

**ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ  
ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

Основы теории нечетких множеств и нечеткой логики

**Код модуля**  
1160713(1)

**Модуль**  
Прикладные методы теории радиоэлектронных  
систем и комплексов

**Екатеринбург**

Оценочные материалы составлены автором(ами):

<b>№ п/п</b>	<b>Фамилия, имя, отчество</b>	<b>Ученая степень, ученое звание</b>	<b>Должность</b>	<b>Подразделение</b>
1	Ухов Алексей Дмитриевич	без ученой степени, без ученого звания	Старший преподаватель	департамент радиоэлектроники и связи
2	Язовский Александр Афонасьевич	кандидат технических наук, доцент	Доцент	департамент радиоэлектроники и связи

**Согласовано:**

Управление образовательных программ

Т.Г. Комарова

**Авторы:**

- Язовский Александр Афонасьевич, Доцент, департамент радиоэлектроники и связи

**1. СТРУКТУРА И ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ Основы теории нечетких множеств и нечеткой логики**

1.	Объем дисциплины в зачетных единицах	2	
2.	Виды аудиторных занятий	Лекции Лабораторные занятия	
3.	Промежуточная аттестация	Зачет	
4.	Текущая аттестация	Контрольная работа	1
		Отчет по лабораторным работам	1

**2. ПЛАНИРУЕМЫЕ РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ (ИНДИКАТОРЫ) ПО ДИСЦИПЛИНЕ МОДУЛЯ Основы теории нечетких множеств и нечеткой логики**

Индикатор – это признак / сигнал/ маркер, который показывает, на каком уровне обучающийся должен освоить результаты обучения и их предъявление должно подтвердить факт освоения предметного содержания данной дисциплины, указанного в табл. 1.3 РПМ-РПД.

Таблица 1

Код и наименование компетенции	Планируемые результаты обучения (индикаторы)	Контрольно-оценочные средства для оценивания достижения результата обучения по дисциплине
1	2	3
ПК-1 -Способен осуществлять анализ состояния научно-технической проблемы, определять цели и выполнять постановку задач проектирования	З-1 - Определять стадии проектирования П-1 - Иметь практический опыт определения стадий проектирования П-2 - Иметь практический опыт разработки технического задания на проектирование У-1 - Разрабатывать техническое задание на проектирование	Зачет Контрольная работа Лекции
ПК-2 -Способен разрабатывать структурные и функциональные схемы радиоэлектронных	З-1 - Сформулировать принципы проектирования радиоэлектронных систем и комплексов П-1 - Иметь практический опыт разработки принципиальных	Зачет Лабораторные занятия Отчет по лабораторным работам

систем и комплексов, а также принципиальные схемы радиоэлектронных устройств с применением современных САПР и пакетов прикладных программ	схем РЭУ с применением современных САПР и пакетов прикладных программ У-1 - Проводить расчеты характеристик радиоэлектронных устройств, радиоэлектронных систем и комплексов	
ПК-5 -Способен выполнять математическое моделирование объектов и процессов по типовым методикам, в том числе с использованием стандартных пакетов прикладных программ	З-1 - Описывать методы и алгоритмы моделирования процессов в радиоэлектронике, радиотехнических системах и устройствах П-1 - Иметь практический опыт разработки и создания имитационных моделей с помощью стандартных пакетов прикладных программ У-1 - Пользоваться типовыми методиками моделирования объектов и процессов	Зачет Лабораторные занятия Отчет по лабораторным работам
ПК-6 -Способен решать задачи оптимизации существующих и новых технических решений в условиях априорной неопределенности с применением пакетов прикладных программ	З-1 - Описывать методы оптимизации существующих и новых технических решений в условиях априорной неопределенности П-1 - Имеет практический опыт оптимизации проектируемых радиоэлектронных систем и комплексов У-1 - Применять современный математический аппарат для решения задачи оптимизации	Зачет Лабораторные занятия

### **3. ПРОЦЕДУРЫ КОНТРОЛЯ И ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ В РАМКАХ ТЕКУЩЕЙ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ МОДУЛЯ В БАЛЬНО-РЕЙТИНГОВОЙ СИСТЕМЕ (ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ КАРТА БРС)**

#### **3.1. Процедуры текущей и промежуточной аттестации по дисциплине**

**1. Лекции: коэффициент значимости совокупных результатов лекционных занятий – 0.4**

Текущая аттестация на лекциях	Сроки – семестр, учебная неделя	Максимальная оценка в баллах
<i>контрольная работа</i>	5,8	50
<i>активность студента на занятии</i>	5,17	50
<b>Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по лекциям – 0.5</b>		
<b>Промежуточная аттестация по лекциям – зачет</b>		
<b>Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по лекциям – 0.5</b>		
<b>2. Практические/семинарские занятия: коэффициент значимости совокупных результатов практических/семинарских занятий – не предусмотрено</b>		
Текущая аттестация на практических/семинарских занятиях	Сроки – семестр, учебная неделя	Максимальная оценка в баллах
<b>Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по практическим/семинарским занятиям– не предусмотрено</b>		
<b>Промежуточная аттестация по практическим/семинарским занятиям–нет</b>		
<b>Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по практическим/семинарским занятиям– не предусмотрено</b>		
<b>3. Лабораторные занятия: коэффициент значимости совокупных результатов лабораторных занятий –0.6</b>		
Текущая аттестация на лабораторных занятиях	Сроки – семестр, учебная неделя	Максимальная оценка в баллах
<i>отчет по лабораторным работам</i>	5,17	100
<b>Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по лабораторным занятиям -1</b>		
<b>Промежуточная аттестация по лабораторным занятиям –нет</b>		
<b>Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по лабораторным занятиям – не предусмотрено</b>		
<b>4. Онлайн-занятия: коэффициент значимости совокупных результатов онлайн-занятий –не предусмотрено</b>		
Текущая аттестация на онлайн-занятиях	Сроки – семестр, учебная неделя	Максимальная оценка в баллах
<b>Весовой коэффициент значимости результатов текущей аттестации по онлайн-занятиям -не предусмотрено</b>		
<b>Промежуточная аттестация по онлайн-занятиям –нет</b>		
<b>Весовой коэффициент значимости результатов промежуточной аттестации по онлайн-занятиям – не предусмотрено</b>		

### 3.2. Процедуры текущей и промежуточной аттестации курсовой работы/проекта

Текущая аттестация выполнения курсовой работы/проекта	Сроки – семестр, учебная неделя	Максимальная оценка в баллах

Весовой коэффициент текущей аттестации выполнения курсовой работы/проекта– **не предусмотрено**

Весовой коэффициент промежуточной аттестации выполнения курсовой работы/проекта– защиты – **не предусмотрено**

#### 4. КРИТЕРИИ И УРОВНИ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ МОДУЛЯ

4.1. В рамках БРС применяются утвержденные на кафедре/институте критерии (признаки) оценивания достижений студентов по дисциплине модуля (табл. 4) в рамках контрольно-оценочных мероприятий на соответствие указанным в табл.1 результатам обучения (индикаторам).

Таблица 4

##### Критерии оценивания учебных достижений обучающихся

Результаты обучения	Критерии оценивания учебных достижений, обучающихся на соответствие результатам обучения/индикаторам
Знания	Студент демонстрирует знания и понимание в области изучения на уровне указанных индикаторов и необходимые для продолжения обучения и/или выполнения трудовых функций и действий, связанных с профессиональной деятельностью.
Умения	Студент может применять свои знания и понимание в контекстах, представленных в оценочных заданиях, демонстрирует освоение умений на уровне указанных индикаторов и необходимых для продолжения обучения и/или выполнения трудовых функций и действий, связанных с профессиональной деятельностью.
Опыт /владение	Студент демонстрирует опыт в области изучения на уровне указанных индикаторов.
Другие результаты	Студент демонстрирует ответственность в освоении результатов обучения на уровне запланированных индикаторов. Студент способен выносить суждения, делать оценки и формулировать выводы в области изучения. Студент может сообщать преподавателю и коллегам своего уровня собственное понимание и умения в области изучения.

4.2 Для оценивания уровня выполнения критериев (уровня достижений обучающихся при проведении контрольно-оценочных мероприятий по дисциплине модуля) используется универсальная шкала (табл. 5).

Таблица 5

##### Шкала оценивания достижения результатов обучения (индикаторов) по уровням

Характеристика уровней достижения результатов обучения (индикаторов)			
№ п/п	Содержание уровня выполнения критерия оценивания результатов обучения (выполненное оценочное задание)	Шкала оценивания	
		Традиционная характеристика уровня	Качественная характеристика уровня

1.	Результаты обучения (индикаторы) достигнуты в полном объеме, замечаний нет	Отлично (80-100 баллов)	Зачтено	Высокий (В)
2.	Результаты обучения (индикаторы) в целом достигнуты, имеются замечания, которые не требуют обязательного устранения	Хорошо (60-79 баллов)		Средний (С)
3.	Результаты обучения (индикаторы) достигнуты не в полной мере, есть замечания	Удовлетворительно (40-59 баллов)		Пороговый (П)
4.	Освоение результатов обучения не соответствует индикаторам, имеются существенные ошибки и замечания, требуется доработка	Неудовлетворительно (менее 40 баллов)	Не зачтено	Недостаточный (Н)
5.	Результат обучения не достигнут, задание не выполнено	Недостаточно свидетельств для оценивания		Нет результата

## 5. СОДЕРЖАНИЕ КОНТРОЛЬНО-ОЦЕНОЧНЫХ МЕРОПРИЯТИЙ ПО ДИСЦИПЛИНЕ МОДУЛЯ

### 5.1. Описание аудиторных контрольно-оценочных мероприятий по дисциплине модуля

#### 5.1.1. Лекции

Самостоятельное изучение теоретического материала по темам/разделам лекций в соответствии с содержанием дисциплины (п. 1.2. РПД)

#### 5.1.2. Лабораторные занятия

Примерный перечень тем

1. Построение нечеткой системы на основе схемы Мамдани
2. Синтез регулятора на основе нечёткой логики в среде MATLAB
3. Настройка системы авторегулирования в виде PID-регулятора в среде MATLAB

SIMULINK

4. Использование регулятора на нечёткой логике в системе авторегулирования LMS-платформа – не предусмотрена

### 5.2. Описание внеаудиторных контрольно-оценочных мероприятий и средств текущего контроля по дисциплине модуля

Разноуровневое (дифференцированное) обучение.

## Базовый

#### 5.2.1. Контрольная работа

Примерный перечень тем

1. Нахождение основных характеристик нечеткого множества.
2. Операции над нечеткими множествами.

### 3. Лингвистические переменные. Формализация составных термов. Примерные задания

#### Контрольная работа № 1

Контрольная работа состоит из трех заданий.

1. Нахождение основных характеристик нечеткого множества.
2. Операции над нечеткими множествами.
3. Лингвистические переменные. Формализация составных термов.

Варианты заданий определяются по двум последним цифрам номера зачетной книжки (в соответствующей ячейке таблицы через запятую указаны номера вариантов для 1-го, 2-го и 3-го заданий).

Предпол. цифра	Последняя цифра									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	10,9,7	1,1,1	2,2,2	3,3,3	4,4,4	5,5,5	6,6,6	7,7,7	8,8,8	9,9,9
1	10,10,10	1,2,4	2,3,5	3,4,6	4,5,7	5,6,8	6,7,9	7,8,10	8,9,1	9,10,2
2	10,1,3	1,3,7	2,4,8	3,5,9	4,6,10	5,7,1	6,8,2	7,9,3	8,10,4	9,1,5
3	10,2,6	1,4,10	2,5,1	3,6,2	4,7,3	5,8,4	6,9,5	7,10,6	8,1,7	9,2,8
4	10,3,9	1,5,3	2,6,4	3,7,5	4,8,6	5,9,7	6,10,8	7,1,9	8,2,10	9,3,1
5	10,4,2	1,6,8	2,7,9	3,8,10	4,9,1	5,10,2	6,1,3	7,2,4	8,3,5	9,4,6
6	10,5,5	1,7,9	2,8,10	3,9,1	4,10,2	5,1,3	6,2,4	7,3,5	8,4,6	9,5,7
7	10,6,8	1,8,2	2,9,3	3,10,4	4,1,5	5,2,6	6,3,7	7,4,8	8,5,9	9,6,10
8	10,7,1	1,9,5	2,10,6	3,1,7	4,2,8	5,3,9	6,4,10	7,5,1	8,6,2	9,7,3
9	10,8,4	1,10,6	2,1,7	3,2,8	4,3,9	5,4,10	6,5,1	7,6,2	8,7,3	9,8,4

Например, если номер оканчивается на 35 (соответствующая ячейка таблицы содержит номера 5, 8, 4), то необходимо выполнить: задание 1 – вариант 5, задание 2 – вариант 8, задание 3 – вариант 4.

#### **Литература и методические материалы**

##### *Основные*

1. Презентация к установочной лекции.
2. Основные понятия теории нечетких множеств (pdf-файл).
3. Операции нечеткой логики, лингвистические переменные (pdf-файл).
4. Функции принадлежности и операции нечеткой логики (документ Mathcad).
5. Крутлов В.В., Длин М.И., Голунов Р.Ю. Нечеткая логика и искусственные нейронные сети (глава 1, разделы 1.1-1.3).



**Задание 1. Нахождение основных характеристик нечеткого множества**

1.1. Для заданного дискретного нечеткого множества  $A$  найти носитель, ядро, множества уровня (для заданных значений  $\alpha$ ). Указать, является ли данное множество нормальным.

№ вар.	$A$	$\alpha$	
1	{1/1; 0,9/2; 0,7/3; 0,3/4; 0/5; 0/6; 0,4/7; 0,8/8; 1/9}	0,6	0,9
2	{0,1/-2; 0,3/-1; 0/0; 0,6/1; 0,8/2; 1/3; 0,6/4; 0,4/5; 0,1/6}	0,5	0,8
3	{0,9/1; 0,8/2; 0,3/3; 0,1/4; 0,2/5; 0,4/6; 0,6/7; 0,4/8}	0,4	0,7
4	{0,1/-2; 0,3/-1; 0,9/0; 1/1; 1/2; 0,8/3; 0,5/4}	0,5	0,7
5	{0,2/1; 0,5/2; 0,7/3; 0,9/4; 1/5; 0,7/6; 0,3/7}	0,5	0,8
6	{0,1/3; 0,4/4; 0,8/5; 1/6; 0,6/7; 0,3/8}	0,4	0,7
7	{0,2/-2; 0,3/-1; 0,7/0; 1/1; 0,6/2; 0,3/3; 0,1/4}	0,3	0,8
8	{0,1/-1; 0,4/0; 0,9/1; 1/2; 1/3; 0,6/4; 0,3/5; 0,2/6}	0,3	0,7
9	{0,1/1; 0,5/2; 0,7/3; 0,8/4; 0,6/5; 0,4/6}	0,6	0,9
10	{0,9/5; 0,8/6; 0,5/7; 0,4/8; 0,1/9}	0,4	0,7

1.2. Для заданного непрерывного нечеткого множества:

-записать уравнение и построить график функции принадлежности;

-определить носитель и ядро;

-найти общий вид множеств уровня (зависящий от параметра  $\alpha$ ).

№ вар.	Модель функции принадлежности	Параметры
1	несимметричная экспоненциальная	$a_1 = 1; b_1 = 4; a_2 = 3; b_2 = 2$
2	линейная	$a = -1; b = 2; c = 5; d = 7$
3	несимметричная экспоненциальная	$a_1 = -2; b_1 = 4; a_2 = 1; b_2 = 3$
4	колоколообразная	$a = 1,5; b = 2,5; c = 1$
5	симметричная экспоненциальная	$a = -2; b = 3$
6	квадратичная	$a = -3; b = -1; c = 1; d = 5$
7	линейная	$a = 1; b = 4; c = 3; d = 6$
8	колоколообразная	$a = 2; b = 2; c = 5$
9	симметричная экспоненциальная	$a = 5; b = 2$
10	квадратичная	$a = 2; b = 7; c = 8; d = 16$

**Задание 2. Операции над нечеткими множествами**

2.1. Для заданных нечетких множеств  $A$  и  $B$  на множестве  $X$  определить результат выполнения операций, используя заданные операторы Т- и S-норм.

Варианты 1-4:

$X = \{1; 2; \dots; 8\}$ ;  $A = \{0,1/1; 0,5/2; 0,7/3; 1/4; 0,9/5; 0,7/6; 0,4/7\}$ ;  $B = \{0,3/2; 0,5/3; 0,7/4; 0,8/5; 1/6; 0,6/7; 0,3/8\}$ .

Варианты 5-7:

$X = \{-2; -1; \dots; 4\}$ ;  $A = \{0,3/-1; 0,6/0; 1/1; 0,6/2; 0,3/3\}$ ;  $B = \{0,1/-2; 0,3/-1; 0,9/0; 1/1; 1/2; 0,8/3; 0,5/4\}$ .

Варианты 8-10:

$X = \{-1; 0; \dots; 6\}$ ;  $A = \{0,4/-1; 0,9/0; 1/1; 0,6/2; 0,8/3; 0,5/4; 0,1/5\}$ ;  $B = \{0,1/0; 0,6/1; 0,8/2; 1/3; 1/4; 0,6/5; 0,2/6\}$ .

№ вар.	Найти	T-норма	S-норма
1	$B \setminus A, A \setminus B$	минимум	вероятностная
2	$\overline{AB}, \overline{A \cap B}$	вероятностная	Лукасевича
3	$A \setminus B, A \cup B$	Лукасевича	максимум
4	$\overline{AB}, \overline{A \cap B}$	минимум	Лукасевича
5	$A \cap B, A \cup B$	вероятностная	максимум
6	$A \setminus B, A \cup B$	Лукасевича	вероятностная
7	$\overline{AB}, \overline{A \cap B}$	вероятностная	Лукасевича
8	$A \cap B, A \cup B$	Лукасевича	максимум
9	$B \setminus A, A \setminus B$	минимум	Лукасевича
10	$A \cap B, A \cup B$	вероятностная	максимум

*Примечание.* Разность нечетких множеств:  $A \setminus B = A \cap \overline{B}$ .

2.2. Выполнить те же самые операции, но для непрерывных нечетких множеств, заданных на области определения  $X = [-5, 15]$ . Построить графики функций принадлежности исходных и результирующих множеств.

Варианты 1-4:

$A$  – квадратичная функция принадлежности с параметрами (1, 2, 2, 6);  $B$  – квадратичная функция принадлежности с параметрами (2, 5, 7, 9). Варианты 5-7:

$A$  – линейная функция принадлежности с параметрами (1, 5, 7, 11);  $B$  – линейная функция принадлежности с параметрами (-3, 2, 2, 6). Варианты 8-10:

$A$  – экспоненциальная функция принадлежности с параметрами (1, 2);  $B$  – экспоненциальная функция принадлежности с параметрами (7, 3).

## LMS-платформа – не предусмотрена

### 5.2.2. Отчет по лабораторным работам

#### Примерный перечень тем

1. Построение нечеткой системы на основе схемы Мамдани
2. Синтез регулятора на основе нечёткой логики в среде MATLAB
3. Настройка системы авторегулирования в виде PID-регулятора в среде MATLAB SIMULINK

4. Использование регулятора на нечёткой логике в системе авторегулирования

#### Примерные задания

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Уральский федеральный университет имени первого  
Президента России Б. Н. Ельцина  
Кафедра «Радиоэлектроника информационных систем»

Оценка работы \_\_\_\_\_  
Преподаватель \_\_\_\_\_

**Настройка системы авторегулирования в виде PID-регулятора в среде  
MATLAB SIMULINK**

Отчет по лабораторной работе № 3 по  
дисциплине «Основы теории нечётких  
множеств и нечёткой логики»

	Подпись	Дата
Преподаватель	_____ Язовский, А. А.	
Студент	_____ Попов А. М.	
Группа	_____ РИ-211151	

Екатеринбург  
2023

### Цель работы:

Оптимизация PID-регулятора путём настройки его параметров в среде MatLab Simulink

### Скриншоты среды с пояснениями:

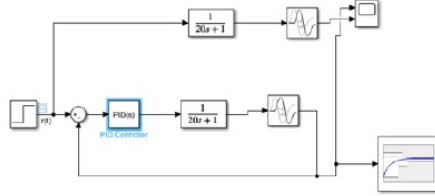


Рис. 1 – Схема настраиваемого регулятора

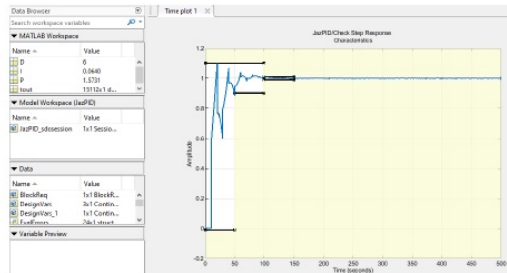


Рис. 2 – Визуализация работы регулятора. Изменяя параметры ПИД-регулятора, производится настройка. В данном случае регулятор не настроен до приемлемого вида

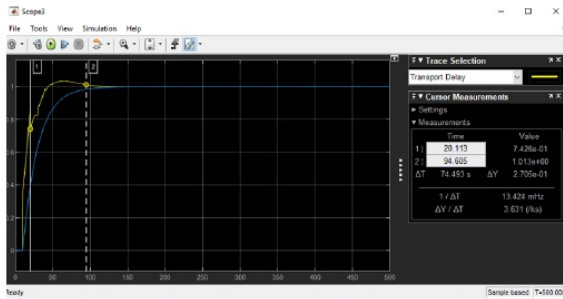


Рис. 3 – Осциллограмма переходного процесса системы авторегулирования. Система произвела определённое количество измерений и результат оптимизации обозначен жёлтым графиком. Синим графиком показана функция без регулятора

Name	Value
D	7
I	0.0950
O	0.0900
P	1.3000
tout	15004r1 double

Рисунок 4 – Итоговые параметры PID-регулятора

#### Вывод:

В ходе работы произведена оптимизация PID-регулятора путём изменения его параметров. Работа регулятора прослежена на осциллографе

LMS-платформа – не предусмотрена

### 5.3. Описание контрольно-оценочных мероприятий промежуточного контроля по дисциплине модуля

#### 5.3.1. Зачет

Список примерных вопросов

1. Нечеткие множества как способ формализации нечеткости. Необходимость использования нечеткой логики в практике управления. Понятие нечеткого множества
2. Основные характеристики нечетких множеств. Гетерогенные нечеткие множества
3. Операции над нечеткими множествами. Классификация операций над нечеткими множествами.
4. Логические операции над нечеткими множествами. Свойства операций над нечеткими множествами. Нечеткие операторы.
5. Нечеткие отношения. Основные определения. Операции над нечеткими отношениями. Свойства нечетких отношений. Декомпозиция нечетких отношений.
6. Транзитивное замыкание нечетких отношений. Проекция нечетких отношений.
7. Виды функций принадлежности нечеткого множества. Кусочно-линейные функции принадлежности
8. Z-образные и S-образные функции принадлежности. П-образные функции принадлежности.
9. Встроенные функции принадлежности в Fuzzy Logic Toolbox.

10. Принципы и методы построения функции принадлежности. Типы шкал.
11. Принципы и методы построения функции принадлежности. Прямые методы для одного эксперта
12. Принципы и методы построения функции принадлежности. Косвенные методы для одного эксперта
13. Принципы и методы построения функции принадлежности. Прямые методы для группы экспертов
14. Принципы и методы построения функции принадлежности. Косвенные методы для группы экспертов
15. Методы построения терм-множеств
16. Нечеткая логика. Нечеткая логика в управлении сложными системами. Понятие нечеткой и лингвистической переменной. Лингвистические переменные истинности
17. Нечеткая логика. Логические связи в нечеткой лингвистической логике. Значения истинности «Неизвестно» и «Не определено».
18. Теория приближенных рассуждений. Композиционное правило вывода. Правило modus ponens как частный случай композиционного правила вывода
19. Теория приближенных рассуждений. Нечеткие экспертные системы.
20. Алгоритмы реализации нечеткого логического вывода. Нечеткий логический вывод Мамдани.
21. Алгоритмы реализации нечеткого логического вывода. Нечеткий логический вывод Сугено.
22. Алгоритмы реализации нечеткого логического вывода. Пример осуществления нечеткого логического вывода  
LMS-платформа – не предусмотрена

#### 5.4 Содержание контрольно-оценочных мероприятий по направлениям воспитательной деятельности

Направление воспитательной деятельности	Вид воспитательной деятельности	Технология воспитательной деятельности	Компетенция	Результаты обучения	Контрольно-оценочные мероприятия
Профессиональное воспитание	проектная деятельность учебно-исследовательская, научно-исследовательская	Технология проектного образования Технология самостоятельной работы	ПК-6	У-1	Зачет Контрольная работа Лабораторные занятия Лекции Отчет по лабораторным работам