



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

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



УТВЕРЖДАЮ
Директор ИЭиАС
В.Р. Храмшин

10.02.2023 г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

ТЕОРИЯ ЭКСПЕРИМЕНТА И НАУКА О ДАННЫХ

Направление подготовки (специальность)
27.03.04 Управление в технических системах

Направленность (профиль/специализация) программы
Системы и средства автоматизации технологических процессов

Уровень высшего образования - бакалавриат

Форма обучения
очная

Институт/ факультет	Институт энергетики и автоматизированных систем
Кафедра	Автоматизированных систем управления
Курс	2, 3
Семестр	4, 5

Магнитогорск
2023 год

Рабочая программа составлена на основе ФГОС ВО - бакалавриат по направлению подготовки 27.03.04 Управление в технических системах (приказ Минобрнауки России от 31.07.2020 г. № 871)

Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры Автоматизированных систем управления

25.01.2023, протокол № 7

Зав. кафедрой _____ С.М. Андреев

Рабочая программа одобрена методической комиссией ИЭиАС

10.02.2023 г. протокол № 7

Председатель _____ В.Р. Храмшин

Рабочая программа составлена:

доцент кафедры АСУ, канд. техн. наук _____ Е.С. Рябчикова

Рецензент:

зам. директора ЗАО "Консом СКС" , канд. техн. наук

Ю.Н. Волщук



Лист актуализации рабочей программы

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2024 - 2025 учебном году на заседании кафедры Автоматизированных систем управления

Протокол от _____ 20__ г. № ____
Зав. кафедрой _____ С.М. Андреев

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2025 - 2026 учебном году на заседании кафедры Автоматизированных систем управления

Протокол от _____ 20__ г. № ____
Зав. кафедрой _____ С.М. Андреев

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2026 - 2027 учебном году на заседании кафедры Автоматизированных систем управления

Протокол от _____ 20__ г. № ____
Зав. кафедрой _____ С.М. Андреев

Рабочая программа пересмотрена, обсуждена и одобрена для реализации в 2027 - 2028 учебном году на заседании кафедры Автоматизированных систем управления

Протокол от _____ 20__ г. № ____
Зав. кафедрой _____ С.М. Андреев

1 Цели освоения дисциплины (модуля)

- формирование у обучающихся способности выполнять экспериментальные исследования характеристик систем и объектов автоматизации по заданным методикам;
- формирование у обучающихся способности выбирать современные способы и средства обработки результатов эксперимента;
- формирование у обучающихся способности производить обработку результатов эксперимента с применением современных информационных технологий и технических средств.

2 Место дисциплины (модуля) в структуре образовательной программы

Дисциплина Теория эксперимента и наука о данных входит в обязательную часть учебного плана образовательной программы.

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

Метрология и средства измерений

Введение в направление

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

Электрические измерения

Электроника в управляющих устройствах

Технические измерения и приборы

Подготовка к процедуре защиты и процедура защиты выпускной квалификационной работы

Подготовка к сдаче и сдача государственного экзамена

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

В результате освоения дисциплины (модуля) «Теория эксперимента и наука о данных» обучающийся должен обладать следующими компетенциями:

Код индикатора	Индикатор достижения компетенции
ОПК-9	Способен выполнять эксперименты по заданным методикам и обрабатывать результаты с применением современных информационных технологий и технических средств
ОПК-9.1	Выполняет экспериментальные исследования характеристик систем и объектов автоматизации по заданным методикам
ОПК-9.2	Выбирает современные способы и средства обработки результатов эксперимента
ОПК-9.3	Производит обработку результатов эксперимента с применением современных информационных технологий и технических средств

4. Структура, объём и содержание дисциплины (модуля)

Общая трудоемкость дисциплины составляет 7 зачетных единиц 252 акад. часов, в том числе:

- контактная работа – 107,85 акад. часов;
- аудиторная – 105 акад. часов;
- внеаудиторная – 2,85 акад. часов;
- самостоятельная работа – 144,15 акад. часов;
- в форме практической подготовки – 0 акад. час;

Форма аттестации - зачет, зачет с оценкой

Раздел/ тема дисциплины	Семестр	Аудиторная контактная работа (в акад. часах)			Самостоятельная работа студента	Вид самостоятельной работы	Форма текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации	Код компетенции
		Лек.	лаб. зан.	практ. зан.				
1. Структура эксперимента								
1.1 Взаимосвязи между известными задачами экспериментальных исследований и методами их решения на основе анализа данных.	4	2			8	Самостоятельное изучение учебной литературы. Подготовка к собеседованию	Собеседование	ОПК-9.1, ОПК-9.2, ОПК-9.3
Итого по разделу		2			8			
2. Планирование эксперимента								
2.1 Масштабирование факторов. Планы первого и второго порядков.	4	6		14	28	Самостоятельное изучение учебной литературы. Подготовка к собеседованию. Подготовка к практическим работам. Выполнение домашних контрольных работ	Собеседование Устный опрос по практическим работам. Контрольные работы	ОПК-9.1, ОПК-9.2, ОПК-9.3
Итого по разделу		6		14	28			
3. Введение в статистическую обработку данных								
3.1 Характеристики случайных величин. Моделирование одномерных и многомерных случайных величин.	4	3		6/1,9И	20,05	Самостоятельное изучение учебной литературы. Подготовка к собеседованию. Подготовка к практической работе	Собеседование Устный опрос по практической работе	ОПК-9.1, ОПК-9.2, ОПК-9.3

3.2	Статистические оценки параметров распределений, применяемых при обработке экспериментальных данных и проверке гипотез (Фишера, Стьюдента, Пирсона и др.). Воспроизводимость эксперимента.	4		10	20	Самостоятельное изучение учебной литературы. Подготовка к собеседованию. Подготовка к практической работе	Собеседование Устный опрос по практической работе	ОПК-9.1, ОПК-9.2, ОПК-9.3	
Итого по разделу		7		16/1,9И	40,05				
4. Статистический анализ результатов полнофакторного эксперимента									
4.1	Анализ результатов ПФЭ на значимость коэффициентов линии регрессии и на адекватность регрессионной модели	4	2	4	16	Самостоятельное изучение учебной литературы. Подготовка к собеседованию. Подготовка к практической работе	Собеседование Устный опрос по практической работе	ОПК-9.1, ОПК-9.2, ОПК-9.3	
Итого по разделу		2		4	16				
Итого за семестр		17		34/1,9И	92,05		зачёт		
5. Создание статистических моделей по данным пассивного эксперимента									
5.1	Проблемы выборки данных пассивного эксперимента и способы их решения. Создание моделей на базе ИНС.	5	2		22	Самостоятельное изучение учебной литературы. Подготовка к собеседованию.	Собеседование	ОПК-9.1, ОПК-9.2, ОПК-9.3	
5.2	Искусственные нейронные сети (ИНС)		6		4	17	Самостоятельное изучение учебной литературы. Подготовка к собеседованию. Подготовка к практической работе	Собеседование. Устный опрос по практической работе	ОПК-9.1, ОПК-9.2, ОПК-9.3
5.3	Оценка адекватности модели ИНС с помощью ошибок обучения и обобщения		6		4	4	Самостоятельное изучение учебной литературы. Подготовка к собеседованию. Подготовка к практической работе	Собеседование. Устный опрос по практической работе	ОПК-9.1, ОПК-9.2, ОПК-9.3
5.4	Анализ регрессионных остатков модели ИНС		22		10	9,1	Самостоятельное изучение учебной литературы. Подготовка к собеседованию. Подготовка к практической работе	Собеседование. Устный опрос по практической работе	ОПК-9.1, ОПК-9.2, ОПК-9.3
Итого по разделу		36		18	52,1				

Итого за семестр	36		18	52,1		зао	
Итого по дисциплине	53		52/1,9 И	144,1 5		зачет, зачет с оценкой	

5 Образовательные технологии

Для реализации предусмотренных видов учебной работы в качестве образовательных технологий в преподавании дисциплины «Теория и техника инженерного эксперимента» используются:

Традиционные образовательные технологии – информационная лекция (вводную лекцию, где дает первое представление о предмете и знакомство студентов с назначением и задачами курса); лекции – консультации, изложение нового материала сопровождается постановкой вопросов и дискуссией в поисках ответов на эти вопросы; лабораторные работы.

Технологии проблемного обучения – проблемные лекции является результатом усвоения полученной информации посредством постановки проблемного вопроса и поиска путей его решения; лабораторные занятия с использованием проблемного обучения, которое заключается в стимулировании студентов к самостоятельной «добыче» знаний, необходимых для решения конкретной проблемы.

Технологии проектного обучения – организация образовательного процесса в соответствии с алгоритмом поэтапного решения проблемной задачи или выполнения учебного задания.

Информационно-коммуникационные образовательные технологии – в ходе проведения лекционных занятий предусматривается использование электронного демонстрационного материала (лекции-визуализации), использование Интернет ресурсов для промежуточных аттестаций и проверки остаточных знаний.

6 Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся

Представлено в приложении 1.

7 Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации

Представлены в приложении 2.

8 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины (модуля)

а) Основная литература:

1. Рябчиков, М. Ю. Теория и техника инженерного эксперимента: курс лекций : учебное пособие / М. Ю. Рябчиков, Е. С. Рябчикова. - Магнитогорск : МГТУ, 2012. - 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). - Загл. с титул. экрана. - URL: <https://magtu.informsystema.ru/uploader/fileUpload?name=1012.pdf&show=dcatalogues/1/1119225/1012.pdf&view=true> (дата обращения: 13.05.2023). - Макрообъект. - Текст : электронный. - Сведения доступны также на CD-ROM.

2. Методология научных исследований. Постановка и проведение эксперимента : учебное пособие / [Р. Р. Дема, Р. Н. Амиров, М. В. Харченко, Е. А. Слепова] ; МГТУ. - Магнитогорск : МГТУ, 2017. - 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). - Загл. с титул. экрана. - URL: <https://magtu.informsystema.ru/uploader/fileUpload?name=2943.pdf&show=dcatalogues/1/1134720/2943.pdf&view=true> (дата обращения: 13.05.2023). - Макрообъект. - Текст : электронный. - Сведения доступны также на CD-ROM.

б) Дополнительная литература:

1. Оншин, Н. В. Основы теории планирования инженерного эксперимента : учебное пособие / Н. В. Оншин ; МГТУ. - Магнитогорск, 2009. - 146 с. : ил., табл. - URL: <https://magtu.informsystema.ru/uploader/fileUpload?name=279.pdf&show=dcatalogues/1/1061152/279.pdf&view=true> (дата обращения: 13.05.2023). - Макрообъект. - Текст : электронный. - Имеется

печатный аналог.

2. Рубин, Г. Ш. Планирование эксперимента : учебное пособие / Г. Ш. Рубин, Е. Г. Касаткина, И. А. Михайловский ; МГТУ. - Магнитогорск : МГТУ, 2017. - 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). - Загл. с титул. экрана. - URL: <https://magtu.informsystema.ru/uploader/fileUpload?name=3040.pdf&show=dcatalogues/1/1135025/3040.pdf&view=true> (дата обращения: 13.05.2023). - Макрообъект. - Текст : электронный. - Сведения доступны также на CD-ROM.

3. Акманова, З. С. Статические методы обработки экспериментальных данных : электронное учебное пособие / З. С. Акманова, Н. И. Кимайкина. - Б. м. : Б. и., Б. г. - 1 электрон. опт. диск (CD-ROM). - Загл. с титул. экрана. - URL: <https://magtu.informsystema.ru/uploader/fileUpload?name=971.pdf&show=dcatalogues/1/1119068/971.pdf&view=true> (дата обращения: 13.05.2023). - Макрообъект. - Текст : электронный. - Сведения доступны также на CD-ROM.

4. Логунова, О. С. Теория и практика обработки экспериментальных данных на ЭВМ : учебное пособие / О. С. Логунова, Е. А. Ильина, В. В. Павлов ; МГТУ, каф. ВТиПМ. - Магнитогорск, 2011. - 294 с. : ил., табл. - URL: <https://magtu.informsystema.ru/uploader/fileUpload?name=366.pdf&show=dcatalogues/1/1079145/366.pdf&view=true> (дата обращения: 13.05.2023). - Макрообъект. - Текст : электронный. - Имеется печатный аналог.

5. Семенов, Б. А. Инженерный эксперимент в промышленной теплотехнике, теплоэнергетике и теплотехнологиях : учебное пособие / Б. А. Семенов. — 2-е изд., доп. — Санкт-Петербург : Лань, 2013. — 400 с. — ISBN 978-5-8114-1392-8. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/5107> (дата обращения: 13.05.2023). — Режим доступа: для авториз. пользователей.

в) Методические указания:

1. Рябчиков, М. Ю. Планирование эксперимента и обработка результатов измерений : практикум / М. Ю. Рябчиков, Е. С. Рябчикова ; МГТУ. - Магнитогорск, 2013. - 141 с. : ил., гистогр., граф., схемы, табл. - URL: <https://magtu.informsystema.ru/uploader/fileUpload?name=619.pdf&show=dcatalogues/1/1107849/619.pdf&view=true> (дата обращения: 13.05.2023). - Макрообъект. - Текст : электронный. - ISBN 978-5-9967-0379-1. - Имеется печатный аналог.

г) Программное обеспечение и Интернет-ресурсы:

Программное обеспечение

Наименование ПО	№ договора	Срок действия лицензии
MS Office 2003 Professional	№ 135 от 17.09.2007	бессрочно
7Zip	свободно распространяемое	бессрочно
FAR Manager	свободно распространяемое	бессрочно

Профессиональные базы данных и информационные справочные системы

Название курса	Ссылка
Электронная база периодических изданий East View Information Services, ООО «ИВИС»	https://dlib.eastview.com/
Национальная информационно-аналитическая система – Российский индекс научного цитирования (РИНЦ)	URL: https://elibrary.ru/project_risc.asp

Поисковая система Академия Google (Google Scholar)	URL: https://scholar.google.ru/
Информационная система - Единое окно доступа к информационным	URL: http://window.edu.ru/
Федеральное государственное бюджетное учреждение «Федеральный институт	URL: http://www1.fips.ru/
Российская Государственная библиотека. Каталоги	https://www.rsl.ru/ru/4readers/catalogues/
Электронные ресурсы библиотеки МГТУ им. Г.И. Носова	https://magtu.informsystema.ru/Marc.html?locale=ru
Университетская информационная система РОССИЯ	https://uisrussia.msu.ru
Международная база полнотекстовых журналов Springer Journals	http://link.springer.com/
Международная реферативная и полнотекстовая справочная база данных научных изданий «Springer	https://www.nature.com/siteindex
Архив научных журналов «Национальный электронно-информационный	https://archive.neicon.ru/xmlui/

9 Материально-техническое обеспечение дисциплины (модуля)

Материально-техническое обеспечение дисциплины включает:

1. Учебные аудитории для проведения занятий лекционного типа (ауд. 437)
Мультимедийные средства хранения, передачи и представления информации
2. Учебная аудитория для проведения лабораторных работ: компьютерный класс (ауд. 448)
Персональные компьютеры с пакетом MS Office, выходом в Интернет и с доступом в электронную информационно-образовательную среду университета
3. Помещения для самостоятельной работы обучающихся (ауд. 448)
Персональные компьютеры с пакетом MS Office, выходом в Интернет и с доступом в электронную информационно-образовательную среду университета
4. Учебные аудитории для групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточных консультаций (ауд. 448)
Доска, мультимедийный проектор, экран
5. Помещение для хранения и профилактического обслуживания учебного оборудования (ауд. 445)
Стеллажи для хранения учебно-методической документации

Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы студентов по дисциплине «Теория эксперимента и наука о данных»

По дисциплине «Теория эксперимента и наука о данных» предусмотрена аудиторная и внеаудиторная самостоятельная работа обучающихся.

Аудиторная самостоятельная работа студентов предполагает выполнение практических работ и доклад по полученным результатам, а также устный опрос о порядке выполнения лабораторной работы, полученным умениям и навыкам. Внеаудиторная самостоятельная работа предполагает самостоятельно изучение учебной литературы, а также выполнение домашних контрольных работ.

Примерные вопросы для устного опроса по выполненным лабораторным работам

Тема практической работы	Вопросы для устного опроса
Структура эксперимента. Случайные величины	<ol style="list-style-type: none"> 1. Перечислите основные этапы эксперимента. 2. Дайте понятие фактора и отклика. 3. В каком случае эксперимент является воспроизводимым? 4. Чем характеризуется активный эксперимент? Каковы его достоинства и недостатки? 5. Перечислите основные задачи планирования активного эксперимента. 6. Чем характеризуется пассивный эксперимент? 7. В чем заключается метод сэмпинга? 8. На чем основан корреляционный анализ данных? 9. На чем основан дисперсионный анализ данных? 10. Какие существуют классификаторы при выборе типа модели? 11. Какие должны выполняться требования, чтобы модель была адекватной? 12. Что такое коэффициент детерминации? Как его можно использовать для оценки достоверности модели? 13. Что такое случайная величина? Какими способами она может быть описана? 14. Что показывает функция плотности распределения? Каковы ее свойства. 15. Что показывает интегральный закон распределения? Каковы свойства интегральной функции распределения вероятности? 16. Перечислите основные виды законов распределения случайной величины и нарисуйте для них графики функции плотности распределения.
Моделирование одномерной случайной величины	<ol style="list-style-type: none"> 1. Какие действия необходимо выполнить для определения параметров закона распределения случайной величины? 2. Каким образом определяется число интервалов разбиения? 3. Методика построения диаграммы накопленных частот. 4. Методика построения гистограммы выборки. 5. Как с помощью интегральной функции распределения вероятности определить вероятность попадания случайной величины в заданный диапазон?

Тема практической работы	Вопросы для устного опроса
	<ol style="list-style-type: none"> 6. Как с помощью дифференциальной функции распределения вероятности определить вероятность попадания случайной величины в заданный диапазон? 7. На базе каких случайных величин может быть смоделирована случайная величина, распределенная по нормальному закону распределения? 8. Сформулируйте алгоритм генерации случайной величины, распределенной по нормальному закону с заданными параметрами a и σ.
Планирование при активном эксперименте	<ol style="list-style-type: none"> 1. Какова цель планирования эксперимента? 2. Для чего нужно масштабирование входных параметров? 3. Напишите структуру регрессионной модели в общем виде. 4. Поясните, каким образом можно провести масштабирование входных параметров, на примере двух факторов. 5. Напишите общий вид функции отклика в полиномиальном виде, для кодированных факторов. 6. Напишите вид полного квадратичного полинома для двух факторов. 7. Поясните суть ортогонального планирования эксперимента. 8. Каковы особенности планов полного факторного эксперимента? 9. Что означает основание 2 в ПФЭ 2^n? 10. Как рассчитываются коэффициенты функции отклика для ПФЭ? 11. Составьте матрицу планирования для ПФЭ 2^2 и запишите функцию отклика. 12. Составьте матрицу планирования для ПФЭ 2^3 и запишите функцию отклика. 13. Каковы особенности плана ПФЭ 2^n?
Планирование при дробном факторном эксперименте	<ol style="list-style-type: none"> 1. Каковы особенности планов дробного факторного эксперимента? 2. Составьте матрицу планирования для ДФЭ 2^{3-1} и запишите функцию отклика. 3. Как рассчитываются коэффициенты функции отклика для ДФЭ?
Планы второго порядка. Борьба с систематической погрешностью	<ol style="list-style-type: none"> 1. Каковы особенности планов второго порядка? 2. Каким образом строятся планы второго порядка? 3. Что входит в состав плана ОЦКП? 4. Каким образом определяется общее количество точек в плане ОЦКП? 5. Нарисуйте Графическое представление ОЦКП при $n=3$ 6. Каким образом определяются параметры a и α в ОЦКП? 7. Составьте план ОЦКП при трех факторах в общем случае. 8. Как рассчитываются коэффициенты функции отклика для ОЦКП? 9. Какие могут возникнуть проблемы применения планов ПФЭ и ОЦКП при создании модели объекта с системой

Тема практической работы	Вопросы для устного опроса
	<p>автоматического управления?</p> <p>10. В каких случаях возникает систематическая погрешность при проведении эксперимента? Какими способами можно исключить ее влияние?</p>
<p>Воспроизводимость эксперимента. Критерии Стьюдента и Фишера</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. В чем заключается условие воспроизводимости эксперимента? 2. Напишите и поясните формулу критерия Стьюдента. Для чего он используется? 3. Каким образом необходимо представить экспериментальную информацию о значениях изучаемого параметра для использования критерия Стьюдента? 4. Нарисуйте и поясните график функции плотности вероятности Стьюдента. 5. Как определяется число степеней свободы для критерия Стьюдента? 6. Каким образом с помощью критерия Стьюдента можно производить отбраковку грубых ошибок в результатах повторных опытов? 7. Напишите и поясните формулу критерия Фишера. 8. Что описывает F-распределение? 9. Нарисуйте график интегральной функции распределения Фишера. Что можно из него определить? 10. Каким образом оценивается воспроизводимость плана, если имеются дисперсии? 11. Напишите и поясните формулу дисперсии воспроизводимости плана. 12. Каким образом можно осуществить проверку адекватности модели, созданной по данным активного эксперимента? 13. Как рассчитывается дисперсия адекватности? Для чего ее используют? 14. Каким образом можно исключить из модели слабые факторы?
<p>Корреляционный и дисперсионный анализ</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Что лежит в основе корреляционного анализа? 2. Напишите и поясните формулу коэффициента корреляции. 3. Приведите примеры значения коэффициента корреляции при разных видах зависимости между X_1 и X_2. 4. Каким образом можно использовать коэффициент корреляции в задачах управления? 5. Что показывает корреляционная функция? Где она применяется? 6. Что такое АКФ и ЧАКФ? Чем они отличаются? Поясните с помощью графиков. 7. В чем суть модели авторегрессии – проинтегрированного скользящего среднего ARIMA? 8. Для чего используют дисперсионный анализ? В чем его смысл? Поясните на примере, в случае, когда некоторая случайная величина зависит от двух действующих на неё

Тема практической работы	Вопросы для устного опроса
<p>Пассивный эксперимент. Модели на базе искусственных нейронных сетей</p>	<p>факторов А и В.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Каким образом можно применить искусственные обучаемые нейронные сети при планировании эксперимента? 2. Нарисуйте конструкцию многослойного перцептрона в общем виде. 3. Как происходит процесс обучения ИНС? 4. Поясните суть метода обучения ИНС, получившего название метода “обратного распространения ошибки”. 5. Нарисуйте конструкцию двухслойного перцептрона. 6. Что является минимизируемой целевой функцией ошибки ИНС (формула)? 7. Поясните алгоритм обучения НС с помощью процедуры обратного распространения. 8. Каким образом можно повысить эффективность метода “обратного распространения ошибки”?
<p>Оценка адекватности моделей, созданных на базе пассивного эксперимента</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Что понимается под ошибкой обучения? 2. Что понимается под ошибкой обобщения? 3. Нарисуйте и поясните график зависимости ошибок обучения и обобщения от объема обучающей выборки. 4. Нарисуйте и поясните график зависимости ошибок обучения от размера нейронной сети при заданном размере выборки. 5. Нарисуйте и поясните график зависимости ошибок обучения и обобщения от объема обучающей выборки для сетей разного размера. 6. Что такое адекватность модели и чем она отличается от точности модели? 7. Почему для адекватности модели необходимо, чтобы ошибки обучения и обобщения были равны? 8. В каких случаях применяется анализ регрессионных остатков? 9. Опишите примерную структуру анализа регрессионных остатков. 10. Какие можно использовать методы для проверки гипотезы о равенстве среднего нулю? 11. В чем состоит суть критерия Пирсона? 12. Каким образом проверяется постоянство дисперсий регрессионных остатков? 13. В чем заключается тест Голфилда – Кванта? 14. Поясните суть расчета статистики Дарбина-Уотсона для проверки требования независимости регрессионных остатков.

Контрольная работа №1
«Планирование активного полнофакторного эксперимента»

Необходимо самостоятельно составить план ПФЭ согласно варианту задания и реализовать нужные для отыскания коэффициентов расчеты с применением Excel. Проверить точность созданной модели во всех точках плана и в трех точках вне плана,

рассчитав абсолютную, относительную и приведенную погрешность. При проведении расчетов для точек вне плана самостоятельно решить задачу масштабирования для подстановки значений факторов в модель.

Варианты:

1. Составить план эксперимента ПФЭ 2^2 . Найти коэффициенты b . Для получения значений отклика использовать выражение $Y=0,25*X_1+X_2$. Здесь X_1, X_2 - абсолютные (не приведенные) значения факторов, которые лежат в диапазоне $[2;3]$.
2. Составить план эксперимента ПФЭ 2^3 . Найти коэффициенты b и проверить точность полученного выражения в точках плана. Для получения значений отклика использовать выражение $Y=X_1+X_2+X_1*X_2+0*X_3$. Здесь X_1, X_2, X_3 - абсолютные (не приведенные) значения факторов, которые лежат в диапазоне $[-2;0]$.
3. Составить план эксперимента ПФЭ 2^2 . Найти коэффициенты b . Для получения значений отклика использовать выражение $Y=0,2*X_1+X_1*X_2$. Здесь X_1, X_2 - абсолютные (не приведенные) значения факторов, которые лежат в диапазоне $[-2;1]$.
4. Составить план эксперимента ПФЭ 2^3 . Найти коэффициенты b и проверить точность полученного выражения в точках плана. Для получения значений отклика использовать выражение $Y=X_1+2*X_2+X_1*X_2+0,5*X_3$. Здесь X_1, X_2, X_3 - абсолютные (не приведенные) значения факторов, которые лежат в диапазоне $[0;0,5]$.
5. Составить план эксперимента ПФЭ 2^2 . Найти коэффициенты b . Для получения значений отклика использовать выражение $Y=0,45*X_1+X_2$. Здесь X_1, X_2 - абсолютные (не приведенные) значения факторов, которые лежат в диапазоне $[1;3]$.
6. Составить план эксперимента ПФЭ 2^3 . Найти коэффициенты b и проверить точность полученного выражения в точках плана. Для получения значений отклика использовать выражение $Y=X_1+2*X_2+0,5*X_1*X_2+0,5*X_3$. Здесь X_1, X_2, X_3 - абсолютные (не приведенные) значения факторов, которые лежат в диапазоне $[-0,5;0,5]$.
7. Составить план эксперимента ПФЭ 2^2 . Найти коэффициенты b . Для получения значений отклика использовать выражение $Y=X_1+0,25*X_2$. Здесь X_1, X_2 - абсолютные (не приведенные) значения факторов, которые лежат в диапазоне $[2;3]$.
8. Составить план эксперимента ПФЭ 2^3 . Найти коэффициенты b и проверить точность полученного выражения в точках плана. Для получения значений отклика использовать выражение $Y=X_1+0,25*X_2+X_1*X_2+0,25*X_3$. Здесь X_1, X_2, X_3 - абсолютные (не приведенные) значения факторов, которые лежат в диапазоне $[-1;0,5]$.
9. Составить план эксперимента ПФЭ 2^3 . Найти коэффициенты b и проверить точность полученного выражения в точках плана. Для получения значений отклика использовать выражение $Y=X_1+0,5*X_2+0,5*X_1*X_3+0,5*X_3$. Здесь X_1, X_2, X_3 - абсолютные (не приведенные) значения факторов, которые лежат в диапазоне $[-2;2]$.
10. Составить план эксперимента ПФЭ 2^2 . Найти коэффициенты b . Для получения значений отклика использовать выражение $Y=0,15*X_1+0,25*X_2$. Здесь X_1, X_2 - абсолютные (не приведенные) значения факторов, которые лежат в диапазоне $[2;4]$.
11. Составить план эксперимента ПФЭ 2^3 . Найти коэффициенты b и проверить точность полученного выражения в точках плана. Для получения значений отклика использовать выражение $Y=X_1+X_2+X_1*X_3+X_3$. Здесь X_1, X_2, X_3 - абсолютные (не приведенные) значения факторов, которые лежат в диапазоне $[-2;2]$.

12. Составить план эксперимента ПФЭ 2^2 . Найти коэффициенты b . Для получения значений отклика использовать выражение $Y=0,15*X_1+0,15*X_2$. Здесь X_1, X_2 - абсолютные (не приведенные) значения факторов, которые лежат в диапазоне [1;4].
13. Составить план эксперимента ПФЭ 2^3 . Найти коэффициенты b и проверить точность полученного выражения в точках плана. Для получения значений отклика использовать выражение $Y=0,5*X_1+X_2+X_3*X_2+0,5*X_3$. Здесь X_1, X_2, X_3 - абсолютные (не приведенные) значения факторов, которые лежат в диапазоне [-3;-2].
14. Составить план эксперимента ПФЭ 2^3 . Найти коэффициенты b и проверить точность полученного выражения в точках плана. Для получения значений отклика использовать выражение $Y=0,25*X_1+X_2+X_3*X_2+0,25*X_3$. Здесь X_1, X_2, X_3 - абсолютные (не приведенные) значения факторов, которые лежат в диапазоне [2;3].
15. Составить план эксперимента ПФЭ 2^2 . Найти коэффициенты b . Для получения значений отклика использовать выражение $Y=0,1*X_1+0,35*X_2$. Здесь X_1, X_2 - абсолютные (не приведенные) значения факторов, которые лежат в диапазоне [2;3].
16. Составить план эксперимента ПФЭ 2^3 . Найти коэффициенты b и проверить точность полученного выражения в точках плана. Для получения значений отклика использовать выражение $Y=0,25*X_1+2*X_2+X_1*X_2+0,5*X_3$. Здесь X_1, X_2, X_3 - абсолютные (не приведенные) значения факторов, которые лежат в диапазоне [-4;-2].
17. Составить план эксперимента ПФЭ 2^3 . Найти коэффициенты b и проверить точность полученного выражения в точках плана. Для получения значений отклика использовать выражение $Y=0,2*X_1+0,2*X_2+X_1*X_2+0,5*X_3$. Здесь X_1, X_2, X_3 - абсолютные (не приведенные) значения факторов, которые лежат в диапазоне [-2;1].
18. Составить план эксперимента ПФЭ 2^3 . Найти коэффициенты b и проверить точность полученного выражения в точках плана. Для получения значений отклика использовать выражение $Y=0,5*X_1+0,5*X_2+X_3*X_2+0,5*X_3$. Здесь X_1, X_2, X_3 - абсолютные (не приведенные) значения факторов, которые лежат в диапазоне [-1;1].

Контрольная работа №2

«Планирование ОЦКП»

Необходимо самостоятельно составить план ОЦКП согласно варианту задания и реализовать необходимые для отыскания коэффициентов расчеты с применением Excel. Проверить точность созданной модели во всех точках плана и в трех точках вне плана, рассчитав абсолютную, относительную и приведенную погрешность. При проведении расчетов для точек вне плана самостоятельно решить задачу масштабирования для подстановки значений факторов в модель.

Варианты:

1. Составить план эксперимента ОЦКП. Найти коэффициенты b . Для получения значений отклика использовать выражение $Y=0,25*X_1^2+X_2^2$. Здесь X_1, X_2 - абсолютные (не приведенные) значения факторов, которые лежат в диапазоне [2;3].
2. Составить план эксперимента ОЦКП. Найти коэффициенты b и проверить точность полученного выражения в точках плана. Для получения значений отклика

абсолютные (не приведенные) значения факторов, которые лежат в диапазоне $[-1;1,5]$.

15. Составить план эксперимента ОЦКП. Найти коэффициенты b и проверить точность полученного выражения в точках плана. Для получения значений отклика использовать выражение $Y=X_1^2+0,3*X_2^2+0,5*X_1*X_3+0,2*X_3$. Здесь X_1, X_2, X_3 - абсолютные (не приведенные) значения факторов, которые лежат в диапазоне $[-1,5;2]$.

Контрольная работа №3

Планирование дробного факторного эксперимента

Самостоятельно составить план ДФЭ согласно варианту задания, рассчитать коэффициенты уравнения линии регрессии. Проверить точность созданной модели во всех точках плана и в трех точках вне плана, рассчитав абсолютную, относительную и приведенную погрешность. При проведении расчетов для точек вне плана самостоятельно решить задачу масштабирования для подстановки значений факторов в модель.

Контрольная работа выполняется от руки, на листе бумаги, и сдается преподавателю на проверку.

Варианты:

19. Составить план эксперимента ДФЭ 2^{3-1} . Найти коэффициенты b . Для получения значений отклика использовать выражение $Y=0,25*X_1+X_2+0,3*X_3$. Здесь X_1, X_2, X_3 - абсолютные (не приведенные) значения факторов, которые лежат в диапазоне $[2;3]$.
20. Составить план эксперимента ДФЭ 2^{3-1} . Найти коэффициенты b и проверить точность полученного выражения в точках плана. Для получения значений отклика использовать выражение $Y=X_1+X_2+X_1*X_2+0,2*X_3$. Здесь X_1, X_2, X_3 - абсолютные (не приведенные) значения факторов, которые лежат в диапазоне $[-2;0]$.
21. Составить план эксперимента ДФЭ 2^{3-1} . Найти коэффициенты b . Для получения значений отклика использовать выражение $Y=0,2*X_1+X_1*X_2+0,3*X_3$. Здесь X_1, X_2, X_3 - абсолютные (не приведенные) значения факторов, которые лежат в диапазоне $[-2;1]$.
22. Составить план эксперимента ДФЭ 2^{3-1} . Найти коэффициенты b и проверить точность полученного выражения в точках плана. Для получения значений отклика использовать выражение $Y=X_1+2*X_2+X_1*X_2+0,5*X_3$. Здесь X_1, X_2, X_3 - абсолютные (не приведенные) значения факторов, которые лежат в диапазоне $[0;0,5]$.
23. Составить план эксперимента ДФЭ 2^{3-1} . Найти коэффициенты b и проверить точность полученного выражения в точках плана. Для получения значений отклика использовать выражение $Y=0,45*X_1+X_2+0,2*X_3$. Здесь X_1, X_2, X_3 - абсолютные (не приведенные) значения факторов, которые лежат в диапазоне $[1;3]$.
24. Составить план эксперимента ДФЭ 2^{3-1} . Найти коэффициенты b и проверить точность полученного выражения в точках плана. Для получения значений отклика использовать выражение $Y=X_1+2*X_2+0,5*X_1*X_2+0,5*X_3$. Здесь X_1, X_2, X_3 - абсолютные (не приведенные) значения факторов, которые лежат в диапазоне $[-0,5;0,5]$.
25. Составить план эксперимента ДФЭ 2^{3-1} . Найти коэффициенты b и проверить точность полученного выражения в точках плана. Для получения значений отклика использовать выражение $Y=X_1+0,25*X_2+X_1*X_2+0,25*X_3$. Здесь X_1, X_2, X_3 - абсолютные (не приведенные) значения факторов, которые лежат в диапазоне $[-1;0,5]$.
26. Составить план эксперимента ДФЭ 2^{3-1} . Найти коэффициенты b и проверить точность полученного выражения в точках плана. Для получения значений отклика

Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации
по дисциплине «Теория эксперимента и наука о данных»

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

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
ОПК-9: Способен выполнять эксперименты по заданным методикам и обрабатывать результаты с применением современных информационных технологий и технических средств		
ОПК-9.1	Выполняет экспериментальные исследования характеристик систем и объектов автоматизации по заданным методикам	<p>Теоретические вопросы:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Перечислите основные методы и формы проведения эксперимента. 2. Перечислите основные этапы проведения эксперимента. 3. Организация сбора экспериментальной информации в условиях крупного производства, управляемого распределенной системой включающей контроллеры и станции SCADA систем. 4. Структура распределенной системой управления производством включающей контроллеры и станции SCADA систем. 5. Обмен данным через DDE. 6. Особенности программирования DDE на Delphi / VBA. 7. Понятие OPC. 8. Способы обмена данными через OPC. 9. Какова цель планирования эксперимента? 10. Для чего нужно масштабирование входных параметров? 11. Напишите структуру регрессионной модели в общем виде. 12. Поясните, каким образом можно провести масштабирование входных параметров, на примере двух факторов. 13. Напишите общий вид функции отклика в полиномиальном виде, для кодированных факторов. 14. Напишите вид полного квадратичного полинома для двух факторов. 15. Поясните суть ортогонального планирования эксперимента. 16. Каковы особенности планов полного факторного эксперимента? 17. Что означает основание 2 в ПФЭ 2ⁿ? 18. Как рассчитываются коэффициенты функции отклика для ПФЭ?

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		<p>19. Составьте матрицу планирования для ПФЭ 2^2 и запишите функцию отклика.</p> <p>20. Составьте матрицу планирования для ПФЭ 2^3 и запишите функцию отклика.</p> <p>21. Каковы особенности плана ПФЭ 2^n?</p> <p>22. Каковы особенности планов дробного факторного эксперимента?</p> <p>23. Составьте матрицу планирования дляДФЭ 2^{3-1} и запишите функцию отклика.</p> <p>24. Как рассчитываются коэффициенты функции отклика дляДФЭ?</p> <p>25. Каковы особенности планов второго порядка?</p> <p>26. Каким образом строятся планы второго порядка?</p> <p>27. Что входит в состав плана ОЦКП?</p> <p>28. Каким образом определяется общее количество точек в плане ОЦКП?</p> <p>29. Нарисуйте Графическое представление ОЦКП при $n=3$</p> <p>30. Каким образом определяются параметры a и α в ОЦКП?</p> <p>31. Составьте план ОЦКП при трех факторах в общем случае.</p> <p>32. Как рассчитываются коэффициенты функции отклика для ОЦКП?</p> <p>33. Какие могут возникнуть проблемы применения планов ПФЭ и ОЦКП при создании модели объекта с системой автоматического управления?</p> <p>34. В каких случаях возникает систематическая погрешность при проведении эксперимента? Какими способами можно исключить ее влияние?</p> <p>35. Каким образом можно применить искусственные обучаемые нейронные сети при планировании эксперимента?</p> <p>36. Как происходит процесс обучения ИНС?</p> <p>37. Поясните суть метода обучения ИНС, получившего название метода “обратного распространения ошибки”.</p> <p>38. Что является минимизируемой целевой функцией ошибки ИНС (формула)?</p> <p>39. Поясните алгоритм обучения НС с помощью процедуры обратного распространения. Каким образом можно повысить эффективность метода “обратного распространения ошибки”?</p> <p>Практические задания:</p> <p>1. Составить план эксперимента ПФЭ 2^3. Найти коэффициенты b и проверить точность полученного выражения в точках плана. Для получения значений</p>

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		<p>отклика использовать выражение $Y=X_1+2*X_2+X_1*X_2+0,5*X_3$. Здесь X_1, X_2, X_3 - абсолютные (не приведенные) значения факторов, которые лежат в диапазоне $[0;0,5]$.</p> <p>2. Составить план экспериментаДФЭ 2^{3-1}. Найти коэффициенты b и проверить точность полученного выражения в точках плана. Для получения значений отклика использовать выражение $Y=X_1+X_2+X_1*X_2+0*X_3$. Здесь X_1, X_2, X_3 - абсолютные (не приведенные) значения факторов, которые лежат в диапазоне $[-2;0]$.</p> <p>3. Составить план экспериментаОЦКП. Найти коэффициенты b. Для получения значений отклика использовать выражение $Y=0,25*X_1^2+X_2^2$. Здесь X_1, X_2 - абсолютные (не приведенные) значения факторов, которые лежат в диапазоне $[2;3]$.</p> <p>4. Нарисуйте конструкцию многослойного перцептрона в общем виде.</p> <p>5. Нарисуйте конструкцию двухслойного перцептрона.</p> <p>6. Для функции $x_1^2+x_2^2$ и диапазона изменения аргументов функции $[0;5]$ создать выборку данных для обучения функции размером 20 наборов. Произвести обучение двух вариантов ИНС по сформированной выборке (обучение 3000 эпох):</p> <ul style="list-style-type: none"> • нет скрытых слоев; • 1 скрытый слой – 10 нейронов. <p>Создать выборку данных для теста функции размером 100 наборов. Провести тестирование ИНС, определив значения показателей – средней ошибки, среднеквадратичной ошибки и максимальной ошибки.</p>
ОПК-9.2	Выбирает современные способы и средства обработки результатов эксперимента	<p>Теоретические вопросы:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. В чем заключается условие воспроизводимости эксперимента? 2. Напишите и поясните формулу критерия Стьюдента. Для чего он используется? 3. Каким образом необходимо представить экспериментальную информацию о значениях изучаемого параметра для использования критерия Стьюдента? 4. Нарисуйте и поясните график функции плотности вероятности Стьюдента. 5. Как определяется число степеней свободы для критерия Стьюдента? 6. Каким образом с помощью критерия Стьюдента можно производить отбраковку грубых ошибок в результатах повторных опытов?

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		<ol style="list-style-type: none"> 7. Напишите и поясните формулу критерия Фишера. 8. Что описывает F-распределение? 9. Нарисуйте график интегральной функции распределения Фишера. Что можно из него определить? 10. Каким образом оценивается воспроизводимость плана, если имеются дисперсии? 11. Напишите и поясните формулу дисперсии воспроизводимости плана. 12. Каким образом можно осуществить проверку адекватности модели, созданной по данным активного эксперимента? 13. Как рассчитывается дисперсия адекватности? Для чего ее используют? 14. Каким образом можно исключить из модели слабозначащие факторы? 15. Что лежит в основе корреляционного анализа? 16. Напишите и поясните формулу коэффициента корреляции. 17. Приведите примеры значения коэффициента корреляции при разных видах зависимости между X_1 и X_2. 18. Каким образом можно использовать коэффициент корреляции в задачах управления? 19. Что показывает корреляционная функция? Где она применяется? 20. Что такое АКФ и ЧАКФ? Чем они отличаются? Поясните с помощью графиков. 21. В чем суть модели авторегрессии – проинтегрированного скользящего среднего ARIMA? 22. Для чего используют дисперсионный анализ? В чем его смысл? Поясните на примере, в случае, когда некоторая случайная величина зависит от двух действующих на неё факторов А и В. 23. Что понимается под ошибкой обучения? 24. Что понимается под ошибкой обобщения? 25. Что такое адекватность модели и чем она отличается от точности модели? 26. Почему для адекватности модели необходимо, чтобы ошибки обучения и обобщения были равны? 27. В каких случаях применяется анализ регрессионных остатков? 28. Опишите примерную структуру анализа регрессионных остатков. 29. Какие можно использовать методы для проверки гипотезы о равенстве среднего нулю? 30. В чем состоит суть критерия Пирсона?

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства																								
		31. Каким образом проверяется постоянство дисперсий регрессионных остатков? 32. В чем заключается тест Голфилда – Кванта? Поясните суть расчета статистики Дарбина-Уотсона для проверки требования независимости регрессионных остатков.																								
ОПК-9.3	Производит обработку результатов эксперимента с применением современных информационных технологий и технических средств	<p>Практические задания:</p> <ol style="list-style-type: none"> В результате 4-х повторных опытов получены значения 7, 1, 3, 2. Следует ли считать значение 7 грубой ошибкой (браком)? Задан уровень значимости 0,05. Каков физический смысл уровня значимости в данном случае? <table border="1" data-bbox="639 880 1495 954"> <tr> <td>$\alpha=0,05$</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Степени свободы</td> <td>1</td> <td>2</td> <td>3</td> <td>4</td> <td>5</td> <td>6</td> <td>7</td> </tr> <tr> <td>кр. Стьюдента</td> <td>12,70615</td> <td>4,302656</td> <td>3,182449</td> <td>2,776451</td> <td>2,570578</td> <td>2,446914</td> <td>2,364623</td> </tr> </table> <ol style="list-style-type: none"> Отфильтровать исходные данные, сгенерированные в программе, от ошибок измерения, с использованием критерия Стьюдента. С использованием критерия Фишера оценить постоянство дисперсий в экспериментальных выборках и независимо от результата рассчитать средневзвешенное значение дисперсий в исследуемых выборках одинакового размера. С использованием критерия Стьюдента проверить воспроизводимость среднего в экспериментальных выборках одинакового размера. Нарисуйте и поясните график зависимости ошибок обучения и обобщения от объема обучающей выборки. Нарисуйте и поясните график зависимости ошибок обучения от размера нейронной сети при заданном размере выборки. Нарисуйте и поясните график зависимости ошибок обучения и обобщения от объема обучающей выборки для сетей разного размера. Для заданной ИНС рассчитать ошибки обучения и обобщения. Сопоставить ошибки обучения и обобщения с теоретическими зависимостями и выбрать новый дополнительный размер выборки и новый дополнительный размер ИНС таким образом, чтобы полученные в итоге зависимости соответствовали теоретическим зависимостям. Используя заданную функцию и указанные пределы по факторам сгенерировать массив из 100 значений для каждого фактора и рассчитать для каждой полученной комбинации факторов значение выходного параметра. Для генерации случайной 	$\alpha=0,05$								Степени свободы	1	2	3	4	5	6	7	кр. Стьюдента	12,70615	4,302656	3,182449	2,776451	2,570578	2,446914	2,364623
$\alpha=0,05$																										
Степени свободы	1	2	3	4	5	6	7																			
кр. Стьюдента	12,70615	4,302656	3,182449	2,776451	2,570578	2,446914	2,364623																			

Структурный элемент компетенции	Планируемые результаты обучения	Оценочные средства
		<p>величины использовать функцию excel СЛЧИС. Данная функция генерирует равномерно распределенную случайную величину в диапазоне [0;1]. Используя сгенерированные наборы данных, рассчитать коэффициент корреляции между откликом и каждым из факторов. $Y=X_1^2+X_2+X_1*X_2^2+0,1*X_3$. Здесь $X_1, X_2, X_3 \in [-2;0]$.</p>

б) Порядок проведения промежуточной аттестации, показатели и критерии оценивания:

Промежуточная аттестация по дисциплине «Теория эксперимента и наука о данных» включает теоретические вопросы, позволяющие оценить уровень усвоения обучающимися знаний, и практические задания, выявляющие степень сформированности умений и владений, проводится в форме зачета с оценкой.

Зачет с оценкой по данной дисциплине проводится в устной форме.

Показатели и критерии оценивания зачета с оценкой:

– 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.

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

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