

МИНОБРНАУКИ РОССИИ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«Тверской государственный технический университет»**  
(ТвГТУ)

УТВЕРЖДАЮ  
Проректор  
по учебной работе  
\_\_\_\_\_ Э.Ю. Майкова  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2021 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА**

дисциплины части, формируемой участниками образовательных отношений  
Блока 1 «Дисциплины (модули)»  
**«Нечеткие системы управления»**

Направление подготовки магистров 27.04.04 Управление в технических системах

Направленность (профиль) – Управление и информатика в технических системах

Типы задач профессиональной деятельности – научно-исследовательский, проектно-конструкторский

Форма обучения – очная

Факультет информационных технологий  
Кафедра «Автоматизация технологических процессов»

Тверь 2021

Рабочая программа дисциплины соответствует ОХОП подготовки магистров в части требований к результатам обучения по дисциплине и учебному плану.

Разработчик программы: профессор кафедры ИС \_\_\_\_\_ В.Н. Богатиков

Программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры АТП  
« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2021 г., протокол № \_\_\_\_ .

Заведующий кафедрой АТП \_\_\_\_\_ Б.И. Марголис

Согласовано  
Начальник учебно-методического  
отдела УМУ \_\_\_\_\_ Д.А. Барчуков

Начальник отдела  
комплектования  
зональной научной библиотеки \_\_\_\_\_ О.Ф. Жмыхова

## **1. Цели и задачи дисциплины**

**Целью** изучения дисциплины «Нечеткие системы управления» является подготовка студентов к профессиональной деятельности в области построения информационных и управляющих систем, использующих методы и модели теории нечетких систем и нечеткую логику.

**Задачами дисциплины** являются:

- **приобретение** теоретических знаний по методам построения информационных и управляющих систем, использующих методы и модели теории нечетких систем и нечеткую логику;
- **овладение** основными теоретическими положениями, методами и математическими моделями, используемыми в теории нечетких систем;
- **формирование** практических приемов применения изученных методов и алгоритмов для решения задач построения систем регулирования и управления технологическими процессами.

## **2. Место дисциплины в структуре образовательной программы**

Дисциплина относится к части, формируемой участниками образовательных отношений Блока 1 ОП ВО. Для изучения курса требуются знания, полученные студентами при изучении дисциплин: «Теория автоматического управления», «Математическое моделирование объектов и систем управления», «Диагностика систем управления», «Системы управления объектами с распределёнными параметрами», «Адаптивное управление», «Компьютерные технологии», «Методы и алгоритмы цифровой обработки сигналов и изображений».

Приобретенные знания студент сможет использовать при выполнении выпускной квалификационной работы, в ходе работы над магистерской диссертацией.

## **3. Планируемые результаты обучения по дисциплине**

### **3.1 Планируемые результаты обучения по дисциплине**

#### **Компетенции, закрепленные за дисциплиной в ОХОП:**

**ПК-1.** Способен разрабатывать варианты структурных схем системы управления технологическим процессом и осуществлять выбор оптимальной структурной схемы.

#### **Индикаторы компетенций, закреплённых за дисциплиной в ОХОП:**

**ИПК-1.2.** Применяет основные принципы и методы оптимального, нечеткого, нейросетевого, робастного и адаптивного управления при разработке и проектирования систем и средств управления.

#### **Показатели оценивания индикаторов достижения компетенций**

##### **Знать:**

31. Свойства класса недетерминированных объектов.
32. Математический аппарат нечеткого управления, алгоритмы управления недетерминированными объектами и методы синтеза настроек нечетких регуляторов.
33. Современные принципы строения, функциональные и структурные схемы нечётко-определённых систем управления автоматизированными технологическими процессами.

34. Пакеты специализированных прикладных программ для расчета и проектирования нечётких систем управления технологическими процессами.

**Уметь:**

У1. Готовить технические задания на выполнение проектных работ по автоматизации сложных объектов и применять современные методы нечёткой логики для создания системы автоматизации промышленных процессов.

У2. Планировать, организовывать и осуществлять научно-исследовательскую и проектно-конструкторскую деятельность.

**Иметь опыт практической подготовки:**

ПП1. Применять современные технологии управления при решении исследовательских и производственных задач в области автоматизации недетерминированных объектов и их систем.

**3.2. Технологии, обеспечивающие формирование компетенций**

Проведение лекционных, практических и лабораторных занятий, самостоятельная работа под руководством преподавателя.

**4. Трудоемкость дисциплины и виды учебной работы**

Таблица 1. Распределение трудоемкости дисциплины по видам учебной работы

Вид учебной работы	Зачетные единицы	Академические часы
<b>Общая трудоемкость дисциплины</b>	<b>2</b>	<b>72</b>
<b>Аудиторные занятия (всего)</b>		<b>39</b>
В том числе:		
Лекции		13
Практические занятия (ПЗ)		13
Лабораторные работы (ЛР)		13
<b>Самостоятельная работа обучающихся (всего)</b>		<b>33</b>
В том числе:		
Курсовая работа		не предусмотрена
Курсовой проект		не предусмотрен
Расчетно-графические работы		не предусмотрены
Реферат		не предусмотрен
Другие виды самостоятельной работы: - подготовка к практическим занятиям - подготовка к защите лабораторных работ - контрольные работы		11 11 8
Текущий контроль успеваемости и промежуточная аттестация (зачет)		3 (зач.)
<b>Практическая подготовка при реализации дисциплины (всего)</b>		<b>26</b>
Практические занятия (ПЗ)		13
Лабораторные работы (ЛР)		13
Курсовая работа		не предусмотрена
Курсовой проект		не предусмотрен

**5. Структура и содержание дисциплины**

Структура и содержание дисциплины построены по модульно-блочному принципу. Под модулем дисциплины понимается укрупненная логико-понятийная тема, характеризующаяся общностью использованного понятийно-терминологического аппарата.

## 5.1. Структура дисциплины

Таблица 2. Модули дисциплины, трудоемкость в часах и виды учебной работы

№	Наименование модуля	Труд-ть, часы	Лекции	Практич. занятия	Лаб. работы	Сам. работа
1	Основные свойства нечетких множеств	13	2	3	2	5+1 (зач.)
2	Нечеткие отношения и их проекции	10	2	2	2	4
3	Нечеткие переменные и нечеткие числа	12	2	2	2	5+1 (зач.)
4	Лингвистические переменные и неопределенности	11	2	2	2	5
5	Нечеткие алгоритмы и нечеткое управление	14	2	2	3	7
6	Модели и методы принятия решений в нечетких условиях	12	3	2	2	5
<b>Всего на дисциплину</b>		<b>72</b>	<b>13</b>	<b>13</b>	<b>13</b>	<b>31+ 2 (зач.)</b>

## 5.2. Содержание дисциплины

### Модуль 1 « Основные свойства нечетких множеств »

Методы построения функций принадлежности. Основные операции с нечеткими множествами и их свойства.

### Модуль 2 « Нечеткие отношения и их проекции »

Композиция нечетких отношений. Отображение нечетких множеств.

### Модуль 3 «Нечеткие переменные и нечеткие числа»

Аналитические и численные методы нахождения результатов алгебраических операций.

### Модуль 4 «Лингвистические переменные и неопределенности»

Нечеткая логика и нечеткие системы логического вывода. Логико-лингвистическое описание систем.

### Модуль 5 «Нечеткие алгоритмы и нечеткое управление»

Контроль и управление динамическими системами в нечетких условиях. Конструирование нечётких регуляторов.

### Модуль 6 «Модели и методы принятия решений в нечетких условиях»

Основные принципы нечеткой координации в многоуровневых системах. Задачи нечеткого программирования. Контроль и управление динамическими системами в нечетких условиях. Многошаговые процессы принятия нечетких решений.

## 5.3. Лабораторные работы

Таблица 3. Лабораторные работы и их трудоемкость

Модули. Цели лабораторных работ.	Наименование лабораторных работ	Трудоем- кость в часах
<b>Модуль 1</b> Цель: формирование знаний о методах построения функций принадлежности.	Методы построения функций принадлежности.	2

<b>Модуль 2</b> <b>Цель:</b> формирование знаний о композиции нечетких отношений.	Исследование свойств нечетких отношений подобия, различия и сходства.	2
<b>Модуль 3</b> <b>Цель:</b> формирование знаний о численных методах нахождения результатов алгебраических операций	Прямой численный метод для алгебраических операций. Обратный численный метод для алгебраических операций. Матричные методы над нечеткими числами.	2
<b>Модуль 4</b> <b>Цель:</b> формирование знаний о нечетких системах логического вывода	Вычисление значений лингвистической переменной и лингвистических неопределенностей	2
<b>Модуль 5</b> <b>Цель:</b> формирование знаний о нечетких базах данных и базах знаний. Конструирование нечётких регуляторов	Построение простейших нечетких алгоритмов. Построение нечётких регуляторов.	3
<b>Модуль 6</b> <b>Цель:</b> формирование знаний о задачах нечёткого программирования	Метод согласования нечетких решений.	2

#### 5.4. Практические занятия

Таблица 4. Тематика, форма практических занятий (ПЗ) и их трудоемкость

<b>Модули. Цели практических работ.</b>	<b>Примерная тематика занятий и форма их проведения</b>	<b>Трудоемкость в часах</b>
<b>Модуль 1</b> <b>Цель:</b> формирование знаний об основных операциях с нечеткими множествами и их свойствах	Основные операции с нечеткими множествами: объединение, пересечение, алгебраическое произведение, алгебраическая сумма. Определение расстояния между нечеткими множествами и степени нечеткости	3
<b>Модуль 2</b> <b>Цель:</b> формирование знаний об отображении нечетких множеств	Свойства нечетких отношений. Определение проекций нечетких отношений	2
<b>Модуль 3</b> <b>Цель:</b> овладение аналитическими методами нахождения результатов алгебраических операций	Прямой аналитический метод для алгебраических операций Обратный аналитический метод для алгебраических операций параметрами	2

<b>Модуль 4</b> <b>Цель:</b> формирование знаний о нечётких системах логического вывода	Исследование нечетких систем логического вывода	2
<b>Модуль 5</b> <b>Цель:</b> формирование знаний о нечётких базах данных и базах знаний	Исследование методов нечеткого управления. Многошаговые процессы принятия нечетких решений	2
<b>Модуль 6</b> <b>Цель:</b> формирование знаний о контроле и управлении динамическими системами в нечётких условиях	Принятие решений в нечетких условиях. Метод согласования нечетких решений. Коррекция исходных нечетких величин. Оценивание нечетких коэффициентов уравнений.	2

## **6. Самостоятельная работа обучающихся и текущий контроль успеваемости**

### **6.1. Цели самостоятельной работы**

Формирование способностей к самостоятельному познанию и обучению, поиску литературы, обобщению, оформлению и представлению полученных результатов, их критическому анализу, поиску новых и неординарных решений, аргументированному отстаиванию своих предложений, умений подготовки выступлений и ведения дискуссий в области использования методов и моделей теории нечетких систем и нечеткой логики при разработке и проектировании систем и средств управления.

### **6.2. Организация и содержание самостоятельной работы**

Самостоятельная работа заключается в изучении отдельных тем курса по заданию преподавателя по рекомендуемой им учебной литературе, в подготовке к практическим занятиям и лабораторным работам, текущему контролю успеваемости, зачету.

В рамках дисциплины выполняется 5 контрольных работ, охватывающих все модули. Максимальная оценка за каждую выполненную контрольную работу – 5 баллов, минимальная – 3 балла.

Выполнение всех работ обязательно. В случае невыполнения работы по уважительной причине студент должен выполнить пропущенные занятия в часы, отведенные на консультирование с преподавателем. Работы защищаются устным опросом.

## **7. Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины**

### **7.1. Основная литература по дисциплине**

1. Комиссарчик, В.Ф. Основы нечеткого, нейросетевого, адаптивного и робастного управления: учеб. пособие для вузов по направлению 220200.62 "Автоматизация и упр." подготовки бакалавров: в составе учебно-методического комплекса / В.Ф. Комиссарчик, С.И. Суркова; Тверской гос. техн. ун-т. - 1-е изд. - Тверь: ТвГТУ, 2010. - 211 с.: ил. - (УМК-У). - Сервер. - Текст: непосредственный. - Текст: электронный. - ISBN 978-5-7995-0575-2: 125 p. 70 к. - (ID=84974-66)

2. Лекции по дисциплине "Нечеткие системы управления": в составе учебно-методического комплекса / разработ. А.Н. Волнухин; Тверской гос. техн. ун-т, Каф. АТП. - Тверь: ТвГТУ, 2007. - (УМК-Л). - Сервер. - Текст: электронный. - 0-00. - URL: <http://elib.tstu.tver.ru/MegaPro/GetDoc/Megapro/104818>. - (ID=104818-1)

3. Изучение пакета Fuzzy Logic Toolbox системы MATLAB 7 и его применения для проектирования систем нечеткого (фаззи) регулирования: практические занятия по дисциплине "Нечеткие системы управления": в составе учебно-методического комплекса / разработ. А.Н. Волнухин; Тверской гос. техн. ун-т, Каф. АТП. - Тверь: ТвГТУ, 2007. - (УМК-П). - Сервер. - Текст: электронный. - 0-00. - URL: <http://elib.tstu.tver.ru/MegaPro/GetDoc/Megapro/104819>. - (ID=104819-1)

4. Нечеткое моделирование и управление в технических системах: учебное пособие для вузов / Ю.И. Кудинов [и др.]. - 2-е изд. - Санкт-Петербург [и др.]: Лань, 2021. - ЭБС Лань. - Текст: электронный. - ISBN 978-5-8114-8365-5. - URL: <https://e.lanbook.com/book/175501>. - (ID=141005-0)

### **7.2. Дополнительная литература по дисциплине**

1. Рутковская, Д. Нейронные сети, генетические алгоритмы и нечеткие системы = Sieci neuronowe, algorytmy genetyczne i systemy rozmyte: пер. с пол. / Д. Рутковская, М. Пилиньский, Л. Рутковский. - Москва: Горячая линия -Телеком, 2004. - 383 с. - Библиогр. в конце гл. - ISBN 5-93517-103-1 (рус.): 304 p. - (ID=20716-1)

2. Яхьяева, Г.Э. Нечеткие множества и нейронные сети: учеб. пособие / Г.Э. Яхьяева; Интернет ун-т информ. технологий. - 2-е изд.; испр. - М.: Интернет - Ун-т Информ. технологий: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2008. - 315 с. - (Основы информационных технологий). - Библиогр.: с. 315 с. - Текст: непосредственный. - ISBN 978-5-94774-818-5 (БИНОМ. ЛЗ): 268 p. 80 к. - (ID=66690-8)

3. Нечеткие гибридные системы: теория и практика / И.З. Батыршин [и др.]; под ред. Н.Г. Ярушкиной. - М.: Физматлит, 2007. - 207 с. - (Информационные и компьютерные технологии). - Библиогр.: с. 181 - 207. - Текст: непосредственный. - ISBN 978-5-9221-0786-0: 70 p. - (ID=68023-2)

4. Каляев, И.А. Интеллектуальные роботы: учебное пособие для вузов / И.А. Каляев, В.М. Лохин. - М.: Машиностроение, 2007. - (Для вузов). - ЭБС Лань. - Текст: электронный. - ISBN 5-217-03339-8. - URL: [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=769](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=769). - (ID=111128-0)

5. Жданов, А.А. Автономный искусственный интеллект: учеб. пособие / А.А. Жданов. - 4-е изд. - Москва: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2015. - (Адаптивные и интеллектуальные системы). - ЭБС Лань. - Текст: электронный. - ISBN 978-5-9963-2540-5. - URL: [http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1\\_id=70761](http://e.lanbook.com/books/element.php?pl1_id=70761). - (ID=111922-0)

### **7.3. Методические материалы**

1. Вопросы к зачету по дисциплине "Нечеткие системы управления": в составе учебно-методического комплекса / разработ. А.Н. Волнухин; Тверской гос. техн. ун-т, Каф. АТП. - Тверь: ТвГТУ, 2007. - (УМК-В). - Сервер. - Текст: электронный. - 0-00. - URL: <http://elib.tstu.tver.ru/MegaPro/GetDoc/Megapro/104817>. - (ID=104817-1)

2. Вопросы к зачету по дисциплине по выбору части Блока 1 "Нечеткие системы управления". Направление подготовки магистров 27.04.04 Управление в технических системах. Профиль - Управление и информатика в технических



- системах: в составе учебно-методического комплекса / Тверской государственный технический университет, Кафедра АТП; составитель В.Н. Богатилов. - Тверь: ТвГТУ, 2017. - (УМК-В). - Сервер. - Текст: электронный. - 0-00. - URL: <http://elib.tstu.tver.ru/MegaPro/GetDoc/Megapro/119773>. - (ID=119773-1)
3. Краткий лекционный курс по дисциплине по выбору части Блока 1 "Нечеткие системы управления". Направление подготовки магистров 27.04.04 Управление в технических системах. Профиль - Управление и информатика в технических системах: в составе учебно-методического комплекса / Тверской государственный технический университет, Кафедра АТП; составил В.Н. Богатилов. - Тверь: ТвГТУ, 2017. - (УМК-Л). - Сервер. - Текст: электронный. - 0-00. - URL: <http://elib.tstu.tver.ru/MegaPro/GetDoc/Megapro/119770>. - (ID=119770-1)
  4. Лабораторные работы по дисциплине по выбору части Блока 1 "Нечеткие системы управления". Направление подготовки магистров 27.04.04 Управление в технических системах. Профиль - Управление и информатика в технических системах: в составе учебно-методического комплекса / Тверской государственный технический университет, Кафедра АТП; составил В.Н. Богатилов. - Тверь: ТвГТУ, 2017. - (УМК-ЛР). - Сервер. - Текст: электронный. - 0-00. - URL: <http://elib.tstu.tver.ru/MegaPro/GetDoc/Megapro/119771>. - (ID=119771-1)
  5. Практические занятия по дисциплине по выбору части Блока 1 "Нечеткие системы управления". Направление подготовки магистров 27.04.04 Управление в технических системах. Профиль - Управление и информатика в технических системах: в составе учебно-методического комплекса / Тверской государственный технический университет, Кафедра АТП; составитель В.Н. Богатилов. - Тверь: ТвГТУ, 2017. - (УМК-П). - Сервер. - Текст: электронный. - 0-00. - URL: <http://elib.tstu.tver.ru/MegaPro/GetDoc/Megapro/119772>. - (ID=119772-1)
  6. Фонд оценочных средств по дисциплине "Нечеткие системы управления". Направление подготовки магистров 27.04.04 Управление в технических системах. Профиль - Управление и информатика в технических системах: в составе учебно-методического комплекса / Тверской государственный технический университет, Кафедра АТП; составитель В.Н. Богатилов. - Тверь: ТвГТУ, 2017. - (УМК-В). - Сервер. - Текст: электронный. - 0-00. - URL: <http://elib.tstu.tver.ru/MegaPro/GetDoc/Megapro/119774>. - (ID=119774-1)
  7. Экзаменационные билеты по курсу "Нечеткие системы управления": в составе учебно-методического комплекса / разработ. А.Н. Волнухин; Тверской гос. техн. ун-т, Каф. АТП. - Тверь: ТвГТУ, 2007. - (УМК-Э). - Сервер. - Текст: электронный. - 0-00. - URL: <http://elib.tstu.tver.ru/MegaPro/GetDoc/Megapro/104812>. - (ID=104812-1)

#### **7.4. Программное обеспечение по дисциплине**

Операционная система Microsoft Windows: лицензии № ICM-176609 и № ICM-176613 (Azure Dev Tools for Teaching).

Microsoft Office 2007 Russian Academic: OPEN No Level: лицензия № 41902814.

**7.5. Специализированные базы данных, справочные системы, электронно-библиотечные системы, профессиональные порталы в Интернет**  
ЭБС и лицензионные ресурсы ТвГТУ размещены:

1. Ресурсы: <https://lib.tstu.tver.ru/header/obr-res>
2. ЭК ТвГТУ: <https://elib.tstu.tver.ru/MegaPro/Web>
3. ЭБС "Лань": <https://e.lanbook.com/>
4. ЭБС "Университетская библиотека онлайн": <https://www.biblioclub.ru/>
5. ЭБС «IPRBooks»: <https://www.iprbookshop.ru/>
6. Электронная образовательная платформа "Юрайт" (ЭБС «Юрайт»): <https://urait.ru/>
7. Научная электронная библиотека eLIBRARY: <https://elibrary.ru/>
8. Информационная система "ТЕХНОРМАТИВ". Конфигурация "МАКСИМУМ": сетевая версия (годовое обновление): [нормативно-технические, нормативно-правовые и руководящие документы (ГОСТы, РД, СНИПы и др.). Диск 1, 2, 3, 4. - М.: Технорматив, 2014. - (Документация для профессионалов). - CD. - Текст: электронный. - 119600 р. – (105501-1)
9. База данных учебно-методических комплексов: <https://lib.tstu.tver.ru/header/umk.html>

УМК размещен: <https://elib.tstu.tver.ru/MegaPro/GetDoc/Megapro/119764>

## **8. Материально-техническое обеспечение дисциплины**

При изучении дисциплины «Нечеткие системы управления» используется демонстрация лекционного материала с помощью проектора.

Практические занятия и лабораторные работы проводятся в компьютерных классах ХТ-201 на персональных компьютерах с лицензионным программным обеспечением Microsoft Windows и Microsoft Office 2007.

## **9. Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации**

### **9.1. Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации в форме экзамена**

Учебным планом экзамен по дисциплине не предусмотрен.

### **9.2. Оценочные средства промежуточной аттестации в форме зачета**

1. Вид промежуточной аттестации в форме зачета.

Вид промежуточной аттестации устанавливается преподавателем:

- по результатам текущего контроля знаний и умений обучающегося без дополнительных контрольных испытаний;

- по результатам выполнения дополнительного итогового контрольного испытания при наличии у студентов задолженностей по текущему контролю.

2. При промежуточной аттестации без выполнения дополнительного итогового контрольного испытания студенту в обязательном порядке описываются критерии проставления зачёта:

«зачтено» - выставляется обучающемуся при условии выполнения им всех контрольных мероприятий: посещение лекций в объеме не менее 80% контактной работы с преподавателем, выполнения практических и защиты лабораторных работ.

При промежуточной аттестации с выполнением заданий дополнительного итогового контрольного испытания студенту выдается билет с вопросами и задачами.

Число заданий для дополнительного итогового контрольного испытания - 24.

Число вопросов – 3 (1 вопрос для категории «знать» и 2 вопроса для категории «уметь»).

Продолжительность – 60 минут.

3. Шкала оценивания промежуточной аттестации – «зачтено», «не зачтено».

4. Критерии выполнения контрольного испытания и условия проставления зачёта:

для категории «знать» (бинарный критерий):

ниже базового - 0 балл;

базовый уровень – 1 балла;

критерии оценки и ее значение для категории «уметь» (бинарный критерий):

отсутствие умения – 0 балл;

наличие умения – 1 балла.

Критерии итоговой оценки за зачет:

«зачтено» - при сумме баллов 2 или 3;

«не зачтено» - при сумме баллов 0 или 1.

5. Для дополнительного итогового контрольного испытания студенту в обязательном порядке предоставляется:

база заданий, предназначенных для предъявления обучающемуся на дополнительном итоговом контрольном испытании (типовой образец задания приведен в Приложении);

методические материалы, определяющие процедуру проведения дополнительного итогового испытания и проставления зачёта.

6. Задание выполняется письменно.

7. Перечень вопросов дополнительного итогового контрольного испытания:

1. Понятие о нечетком множестве.

2. Примеры типовых функций принадлежности.

3. Нахождение функций принадлежности методом экспертных оценок.

4. Операции над нечеткими множествами.

5. Понятие о лингвистической переменной.

6. Универсальные обозначения лингвистических переменных.

7. Задание лингвистических переменных с помощью нечетких множеств.

8. Основные логические функции. Понятие о логическом выводе типа «Если...,то...».

9. Нечеткие аналоги логических функций.

10. Арифметические аналоги логических операций *ИЛИ*, *И*.

11. Примеры нахождения функций истинности для операций *ИЛИ*, *И* бинарной и фаззи-логики.

12. Форматы записи правил логического вывода.

13. Формирование базы правил нечеткого вывода по обучающей выборке.

14. Определение значений функций принадлежности входных нечетких переменных.

15. Нахождение функций принадлежности посылок правил (агрегирование подусловий правил).

16. Нахождение функций совместной принадлежности правил (активизация заключений правил).

17. Нахождение результирующей функции принадлежности (аккумуляция заключений нечетких правил, инференц-процедура).
18. Дефаззификация управляющего воздействия.
19. Алгоритм нечеткого вывода Мамдани.
20. Алгоритмы нечеткого вывода Ларсена, Цукамото, Такаги.
22. Система регулирования уровня жидкости в емкости.
23. ПИ-фаззи-регулятор.
24. Структурная схема и основные задачи синтеза нечетких систем управления

При ответе на вопросы задания допускается использование справочных данных, ГОСТов, методических указаний по выполнению лабораторных работ в рамках данной дисциплины.

Пользование различными техническими устройствами, кроме ЭВМ компьютерного класса и программным обеспечением, необходимым для решения поставленных задач, не допускается.

Преподаватель имеет право после проверки письменных ответов задавать студенту в устной форме уточняющие вопросы в рамках задания, выданного студенту.

Иные нормы, регламентирующие процедуру проведения зачета, представлены в Положении о текущем контроле успеваемости и промежуточной аттестации студентов.

### **9.3. Оценочные средства для проведения промежуточной аттестации в форме курсового проекта или курсовой работы**

Учебным планом курсовая работа (проект) по дисциплине не предусмотрены.

### **10. Методические рекомендации по организации изучения дисциплины.**

Студенты перед началом изучения дисциплины ознакомлены с системами кредитных единиц и балльно-рейтинговой оценки.

Студенты, изучающие дисциплину, обеспечиваются электронными изданиями или доступом к ним, учебно-методическим комплексом по дисциплине, включая методические указания к выполнению практических и лабораторных работ, всех видов самостоятельной работы.

В учебный процесс рекомендуется внедрение субъект-субъектной педагогической технологии, при которой в расписании каждого преподавателя определяется время консультаций студентов по закрепленному за ним модулю дисциплины.

### **11. Внесение изменений и дополнений в рабочую программу дисциплины**

Содержание рабочих программ дисциплин ежегодно обновляется протоколами заседаний кафедры по утвержденной «Положением о структуре, содержании и оформлении рабочих программ дисциплин по образовательным программам, соответствующим ФГОС ВО с учетом профессиональных стандартов» форме.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
 высшего образования  
 «Тверской государственный технический университет»

Направление подготовки магистров – 27.04.04 Управление в технических системах  
 Направленность (профиль) – Управление и информатика в технических системах  
 Кафедра «Автоматизация технологических процессов»  
 Дисциплина «Нечеткие системы управления»

## ЗАДАНИЕ ДЛЯ ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО ИТОГОВОГО КОНТРОЛЬНОГО ИСПЫТАНИЯ № 1

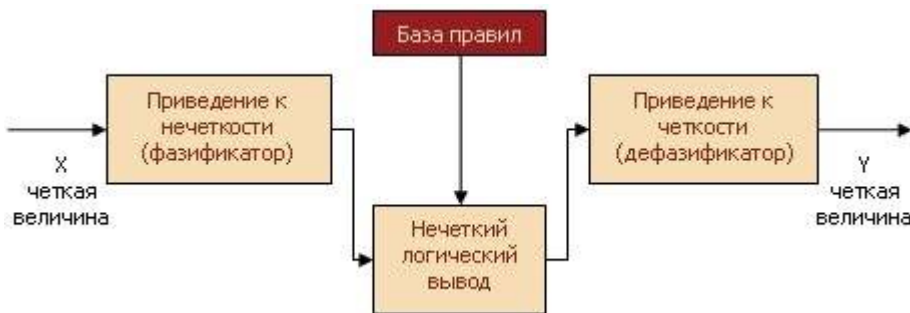
1. Вопрос для проверки уровня «ЗНАТЬ» – 0 или 1 балл:

**Методы построения функций принадлежности. Основные операции с нечеткими множествами и их свойства.**

2. Задание для проверки уровня «УМЕТЬ» - 0 или 1 балл:

**Контроль и управление динамическими системами в нечетких условиях.  
 Структура принятия решений в нечетких условиях.**

В общем случае механизм логического вывода включает четыре этапа:



Система нечёткого логического вывода

Рассмотрим подробнее нечёткий вывод на примере механизма Мамдани (Mamdani). Это наиболее распространённый способ логического вывода в нечётких системах. В нём используется минимаксная композиция нечётких множеств. Данный механизм включает в себя следующую последовательность действий.

- Процедура фазификации: определяются степени истинности, т.е. значения функций принадлежности для левых частей каждого правила (предпосылок). Для базы правил с  $m$  правилами обозначим степени истинности как  $A_{ik}(x_k), i = 1..m, k = 1..n$ .

- Нечёткий вывод. Сначала определяются уровни "отсечения" для левой части каждого из правил:

$$\alpha_i = \min_i(A_{ik}(x_k))$$

Далее находятся "усечённые" функции принадлежности:

$$B_i * (y) = \min_i(\alpha_i, B_i(y))$$

- Композиция, или объединение полученных усечённых функций, для чего используется максимальная композиция нечётких множеств:

$$MF(y) = \max_i(B_i * (y)), \text{ где } MF(y) \text{ – функция принадлежности итогового нечёткого множества.}$$

- Дефазификация, или приведение к чёткости. Существует несколько методов дефазификации. Например, метод среднего центра, или центроидный метод:

$$MF(y) = \max_i(B_i * (y))$$

Геометрический смысл такого значения – центр тяжести для кривой MF(y).

Графически показывает процесс нечёткого вывода по Мамдани для двух входных переменных и двух нечётких правил R1 и R2.

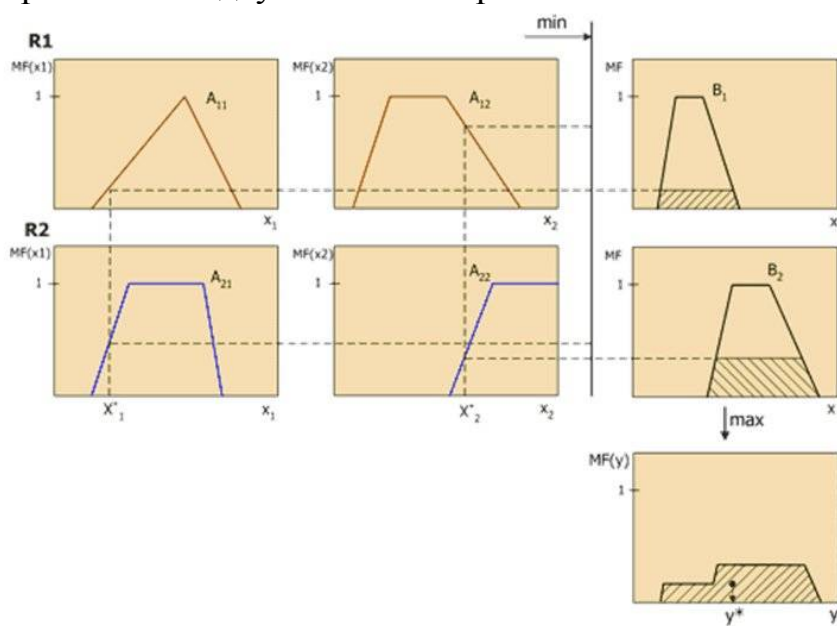


Схема нечёткого вывода по Мамдани

3. Задание для проверки уровня «УМЕТЬ» – 0 или 1 балл:

**Получить отчет и интерпретировать результаты.**

**Критерии итоговой оценки за зачет:**

«зачтено» - при сумме баллов 2 или 3;

«не зачтено» - при сумме баллов 0 или 1.

Составитель: проф. кафедры ИС \_\_\_\_\_ В.Н. Богатиков

Заведующий кафедрой: \_\_\_\_\_ Б.И. Марголис