.1, ПК-2.1)

1. В чем заключается смысл симплекс-метода?
2. Сформулируйте алгоритм симплекс-метода.
3. Назовите недостатки и преимущества симплекс-метода.
4. Что представляет собой симплексная таблица?
5. Каково правило останова при планировании эксперимента?

Контрольные вопросы для защиты домашнего задания №1 (ОПК-1.1, ПК-1.1, ПК-2.1)

1. В чем заключается суть метода наименьших квадратов?
2. Какова особенность оценок, полученных с помощью метода наименьших квадратов?
3. В чем смысл преобразования уравнения регрессии методом наименьших квадратов?
4. В каких случаях можно применять метод наименьших квадратов?
5. Как можно оценить погрешность параметров зависимости, аппроксимированной прямой линией, если эти параметры получены методом наименьших квадратов?
6. В чем состоят основные достоинства и недостатки метода наименьших квадратов?

Контрольные вопросы для защиты домашнего задания №2 (ОПК-1.1, ОПК-2.1, ПК-1.1, ПК-2.1)

1. В чем сущность полного факторного эксперимента?
2. Какую область описывает уравнение регрессии, полученное с помощью полного факторного эксперимента, и в каких границах его можно использовать?
3. Что такое взаимодействие факторов и сколько их в полном факторном эксперименте?
4. Как составляется и какими свойствами обладает матрица планирования полного факторного эксперимента?
5. Каков порядок постановки опытов при полном факторном эксперименте?
6. Как проверить воспроизводимость опытов?
7. Как рассчитать оценки коэффициентов регрессионного уравнения?

8. Как проверить статистическую значимость оценок коэффициентов регрессии?
9. Как перейти к исходным физическим переменным?

Вопросы для тестирований

Раздела №1 (ОПК-1.1, ПК-1.1, ПК-2.1)

1. Под физической моделью понимают:

- а) прибор, с помощью которого производят измерения;
- б) систему уравнений, дающую полное описание закономерностей некоторого класса явлений или объектов;
- в) объект, подобный другому объекту, свойства которого требуется исследовать экспериментально;
- г) объект, свойства которого требуется исследовать экспериментально.

2. Под моделированием в физических исследованиях понимают:

- а) изготовление (создание) модели;
- б) экспериментальное исследование свойств интересующего объекта;
- в) экспериментальное исследование свойств объекта с использованием другого подобного объекта;
- г) всякую осознанную деятельность человека (деятельность по плану).

3. Дать определение критерия подобия

- а) размерная величина, характеризующая состояние исследуемого процесса;
- б) величина, определяющая связь между параметрами исследуемого процесса;
- в) средняя мера относительной интенсивности двух физических эффектов, существенных для исследуемого процесса;
- г) оператор математической модели исследуемого процесса.

4. В каком случае применяется теория подобия?

- а) при отсутствии математического описания исследуемого процесса;
- б) исследуемые процессы описываются похожими уравнениями;
- в) имеется математическое описание исследуемого процесса в виде дифференциальных уравнений;
- г) имеются математическое описание исследуемого процесса в виде дифференциальных уравнений и условия однозначности.

5. В каком случае применяется метод анализа размерностей?

- а) при отсутствии математического описания исследуемого процесса;
- б) исследуемые процессы описываются похожими уравнениями;
- в) имеется математическое описание исследуемого процесса в виде дифференциальных уравнений;
- г) имеются математическое описание исследуемого процесса в виде дифференциальных уравнений и условия однозначности.

6. Случайная величина – это:

- а) результат измерения неоднозначного исхода случайного события;
- б) результат эксперимента;
- в) разброс значений числовой характеристики опыта.

7. Закон распределения случайной величины – это:

- а) соотношения между значениями нескольких случайных величин;
- б) соотношение между математическим ожиданием и дисперсией случайной величины;
- в) соотношение между возможными значениями случайной величины и соответствующими им вероятностями;
- г) оценка вероятности появления случайной величины.

8. Выборка – это:

- а) часть элементов генеральной совокупности;
- б) ряд результатов, выбранных случайным образом из генеральной совокупности;
- в) система случайных величин;
- г) результаты эксперимента.

9. Математическое ожидание – это:

- а) центр распределения случайной величины;
- б) параметр распределения вероятностей случайной величины;
- в) среднее значение случайной величины.

10. Дисперсия – это:

- а) характеристика рассеяния случайной величины относительно математического ожидания;
- б) мера рассеяния случайной величины;
- в) математическое ожидание квадрата отклонения случайной величины от ее математического ожидания.

11. Эксперимент – это:

- а) преобразование входов в выходы;
- б) метод решения возникших проблем;
- в) деятельность, направленная на получение некоторого ожидаемого результата;
- г) проведение опытов для получения результатов.

12. Под факторами понимают:

- а) входные параметры системы;
- б) переменные значения, характеризующие условия осуществления процесса;
- в) показатели качества;
- г) постоянные значения, характеризующие условия осуществления процесса.

13. Цель эксперимента:

- а) определить значения факторов;
- б) определить значения факторов, при которых отклик оптимален;
- в) установить зависимость отклика от факторов;
- г) установить уровни значений факторов;
- д) определить значения показателей качества.

14. Вариационный ряд – это:

- а) последовательность значений выборки;
- б) последовательность значений выборки, записанная в убывающем порядке;
- в) последовательность значений выборки, записанная в возрастающем порядке.

15. Гистограмма относительных частот – это:

- а) ступенчатая фигура в координатах «плотность относительной частоты – частный интервал признака»;
- б) график плотности относительных частот в зависимости от значений признака.

16. Полигон – это:

- а) график дискретного вариационного ряда в координатах $m_y - y$;
- б) график интервального вариационного ряда в координатах $m_y - h_y$;
- в) график дискретного вариационного ряда в координатах $w_y - y$.

17. Значимость экспериментальных результатов выборки оценивается:

- а) величиной удаления «крайних» значений от центра выборки;
- б) отношением величины удаления «крайних» значений от центра выборки к среднеквадратичному отклонению;
- г) отношением «крайнего» значения к среднеквадратичному отклонению.

18. Точность результатов оценивается:

- а) отношением средних значений выборки;
- б) отношением дисперсий выборки;
- в) отношением среднеквадратичных отклонений выборок.

19. Доверительный интервал для математического ожидания – это:

- а) совокупность значений признака вблизи среднего значения;
- б) вероятностная граница значений признака, накрывающая его истинное значение;
- в) интервал около среднего значения признака изучаемой выборки.

20. К чему приводит увеличение вероятности при определении доверительного интервала для математического ожидания:

- а) сужению доверительного интервала;
- б) повышению надежности результатов;
- в) расширению доверительного интервала;

- г) повышению точности результатов;
- д) снижению точности результатов.

21. Что характеризует доверительный интервал для дисперсии:

- а) вероятностная граница значений признака;
- б) интервал, в котором находится среднее значение дисперсии, вычисленное по выборке;
- в) вероятностный интервал, в который попадает истинное значение дисперсии;
- г) разброс значений признака.

22. Оценка воспроизводимости результатов опытов основана на:

- а) оценке однородности дисперсий по выборкам;
- б) оценке средних значений признака по выборкам;
- в) оценке отклонений результатов от среднего значения;
- г) оценке квадрата отклонений результатов в выборке от среднего значения.

23. Проверка адекватности – это:

- а) оценка соответствия расчетных и экспериментальных результатов;
- б) оценка соответствия предсказания действительности;
- в) оценка величины дисперсии адекватности;
- г) оценка величины отношения дисперсии адекватности к дисперсии воспроизводимости.

24. Задача дисперсионного анализа – это:

- а) установить зависимость влияния на исследуемый признак (показатель) одного из факторов;
- б) выявить влияние факторов на исследуемый признак;
- в) выявить и оценить влияние одного или нескольких факторов на показатель качества;
- г) определить число факторов, влияющих на показатель качества.

25. Сущность дисперсионного анализа:

- а) разложить дисперсию результатов на составляющие, порождаемые факторами;
- б) определить дисперсию результатов измерений;
- в) определить часть дисперсии результатов измерений, порождаемую помехами;
- г) разложить дисперсию результатов измерений на составляющие, порождаемые факторами и помехами.

26. Вводим нуль-гипотезу, заключающуюся в:

- а) отсутствии малых расхождений в средних значениях результатов в каждой серии измерений;
- б) равенстве математических ожиданий результатов измерений;
- в) равенстве дисперсий результатов во всех сериях измерений.

27. Для проведения дисперсионного анализа необходимо:

- а) составить матрицу измерений показателя качества;
- б) определить предполагаемые факторы изменчивости;
- в) составить план измерений показателя по всем факторам;
- г) оценить возможные помехи, влияющие на результаты (показатель качества).

28. Влияние каждого фактора выявляется значением:

- а) межгрупповой дисперсии;
- б) общей дисперсии всех результатов измерений;
- в) долей дисперсии каждого фактора в общей дисперсии результатов;
- г) остаточной дисперсии.

29. Влияние случайных помех на результаты измерений выявляются значением:

- а) межгрупповой дисперсии;
- б) остаточной дисперсии;
- в) долей дисперсии помех в общей дисперсии результатов;
- г) общей дисперсией всех результатов измерений.

30. Фактор изменчивости оказывает существенное влияние, если отношение:

- а) дисперсии фактора к общей дисперсии больше $F_{\text{табл}}$;
- б) дисперсии фактора к дисперсии помех больше $F_{\text{табл}}$;
- в) дисперсии одного фактора к сумме дисперсий других факторов меньше $F_{\text{табл}}$;
- г) дисперсии фактора к дисперсии помех меньше $F_{\text{табл}}$.

31. Если между двумя переменными существует статистическая связь, то:

- а) одна переменная реагирует на изменение другой изменением своего распределения;
- б) при изменении одной переменной другая не изменяется;
- в) при изменении одной переменной другая изменяется пропорционально первой.

32. Задачей корреляционного анализа является:

- а) установление связей между переменными;
- б) установление тесноты связи между случайными переменными;
- в) установление тесноты связи между случайной переменной и детерминированной (неслучайной) переменной;
- г) определение коэффициентов корреляции.

33. Коэффициент парной корреляции – есть:

- а) отношение корреляционного момента к произведению дисперсий двух переменных;
- б) отношение произведения отклонений случайных величин от их среднего значения к выборочным дисперсиям;
- в) ковариация двух случайных переменных.

34. Выборочный коэффициент линейной корреляции:

- а) находится на интервале $(+1) - (-1)$;
- б) если $r < 0$, то переменные уменьшаются одновременно;
- в) если $r > 0$, то переменные увеличиваются одновременно;
- г) $r < 0$, то при увеличении одной переменной другая уменьшается;
- д) находится на интервале $(0) - (+1)$.

35. При линейной корреляции между переменными (y, x) :

- а) $r_{y,x} = r_{x,y}$, если y и x нормально распределены;
- б) чем меньше значение r , тем слабее связь между переменными;
- в) r не изменится, если значения переменных уменьшатся в a раз;
- г) r изменится, если из значений переменных вычесть одно и то же число b ;
- д) наибольшая связь между переменными при $r = +1$;
- е) наименьшая связь между переменными при $r = -1$.

36. Коэффициенты частной и множественной корреляции определяются:

- а) на основе парных коэффициентов корреляции;
- б) по корреляционной матрице из выборочных коэффициентов линейной корреляции;
- в) на основе экспериментальных значений двух случайных переменных;
- г) на основе экспериментальных значений нескольких случайных переменных.

37. Коэффициент частной и множественной корреляции:

- а) коэффициент частной и множественной корреляции находятся на интервале $0 - (+1)$;
- б) коэффициент множественной корреляции находится на интервале $0 - (+1)$;
- в) коэффициент частной корреляции находится на интервале $(-1) - (+1)$;
- г) коэффициент частной корреляции – коэффициент различного порядка;
- д) коэффициент частной и множественной корреляции – коэффициенты первого порядка.

38. Задачей ранжирования факторов является:

- а) выявление факторов, влияющих на показатель качества;
- б) определение соотношения между факторами;
- в) определение зависимости показателя качества от факторов;
- г) определение важности факторов по их влиянию на показатель качества.

39. При ранжировании факторов используется метод:

- а) опроса специалистов, участвующих в эксперименте;
- б) опроса специалистов, понимающих существо задачи анализа;
- в) опроса специалистов разных организаций;
- г) опроса специалистов случайно выбранных.

40. Диаграмма рангов строится в координатах:

- а) сумма рангов – факторы;
- б) сумма рангов всех экспертов – факторы;
- в) сумма рангов всех экспертов – ранг каждого эксперта;
- г) сумма рангов всех экспертов каждого фактора – факторы.

41. Фактор влияет сильнее, если:

- а) сумма рангов больше;
- б) сумма рангов меньше;
- в) ранг данного фактора по всем экспертизам меньше;
- г) коэффициент весомости фактора больше.

42. Результат ранжирования достигнут, если:

- а) по сумме рангов факторы сильно различаются;
- б) по сумме рангов факторы мало отличаются;
- в) коэффициенты весомости факторов сильно различаются;
- г) коэффициенты весомости факторов равны.

43. Регрессионный анализ – это:

- а) способ описания зависимости случайной величины от неслучайной;
- б) способ аппроксимации экспериментальных результатов математической моделью;
- в) способ описания зависимости между собой двух или более случайных переменных.

44. Метод наименьших квадратов – это метод, в котором минимизируются:

- а) отклонения экспериментальных результатов от расчетных;
- б) модули отклонений экспериментальных и расчетных значений;
- в) квадраты отклонений экспериментальных и расчетных значений;
- г) сумма квадратов отклонений экспериментальных и расчетных значений.

45. При подборе аппроксимирующей модели:

- а) число расчетных уравнений равно их порядку (наивысшей степени фактора);
- б) число расчетных уравнений на единицу больше порядка;
- в) число расчетных уравнений выбирается и не связано с их порядком.

46. Проверка значимости (адекватности) модели (уравнения регрессии) состоит в сравнении:

- а) отношения отклонений экспериментальных и расчетных результатов (y) под влиянием фактора (x) к отклонениям экспериментальных результатов в параллельных опытах;
- б) отношения дисперсии адекватности к дисперсии опытов с табличным значением критерия Фишера (F);
- в) дисперсии адекватности ($S_{ад}$) с дисперсией опытов (S_y).

47. Оценка значимости коэффициентов модели осуществляется сравнением:

- а) дисперсии опыта с дисперсией фактора;
- б) отношения коэффициента к его среднеквадратичному отклонению с табличным значением t -критерия;
- в) коэффициента со своим среднеквадратичным отклонением.

Раздел 2 (ОПК-1.1, ОПК-2.1, ПК-1.1, ПК-2.1)

1. Планирование эксперимента – это:

- а) определение числа факторов, влияющих на показатель качества;
- б) выбор уровней факторов;
- в) выбор числа и условий проведения опытов для решения поставленной задачи;
- г) выбор регрессионной модели.

2. В полном факторном эксперименте:

- а) все факторы имеют одинаковое число уровней;
- б) число опытов соответствует числу факторов;
- в) число опытов – это полное сочетание уровней в факторном пространстве;
- г) факторы имеют разное число уровней.

3. В полном факторном эксперименте коэффициенты уравнения рассчитываются независимо, если:

- а) план эксперимента симметричен;
- б) план эксперимента ортогонален;
- в) план эксперимента не ортогонален и не симметричен;
- г) план эксперимента ортогонален и симметричен.

4. В дробном факторном эксперименте:

- а) уменьшается количество факторов;
- б) коэффициенты линейных эффектов смешаны с эффектами взаимодействия;
- в) уменьшается количество опытов;
- г) план ДФЭ является частью ПФЭ;
- д) в ДФЭ число опытов вдвое превышает число факторов ($2k$).

5. Оценку воспроизводимости опытов, значимости коэффициентов модели можно осуществить при:

- а) дублировании первого опыта;
- б) дублировании опытов в центре плана;
- в) дублировании опытов во всех точках факторного пространства;
- г) отсутствии ошибок при определении показателя качества.

6. Регрессионная модель адекватна экспериментальным значениям при:

- а) малом значении дисперсии опыта (S_y^2);
- б) малом значении дисперсии адекватности;
- в) большом значении дисперсии опыта (S_y^2);
- г) малом соотношении дисперсии адекватности к дисперсии опыта.

7. Композиционный план – это:

- а) план второго порядка;
- б) композиция из ядра плана и звездных точек;
- в) достройка плана первого порядка до плана второго порядка;
- г) композиция из ядра плана, звездных и нулевых точек.

8. План метода главных эффектов – это:

- а) план для факторов с разными уровнями;
- б) компромиссный план;
- в) равномерный план;
- г) план с вводимыми дополнительными факторами.

9. Модель метода главных эффектов:

- а) содержит только линейные члены;
- б) степень определяется уровнем последнего фактора;
- в) степень определяется фактором с наивысшим уровнем;
- г) модель не содержит эффектов взаимодействия.

10. Метод крутого восхождения – это:

- а) градиентный метод построения регрессионной модели нахождения оптимума;
- б) градиентный метод нахождения области оптимального значения показателя качества;
- в) аналитический метод нахождения оптимума на основе регрессионной модели.

11. Симплексный метод оптимизации – это:

- а) метод поиска оптимума путем «отображения» наихудшего результата;
- б) метод построения регрессионной модели для определения оптимума;
- в) метод определения значения факторов, при которых показатель оптимален.

Задания для промежуточных контрольных работ

Задание 1 (ОПК-2.1, ПК-1.1)

По данным эксперимента:

$T, ^\circ\text{C}$	50	60	70	70	70	70	80	90	100
$\rho, \text{кг/м}^3$	875,5	869,6	864,1	863,9	864,1	864	858,5	852,5	847

Было получено уравнение регрессии: $\rho(T) = -0,57T + 903,89$.

Оценить значимость коэффициентов. Записать полученную модель.

Задание 2 (ОПК-2.1, ПК-1.1)

Зависимость усилия прокатки P (МН) от переднего натяжения σ (МПа) приведено в таблице:

$\sigma, \text{МПа}$	20	60	100	120	150	180	200
$P, \text{МН}$	11	10,2	10	9,6	9,2	8,5	8,2

Определить коэффициенты уравнения регрессии: $P(\sigma) = a + b \ln(\sigma)$. Записать полученную модель.

Задание 3 (ОПК-2.1, ПК-1.1)

Определить вид зависимости кинематической вязкости масла МК-22 от температуры:

$T, ^\circ\text{C}$	10	20	30	40	50	60	70
$\nu \cdot 10^3, \text{м}^2/\text{с}$	3,897	2,060	0,693	0,341	0,187	0,110	0,071

Задание 4 (ОПК-2.1, ПК-1.1)

На основе данных, полученных при эксперименте:

$\alpha, ^\circ$	-40	-20	0	20	40	60
$p, \text{МН}/\text{м}^2$	36	52	65	60	43	18

путем аппроксимации была получена зависимость удельного гидростатического давления в подшипнике жидкостного трения от угла охвата масла: $y(x) = -0,01x^2 + 0,12x + 62,89$. Оценить ее адекватность.

Задание 5 (ОПК-2.1, ПК-1.1)

Найти множественный коэффициент корреляции, а также частные коэффициенты между параметрами:

$T, ^\circ\text{C}$	10	20	30	40	50
$\rho, \text{кг}/\text{м}^3$	898	892,5	886,5	881,0	875,5
$\mu, \text{Па} \cdot \text{с}$	2,43	1,0	0,47	0,24	0,13

Задание 6 (ОПК-2.1, ПК-1.1)

Зависимость удельной теплоемкости от температуры масла приведена в таблице:

$T, ^\circ\text{C}$	45	50	55	60	65	70	75
$C_p, \text{кДж}/(\text{кг} \cdot ^\circ\text{C})$	1,59	1,6	1,605	1,61	1,625	1,64	1,65

Построить функцию $C_p = C_p(T)$ и оценить ее ошибку.

Задание 7 (ОПК-2.1, ПК-1.1)

По данным эксперимента в качестве уравнения регрессии было предложено использовать следующие функции: $y(x) = 2,7 \exp(3,02x)$ и $y(x) = 36x - 2,46$.

Определить какая из зависимостей наиболее точно аппроксимирует экспериментальные данные?

X	0,2	0,35	0,4	0,55	0,60	0,65
Y	4,74	7,66	8,99	14,53	17,05	20,01

Задание 8 (ОПК-2.1, ПК-1.1)

По данным эксперимента рассчитать коэффициент корреляции и оценить его адекватность. Сделать выводы.

X	0,150	0,148	0,146	0,144	0,141
Y	3,550	1,860	0,620	0,303	0,164

Уровень значимости принять 0,05.

Задание 9 (ОПК-2.1, ПК-1.1)

В результате исследований получены данные о значениях износа валков калибровочного стана И (мм/1000 т) от содержания кремния Si (%) в чугунах, из которых изготовлены валки:

Si, %	2,15	2,25	2,30	2,35	2,55	2,70
И, мм/1000 т	0,125	0,142	0,175	0,152	0,210	0,265

Рекомендуется аппроксимировать экспериментальные данные следующей функцией:

$$y(x) = a e^{bx}$$

Задание 10 (ОПК-2.1, ПК-1.1)

По данным эксперимента получены данные о значениях стойкости свода печи T (сут) в зависимости от длительности плавки τ (ч):

τ , ч	3,5	4,0	4,5	5,5	6	6,5	6,7	7,2	7,6	8,0	8,6	8,8	9,0
T , сут	32	38	52	60	71	84	82	94	103	97	110	120	124

Определить коэффициент корреляции парной регрессии. Оценить его значимость.

Задание 11 (ОПК-2.1, ПК-1.1)

Построить уравнение регрессии по полученным экспериментальным данным значений производительности доменной печи P (т/сут) от расхода кокса z (т/сут):

P , т/сут	1225	1250	1275	1325	1350	1375	1425
z , т/сут	2550	2700	2650	2760	2780	2890	2860

Для описания зависимости предлагается принять функцию: $y(x) = a + \frac{b}{x}$. Оценить СКО.

Задание 12 (ОПК-2.1, ПК-1.1)

Определить вид зависимости динамической вязкости масла МС-20 от температуры:

T , °C	30,0	40,0	50,0	60,0	70,0
μ , Па·с	0,423	0,240	0,145	0,070	0,050

В качестве функции принять: $\mu(T) = a e^{bx}$. Определить значение динамической вязкости масла МС-20 при температуре 35 °C?

Задание 13 (ОПК-1.1, ПК-1.1)

Расписать вывод коэффициентов следующего уравнения регрессии, используя метод наименьших квадратов. Предварительно необходимо линеаризовать уравнение относительно коэффициентов: $y(x) = \sqrt{x} a b^{\ln(x)}$.

Задание 14 (ОПК-2.1, ПК-1.1)

По данным эксперимента, устанавливающих зависимость коэффициента теплопроводности от температуры, найти основные выборочные числовые характеристики:

T , °C	10	20	30	40	50	60	70
λ , Дж/(м·с·°C)	0,135	0,134	0,132	0,131	0,130	0,129	0,128

Задание 15 (ОПК-1.1, ПК-1.1)

Расписать вывод коэффициентов следующего уравнения регрессии, используя метод наименьших квадратов:

$$y(x) = \frac{1}{ax + b}.$$

Задание 16 (ОПК-1.1, ПК-1.1)

Расписать вывод коэффициентов следующего уравнения регрессии, используя метод наименьших квадратов:

$$y(x) = \frac{a}{x + b}.$$

Задание 17 (ОПК-1.1, ПК-1.1)

Изобразите блок-схему алгоритма определения коэффициентов уравнения линейной регрессии методом наименьших квадратов.

Задание 18 (ОПК-1.1, ПК-1.1)

Изобразите блок-схему алгоритма обработки результатов эксперимента 2^3 .

Задание 19 (ОПК-1.1, ПК-1.1)

Изобразите блок-схему поиска оптимума методом симплексного планирования эксперимента по двум факторам.

5.2. Перечень работ, выполняемых в процессе изучения дисциплины

Практическая работа №1. Построение и оценка физических моделей.

Практическая работа №2. Обработка результатов эксперимента методом полного факторного эксперимента.

Практическая работа №3. Использование дробного факторного эксперимента I порядка.

Практическая работа №4. Использование композиционных факторных планов II порядка.

Практическая работа №5. Использование градиентных методов последовательного достижения экстремума.

Практическая работа №6. Определение оптимальных режимов резания симплекс-методом.

При изучении дисциплины предусмотрено два домашних задания:

1. Обработка результатов эксперимента с использованием метода наименьших квадратов (ОПК-1.1, ПК-1.1, ПК-2.1).

2. Обработка результатов полного факторного эксперимента (ОПК-1.1, ОПК-2.1, ПК-1.1, ПК-2.1).

5.3. Оценочные материалы (оценочные средства), используемые для экзамена

Учебным планом экзамен не предусмотрен.

5.4. Методика оценки результатов обучения по дисциплине

В семестре 3 по курсу предусмотрен зачет. Возможна простановка зачета на основе результатов текущей аттестации в течение семестра 3: защит практических работ и домашних заданий, сдачи контрольной работы и тестирования после изучения каждого раздела.

Показатели и критерии оценивания сформированности компетенций приведены в таблице 2 и 3.

Таблица 2. Показатели оценивания результатов обучения в виде знаний

Шкала оценивания	Критерии оценивания
«Зачтено»	демонстрирует знание теоретического материала, его последовательное изложение, способность приводить примеры, допускает единичные ошибки, исправляемые после замечания преподавателя
«Не зачтено»	демонстрирует существенные пробелы в знании теоретического материала, не способен его изложить и ответить на наводящие вопросы преподавателя, не может привести примеры

Таблица 3. Показатели оценивания результатов обучения в виде умений и владений

Шкала оценивания	Критерии оценивания
«Зачтено»	демонстрирует способность применять знание теоретического материала при выполнении заданий, последовательно и правильно выполняет задания, умеет обоснованно излагать свои мысли и делать необходимые выводы, допускает единичные ошибки, исправляемые после замечания преподавателя
«Не зачтено»	не способен правильно выполнить задание

6. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

а) Основная литература:

Обозначение	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л 1.1	Марков Б.Л., Кирсанов А.А.	Физическое моделирование в металлургии	НТБ СТИ НИТУ «МИСиС»	М.: Металлургия, 1984
Л 1.2	Соловьев В.П., Богатов Е.М.	Организация эксперимента: учебное пособие	НТБ СТИ НИТУ «МИСиС»	Старый Оскол: ТНТ, 2012
Л 1.3	Адлер Ю.П.	Введение в планирование экспериментов: учебное пособие	Электронно-библиотечная система IPR BOOKS. Режим доступа: http://www.iprbookshop.ru/98844.html	Москва: Издательский Дом МИСиС, 2014

б) Дополнительная литература:

Обозначение	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Л 2.1	Кирсанов А.А.	Основы применения безразмерных величин, физическое подобие, моделирование	НТБ СТИ НИТУ «МИСиС»	Липецк: ЛЭГИ, 2000
Л 2.2	Крамаренко Н. В.	Методы подобию в механике: анализ уравнений: учебное пособие	ЭБС «Университетская библиотека ONLINE». Режим доступа: http://biblioclub.ru/index.php?page=book_red&id=575480	Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, 2018
Л 2.3	Шурин К.В., Косых Д.А.	Методика и практика планирования и организации эксперимента: практикум	ЭБС «Университетская библиотека ONLINE». Режим доступа: http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=260761	Оренбург: Оренбургский государственный университет, 2012

в) Перечень методических материалов, ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», программного обеспечения и информационных справочных систем и профессиональных баз данных, необходимый для освоения дисциплины

Обозначение	Авторы, составители	Заглавие	Библиотека	Издательство, год
Перечень методических материалов				
Л 3.1	Кабулова Е.Г., Титова А.П.	Физическое моделирование машиностроительных процессов: методические указания к выполнению домашнего задания	НТБ СТИ НИТУ «МИСиС»	Старый Оскол: СТИ НИТУ «МИСиС», 2020
Л 3.2	Кабулова Е.Г., Титова А.П.	Физическое моделирование машиностроительных процессов: практикум	НТБ СТИ НИТУ «МИСиС»	Старый Оскол: СТИ НИТУ «МИСиС», 2020

Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»	
Э 1	Физическое моделирование https://www.youtube.com/watch?v=V7mPJ3skmVU
Э 2	Планирование экспериментов в промышленности и технике https://www.youtube.com/watch?v=QskHHAt2JB8
Перечень программного обеспечения	
П 1	Microsoft Windows
П 2	Microsoft Office
Перечень информационных справочных систем и профессиональных баз данных	
И 1	Электронная библиотека НИТУ «МИСиС». Доступ: http://elibrary.misis.ru
И 2	Электронная библиотечная система «Университетская библиотека» ONLINE. Доступ https://biblioclub.ru/
И 3	Электронно-библиотечная система «IPR BOOKS». Доступ: http://www.iprbookshop.ru/
И 4	Научная электронная библиотека «eLIBRARY.RU». Доступ: https://elibrary.ru

7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

Аудитория №213 (309516, Белгородская обл., г. Старый Оскол, микрорайон Макаренко, дом 40б)

Лаборатория эконометрических и статистических исследований

Перечень основного оборудования, учебно-наглядных пособий:

- комплект мебели для преподавателя,
- комплект мебели для обучающихся на 25 посадочных мест,
- доска аудиторная,
- компьютер-моноблок – 10 шт.,
- компьютер,
- проектор,
- экран настенный.

Помещение для самостоятельной работы обучающихся

Аудитория №107 (309516, Белгородская обл., г. Старый Оскол, микрорайон Макаренко, дом 3а)

Лаборатория САПР

- комплект мебели для преподавателя,
- комплект мебели для обучающихся на 24 посадочных мест,
- доска аудиторная,
- компьютер – 8 шт.,
- проектор,
- экран настенно-потолочный.

В помещении для самостоятельной работы обучающихся имеется подключение к сети «Интернет» и доступ в электронную информационно-образовательную среду организации.

8. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ИЗУЧЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

Для успешного освоения дисциплины «Физическое моделирование машиностроительных процессов» обучающемуся необходимо:

1. Посещать все виды занятий.
2. Своевременно зарегистрироваться на рекомендованные электронные ресурсы.
3. При возникновении любых вопросов по содержанию курса и организации работы своевременно обращаться к преподавателю (в часы очных консультаций, через Microsoft Teams

или LMS Canvas (приказ НИТУ «МИСиС» № 387о.в. от 05.06.2018 г. «О применении в учебном процессе ЭИОС»).

4. Отчеты по практическим работам и домашние задания рекомендуется выполнять с использованием Microsoft Office, допускается выполнять в рукописном виде.

5. Качественное освоение дисциплины возможно только при систематической самостоятельной работе, что поддерживается системой текущей аттестации.