

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ  
ДОНЕЦКОЙ НАРОДНОЙ РЕСПУБЛИКИ  
ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**УТВЕРЖДАЮ:**  
Первый проректор

  
(подпись)

« 31 » 03



А.А. Каракозов

20.03.2023 года

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**Б1.В.ДЭ.01.01 Нейро-фаззи управление электромеханическими системами**

(наименование дисциплины согласно учебному плану)

Направление подготовки:

13.04.02 Электроэнергетика и электротехника

(код и наименование направления / специальности)

Направленность (профиль):

Электромеханические системы автоматизации  
и электропривод

(наименование профиля / магистерской программы / специализации)

Программа:

магистратура

(бакалавриат, магистратура, специалитет)

Форма обучения:

очная, заочная


(очная, заочная, очно-заочная)

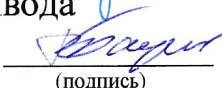
Форма обучения	очная	заочная
Семестр(ы)	2	2
Общая трудоёмкость в ЗЕТ/часах	2,0 / 72	2,0 / 72
Контактная работа (час.), в том числе:	53	12
лекции (час.)	17	2
лабораторные работы (час.)	—	—
практические (семинарские) занятия (час.)	34	4
Самостоятельная работа (час.), в том числе:	19	60
курсовой проект (работа) (семестр/час.)	—	—
Контроль (экзамен, час./зачёт)	зачет	зачет

Донецк, 2023 г.

Рабочая программа дисциплины «Нейро-фаззи управление электромеханическими системами» составлена в соответствии с учебным планом по направлению подготовки 13.04.02 «Электроэнергетика и электротехника», направленность (профиль) – «Электромеханические системы автоматизации и электропривод» для 2023 года по очной и заочной формам обучения.


Составители:

Доцент кафедры электропривода и автоматизации  
промышленных установок, к.т.н., доцент  Борисенко В.Ф.  
(подпись)

старший преподаватель кафедры электропривода  
и автоматизации промышленных установок  Бажутин Д.В.  
(подпись)

Рабочая программа **рассмотрена и принята** на заседании кафедры  
«Электропривод и автоматизация промышленных установок».

Протокол от «07» 03 2023 года № 9.

Заведующий кафедрой  Розкаряка П.И.  
(подпись) (Ф.И.О.)

Рабочая программа **одобрена** учебно-методической комиссией  
ГОУВПО «ДОННТУ» по направлению подготовки 13.04.02  
«Электроэнергетика и электротехника».

Протокол от «23» 03 2023 года № 3

Председатель  Ткаченко С.Н.  
(подпись) (Ф.И.О.)

Рабочая программа **продлена** для 20\_\_ года приёма на заседании кафедры  
электропривода и автоматизации промышленных установок.

Протокол от «\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ года № \_\_\_\_.

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_  
(подпись) (Ф.И.О.)

Рабочая программа **продлена** для 20\_\_ года приёма на заседании кафедры  
электропривода и автоматизации промышленных установок.

Протокол от «\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ года № \_\_\_\_.

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_  
(подпись) (Ф.И.О.)

Рабочая программа **продлена** для 20\_\_ года приёма на заседании кафедры  
электропривода и автоматизации промышленных установок.

Протокол от «\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ года № \_\_\_\_.

Заведующий кафедрой \_\_\_\_\_  
(подпись) (Ф.И.О.)

## 1 ОБЪЕКТ, ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

Значение дисциплины «Нейро-фаззи управление электромеханическими системами» в решении общих народнохозяйственных задач заключается в том, что она рассматривает вопросы разработки систем управления электромеханическими объектами с применением нейронных сетей и нечеткой логики.

**Целью дисциплины является** формирование у студентов теоретической базы по методам создания и настройки нейросетевых и нечетких систем регулирования, применяемых в автоматизированных электромеханических системах.

В результате освоения дисциплины студент должен:

знать:

- основные задачи, решаемые с помощью нейро-фаззи систем управления, требующих использования современных научных методов исследования;
- алгоритм принятия решений при выборе типа и структуры нейронных сетей и систем нечеткой логики;
- методику сбора и подготовки информации для обоснования и выбора оптимальной структуры нейронных сетей и систем нечеткой логики;

уметь:

- выбирать аппаратное и программное обеспечение при разработке нейро-фаззи систем автоматического управления;
- обобщать информацию об эффективности применения различных типов современных систем электропривода;
- обосновывать эффективность замены существующих элементов систем электропривода современными аналогами, используя учетные и аналитические данные;

владеть:

- навыками выбора программной среды разработки и аппаратной части нейро-фаззи систем управления электромеханическими объектами;
- опытом планирования и прогнозирования экономического эффекта от применения нейронных сетей и систем нечеткой логики для решения сложных производственных задач;
- методикой принятия организационных решений при внедрении нейро-фаззи систем управления в производственный процесс.

Перечисленные результаты обучения являются основой для формирования следующих компетенций:

- способность выбирать серийные и проектировать новые объекты профессиональной деятельности (ПК-3).

## 2 МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В ОСНОВНОЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЕ

Дисциплина относится к части, формируемой участниками образовательных отношений, Блока 1 «Дисциплины (модули)» учебного плана.

Базируется на знаниях и умениях, которые студент приобрел при освоении предшествующих дисциплин: «Информатика», «Теория автоматического управления», «Теория электропривода», «Математические методы в электротехнике», «Современные пакеты прикладных программ»; «Моделирование электромеханических систем», «Моделирование и имитация механотронных систем».

Знания и умения, приобретенные при освоении данной дисциплины, реализуются студентом при прохождении государственной итоговой аттестации, подготовке квалификационной выпускной работы бакалавра и магистра.

### 3 СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

#### 3.1 Распределение учебных часов по темам дисциплины и видам занятий

№ тем	Наименование тем (содержательных модулей)	Количество часов (очная/заочная форма)				
		Всего	В том числе			
			Лекции	Практ. (Семина.)	Лабор.	СРС
1	Основы теории нейронных сетей	6/8	2/1	0	2/1	2/6
2	Контролируемое и неконтролируемое обучение	19/9	3/0		12/1	4/8
3	Нейронные сети в системах автоматического регулирования	11/12	3/0		4/0	4/12
4	Специализированные структуры нейронных сетей	4/6	2/0		0/0	2/6
5	Основные понятия нечеткой логики	6/14	2/1		2/1	2/12
6	Построение систем регулирования на основе нечеткой логики	18/13	3/0		12/1	3/12
7	Нейро-нечеткие системы	6/4	2/0		2/0	2/4
Контактная работа (дополнительная)		2/6				
<b>Итого по видам занятий</b>		<b>72/72</b>	<b>17/2</b>		<b>34/4</b>	<b>19/60</b>
<b>Контроль</b>						
<b>ИТОГО</b>		<b>72/72</b>				

#### Формирование компетенций в результате освоения тем дисциплины

Компетенции	Темы дисциплины, нацеленные на выработку компетенции
ПК-3	Темы 1-7

#### 3.2 Лекции

Тема 1. Основы теории нейронных систем.

Содержание темы 1: Строение биологического нейрона. Модель искусственного нейрона МакКаллоха-Питтса. Функции активации нейронов. Топологии нейронных сетей. Обучение нейронных сетей. Персептрон. Линейно неразделимые задачи. Многослойные персептроны. Адаптивный линейный нейрон. Правило Уидроу-Хоффа.

Литература к теме 1: [\[1\]](#)

Тема 2. Контролируемое и неконтролируемое обучение.

Содержание темы 2:

Многослойные сети. Классификация методов обучения. Градиентные методы. Метод обратного распространения ошибки. Неконтролируемое обучение. Сеть Хопфилда. Правило Хебба. Самоорганизующиеся сети Кохонена.

Литература к теме 2: [\[1\]](#)

Тема 3. Нейронные сети в системах автоматического регулирования.

Содержание темы 3:

Рекуррентные сети. Сети Элмана и Джоржана. Авторегрессионные сети. Нейрорегулятор. Система управления с инверсной моделью. Методы обучения сети на инверсную модель. Система управления с опорной моделью. Система с линеаризацией обратной связи.

Литература к теме 3: [\[1, 3, 4\]](#)

Тема 4. Специализированные структуры нейронных сетей.

Содержание темы 3:

Радиально-базисные сети. Сети встречного распространения. Вероятностные сети. Сети с обобщенной регрессией. Предикторы.

Литература к теме 3: [\[1\]](#)

Тема 5. Основные понятия нечеткой логики.

Содержание темы 3:

Понятие нечеткой логики. Нечеткие множества и операции над ними. Степень и функция принадлежности. Структура нечеткой системы. Типы нечетких систем. Фаззификация. Инференция. Дефаззификация. Система Сугено.

Литература к теме 3: [\[2\]](#)

Тема 6. Построение систем регулирования на основе нечеткой логики.

Содержание темы 3:

Применение нечеткой логики для идентификации систем. Нечеткий регулятор. Таблица правил. Симметричный метод настройки. Типы нечетких регуляторов и их сравнительный анализ.

Литература к теме 3: [\[2\]](#)

Тема 7. Нейро-нечеткие системы.

Содержание темы 3:

Представление нечеткой системы в виде многослойной нейронной сети. Функции, выполняемые каждым слоем. Методы обучения. Прямой и обратный ход. Кластеризация входных параметров. Параметризация функций принадлежности. Особенности нейро-нечетких систем.

Литература к теме 3: [2, 4].

### 3.3 Практические (семинарские) занятия не предусмотрены

### 3.4 Лабораторные работы

№ п/п	Тема работы	Объем, час. очн/заочн	Литература
1	Классификация данных с помощью персептронов	2/1	[1, 5]
2	Аппроксимация нелинейных функций с помощью нейронных сетей	4/1	[1, 5]
3	Адаптивная фильтрация шумов	4/0	[1, 5]
4	Идентификация параметров дискретных передаточных функций	2/0	[1, 5]
5	Регулирование уровня воды в баке с помощью нечеткого регулятора	4/2	[2, 5]
6	Стабилизация положения математического маятника с подвижной точкой подвеса	6/0	[2, 5]
7	Стабилизация положения обратного маятника с помощью системы Сугено	6/0	[2, 5]
8	Нейро-нечеткие системы аппроксимации	4/0	[2, 4, 5]
Итого:		34/4	

### 3.5 Самостоятельная работа студента

№ п/п	Виды самостоятельной работы студента	Объем, час. очн/заочн
1	Изучение лекционного материала (не менее 50% от объема лекций)	10/28
2	Подготовка к лабораторным работам (не менее 50% от объема аудиторных лабораторных занятий)	9/32
Итого:		19/60

### 3.6 Курсовой проект (работа), индивидуальное задание

Курсовой проект (работа) и индивидуальное задание по дисциплине учебным планом не предусмотрены.

## 4 ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ

### 4.1 Критерии и шкалы для интегрированной оценки уровня сформированности компетенций

*Составляющая компетенции – полнота знаний*

- нулевой уровень: неверные, не аргументированные, с множеством грубых ошибок ответы на вопросы / ответы на два вопроса из трех полностью отсутствуют. Уровень знаний ниже минимальных требований;

- минимальный уровень: даны не полные, не точные и аргументированные ответы на вопросы. Уровень знаний ниже минимальных требований. Допущено много грубых ошибок;

- пороговый уровень: даны недостаточно полные, точные и аргументированные ответы на вопросы. Плохо знает термины, определения и понятия; основные закономерности, соотношения, принципы. Допущено много негрубых ошибок;

- средний уровень: Даны достаточно полные, точные и аргументированные ответы на вопросы. В целом знает термины, определения и понятия; основные закономерности, соотношения, принципы. Допущено несколько негрубых ошибок;

- продвинутый уровень: даны полные, точные и аргументированные ответы на вопросы. Знает термины, определения и понятия; основные закономерности, соотношения, принципы. Допущено несколько негрубых ошибок;

- высокий уровень: даны полные, точные и аргументированные ответы на вопросы. Знает термины, определения и понятия; основные закономерности, соотношения, принципы. Допущено несколько неточностей.

#### *Составляющая компетенции – умения*

- нулевой уровень: полное отсутствие понимания сути методики решения задачи, допущено множество грубейших ошибок / задания не выполнены вообще;

- минимальный уровень: слабое понимание сути методики решения задачи, допущены грубые ошибки. Решения не обоснованы. Не умеет использовать нормативно-техническую литературу. Не ориентируется в специальной научной литературе, нормативно-правовых актах;

- пороговый уровень: достаточное понимание сути методики решения задачи, допущены ошибки. Решения не всегда обоснованы. Умеет использовать нормативно-техническую литературу. Слабо ориентируется в специальной научной литературе, нормативно-правовых актах;

- средний уровень: в целом понимает суть методики решения задачи, допущены ошибки. Решения не всегда обоснованы. Умеет использовать нормативно-техническую и специальную научную литературу, нормативно-правовые акты;

- продвинутый уровень: в целом понимает суть методики решения задачи, допущены неточности. Способен обосновать решения. Умеет использовать нормативно-техническую и специальную научную литературу, нормативно-правовые акты;

- высокий уровень: Понимает суть методики решения задачи. Способен обосновать решения. Умеет использовать нормативно-техническую и специальную научную литературу, передовой зарубежный опыт, нормативно-правовые акты.

#### *Составляющая компетенции – владение навыками*



- нулевой уровень: не продемонстрировал навыки выполнения профессиональных задач. Испытывает существенные трудности при выполнении отдельных заданий;
- минимальный уровень: не продемонстрировал навыки выполнения профессиональных задач. Испытывает существенные трудности при выполнении отдельных заданий;
- пороговый уровень: владеет опытом готовности к профессиональной деятельности и профессиональному самосовершенствованию на пороговом уровне. Трудовые действия выполняет медленно и некачественно;
- средний уровень: владеет средним опытом готовности к профессиональной деятельности и профессиональному самосовершенствованию. Трудовые действия выполняет на среднем уровне по скорости и качеству;
- продвинутый уровень: владеет опытом и достаточно выраженной личностной готовности к профессиональной деятельности и профессиональному самосовершенствованию. Быстро и качественно выполняет трудовые действия;
- высокий уровень: владеет опытом и выраженностью личностной готовности к профессиональной деятельности и профессиональному самосовершенствованию. Быстро и качественно выполняет трудовые действия.

#### *Обобщенная оценка сформированности компетенций*

- нулевой уровень: компетенции не сформированы;
- минимальный уровень: значительное количество компетенций не сформировано;
- пороговый уровень: все компетенции сформированы, но большинство на пороговом уровне;
- средний уровень: все компетенции сформированы на среднем уровне;
- продвинутый уровень: все компетенции сформированы на среднем или высоком уровне;
- высокий уровень: все компетенции сформированы на высоком уровне.

## 4.2 Критерии оценивания

Оценивание уровня освоения студентом учебного материала дисциплины «Нейро-фаззи управление электромеханическими системами» производится в ходе текущего контроля и промежуточной аттестации (семестрового контроля).

**Текущий контроль** знаний студента очной формы обучения осуществляется по результатам лабораторных работ, студента заочной формы обучения – по результатам выполнения контрольной работы. Выполнение лабораторных работ с защитой отчёта, выполнение индивидуального задания (контрольной работы), предусмотренных рабочей программой дисциплины, является необходимым условием допуска студента к экзамену.

Распределение баллов текущего контроля работы студента на протяжении семестра приведено в таблице 1.

Таблица 1 – Распределение баллов текущего контроля



Форма контроля	Возможное количество баллов	Примечание
Для студентов очной формы обучения		
Отчёт по лабораторным работам №1-7	12	Задание выполнено правильно, приведен анализ полученного результата
	8	Задание выполнено в целом правильно, возникли трудности в объяснении полученных результатов
Отчет по лабораторной работе №8	16	Задание выполнено правильно, приведено подробное обоснование методики решения и полученных результатов
	8	Задание выполнено в целом правильно, возникли трудности в объяснении полученных результатов
<b>Итого по лабораторным работам (максимально возможное)</b>	<b>100</b>	Из расчёта 8 лабораторных работ. Оценивается каждая лабораторная работа.
<b>ИТОГО</b>	<b>100</b>	Максимально возможное
Для студентов заочной формы обучения		
Выполнение контрольной работы (индивидуального задания)	<b>100</b>	При выполнении задания приняты правильные решения, изложение материала аргументированное, последовательное, работа оформлена без замечаний
	<b>70</b>	Задание выполнено в целом правильно, но полученные результаты не всегда обоснованы, имеются замечания по оформлению.
<b>ИТОГО</b>	<b>100</b>	Максимально возможное

**Промежуточная аттестация** по результатам освоения дисциплины в семестре проводится в форме семестрового зачета. Для определения уровня знаний студентов преподаватель руководствуется критериями оценки знаний, являющимися составляющей учебно-методического комплекса дисциплины.

**Итоговая оценка** определяется путем суммирования количества баллов по результатам текущего контроля. **Максимально возможное количество баллов – 100.**

Полученная оценка по 100-балльной шкале определяет оценку по государственной шкале и шкале ECTS:

Сумма баллов по 100-балльной шкале	Оценка по шкале ECTS	Оценка по государственной шкале
90-100	A	Зачтено
80-89	B	
75-79	C	
70-74	D	
60-69	E	

Сумма баллов по 100-бальной шкале	Оценка по шкале ECTS	Оценка по государственной шкале
35-59	FX	Не зачтено
0-34	F*	

\* – с обязательным повторным изучением дисциплины.

### 4.3 Пример текущего опроса на лабораторных работах

На примере темы «Преобразование координат в роботах-манипуляторах»:

1. В чем заключается прямая задача кинематики?
2. Что называется однородным преобразованием координат?
3. Что называют глобальной системой координат манипулятора?
4. Что называют локальной системой координат?
5. В какой системе координат формируется траектория движения? Почему?
6. В чем принципиальное различие между режимами работы блока Joint Actuator?
7. Как получить матрицу однородного преобразования координат?
8. Почему матрицы однородного преобразования перемножаются при вычислении координат схвата?

Ответы на вопросы входного контроля учитываются преподавателем в результатах текущего контроля работы студента.

## 5 РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

### I Основная литература

1. Горожанина, Е. И. Нейронные сети : учебное пособие / Е. И. Горожанина. — Самара : Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики, 2017. — 84 с. — ISBN 2227-8397. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/75391.html>. — Режим доступа: для авторизир. пользователей.

2. Яхьяева, Г. Э. Нечеткие множества и нейронные сети : учебное пособие / Г. Э. Яхьяева. — 4-е изд. — Москва : Интернет-Университет Информационных Технологий (ИНТУИТ), Ай Пи Ар Медиа, 2020. — 315 с. — ISBN 978-5-4497-0665-2. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/97552.html>. — Режим доступа: для авторизир. пользователей.

### II Дополнительная литература

3. Барский, А. Б. Введение в нейронные сети : учебное пособие / А. Б. Барский. — 3-е изд. — Москва, Саратов : Интернет-Университет Информационных Технологий (ИНТУИТ), Ай Пи Ар Медиа, 2020. — 357 с. — ISBN 978-5-4497-0309-5. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/89426.html>. — Режим доступа: для ав-

торизир. пользователей.

4. Лубенцова, Е. В. Системы управления с динамическим выбором структуры, нечеткой логикой и нейросетевыми моделями : монография / Е. В. Лубенцова. — Ставрополь : Северо-Кавказский федеральный университет, 2014. — 248 с. — ISBN 978-5-88648-902-6. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/63133.html>. — Режим доступа: для авторизир. пользователей.

## 6 УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### Учебно-методические издания, разработанные в ДонНТУ:

5. Методические рекомендации по выполнению лабораторных работ по дисциплине "Нейро-фаззи управление электромеханическими системами" [Электронный ресурс]. - 615 Кб. - Донецк, 2020. - 1 файл. - Систем. требования: Acrobat Reader. <http://ed.donntu.org/books/21/m6030.pdf>

6. Методические рекомендации по выполнению индивидуального задания по дисциплине "Нейро-фаззи управление электромеханическими системами" [Электронный ресурс]. - 555 Кб. - Донецк, 2020. - 1 файл. - Систем. требования: Acrobat Reader. <http://ed.donntu.org/books/21/m6031.pdf>

7. Методические рекомендации к самостоятельной работе по дисциплине "Нейро-фаззи управление электромеханическими системами" [Электронный ресурс]. - 248 Кб. - Донецк, 2020. - 1 файл. - Систем. требования: Acrobat Reader. <http://ed.donntu.org/books/21/m6029.pdf>

### Электронно-информационные ресурсы

ЭБС ДонНТУ – <http://donntu.org/library>

## 7 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

### 7.1 Лекционные занятия:

Учебная аудитория №8.303 учебный корпус 8 для проведения занятий лекционного типа, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля (мультимедийное оборудование: компьютер Intel Celeron E1200, операционная система Windows XP Professional x86/64 (академическая подписка DreamSparkPremium), LibreOffice 4.3.2.2, Google Slides (бесплатная версия), мультимедийный проектор, экран; специализированная мебель: доска аудиторная, столы аудиторные, стулья ученические; демонстрационные стенды и плакаты).

### 7.2 Лабораторные работы:

Дисплейный класс №8.205 учебный корпус 8 для проведения лабораторных занятий, групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля (мультимедийное оборудование: компьютеры Intel Pentium 4 3Ghz//2Gb/160Gb

(ОС - Windows XP Professional x86 и Windows 7 (академическая подписка DreamSparkPremium), LibreOffice 3.3.0.4 (бесплатная версия), специализированная мебель: доска передвижная, столы компьютерные, стулья ученические).

### **7.3 Самостоятельная работа:**

Помещения для самостоятельной работы с возможностью подключения к сети "Интернет" и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду организации: читальные залы, учебные корпуса 2,3 (компьютерная техника с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду (ЭИОС ДОННТУ) и электронно-библиотечную систему (ЭБС IPRbooks), а также возможностью индивидуального неограниченного доступа обучающихся в ЭБС и ЭИОС посредством Wi-Fi с персональных мобильных устройств. ОС- Microsoft Windows 7, OpenOffice 2.0.3 - общественная лицензия MPL 2.0/ Grub loader for ALT Linux - лицензия GNU LGPL v3/ Mozilla Firefox - лицензия MPL2.0, Moodle (Modular Object-Oriented Dynamic Learning Environment) - лицензия GNU GPL.