

**Министерство науки и высшего образования РФ**  
**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение**  
**высшего образования**  
**«Национальный исследовательский университет «МЭИ»**  
**Филиал ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ» в г. Волжском**

---

Направление подготовки: 13.04.01 Теплоэнергетика и теплотехника

Наименование образовательной программы: Автоматизированные системы управления объектами теплоэнергетики

Уровень образования: магистратура

Форма обучения: очная

**Рабочая программа дисциплины**  
**ИДЕНТИФИКАЦИЯ И ДИАГНОСТИКА СИСТЕМ (2)**

<b>Блок</b>	<b>Блок 1 «Дисциплины (модули)»</b>
<b>Часть образовательной программы</b>	<b>Формируемая участниками образовательных отношений</b>
<b>Индекс дисциплины по учебному плану</b>	<b>Б1.В.07</b>
<b>Трудоемкость в зачетных единицах</b>	<b>2 семестр – 3</b>
<b>Часов (всего) по учебному плану</b>	<b>108</b>
<b>Лекции</b>	<b>2 семестр – 16 часов</b>
<b>Практические занятия</b>	<b>2 семестр – 16 часов</b>
<b>Лабораторные работы</b>	<b>2 семестр – 16 часов</b>
<b>Консультации по курсовому проекту/ работе</b>	<b>учебным планом не предусмотрены</b>
<b>Самостоятельная работа</b>	<b>2 семестр – 42 часа</b>
<b>включая:</b> <b>РГР</b>	<b>2 семестр – 9 часов</b>
<b>Промежуточная аттестация:</b> <b>зачет с оценкой</b>	<b>2 семестр – 0,3 часа</b>
<b>Контроль:</b> <b>зачет с оценкой</b>	<b>2 семестр – 17,7 часа</b>

**ПРОГРАММУ СОСТАВИЛ:**

Доцент кафедры Энергетики, к.т.н.  
(должность, ученая степень, ученое звание)

  
(подпись)

С.А. Агринская  
(расшифровка подписи)


Заведующий кафедрой Энергетики  
(название кафедры)

  
(подпись)

Е.Г. Зенина  
(расшифровка подписи)

Руководитель образовательной программы Автоматизированные системы управления объектами теплоэнергетики

Доцент кафедры Энергетики, к.т.н.,  
доцент  
(должность, ученая степень, ученое звание)

  
(подпись)

И.А. Болдырев  
(расшифровка подписи)

**СОГЛАСОВАНО:**

Заведующий кафедрой Энергетики  
(название кафедры)

  
(подпись)

Е.Г. Зенина  
(расшифровка подписи)

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

**Цель освоения дисциплины** состоит в изучении методов идентификации и моделирования при построении математических моделей действующих технических систем.

**Задачами дисциплины являются:**

- освоение основных методов идентификации в статике и динамике;
- формирование навыков построения математических моделей заданного класса по данным активного и пассивного эксперимента;
- ознакомление с основными подходами к решению задачи диагностики технических систем;
- приобретение умений и навыков использования идей, методов, алгоритмов при решении прикладных научных задач.

Формируемые у обучающегося **компетенции** и запланированные **результаты обучения** дисциплине, соотнесенные с **индикаторами достижения компетенций**:

Код и наименование компетенции	Код и наименование индикатора достижения компетенции	Запланированные результаты обучения
ПК-1. Способен участвовать в сборе и анализе исходных данных для проектирования энергообъектов, проведении расчетов и экспериментов в соответствии с типовыми методиками и средствами автоматизации, обработкой полученных результатов, соблюдении производственной и экологической безопасности, управлении, эксплуатации, обслуживании, доводке процессов и ремонте технологического оборудования	ПК-1.2. Проводит расчеты и эксперименты в соответствии с типовыми методиками и средствами автоматизации и обрабатывает полученные результаты, формирует предложения по их практическому использованию	<b>знать:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>– основные принципы и методы построения и исследования математических моделей систем управления;</li><li>– основные методы идентификации в статике и динамике;</li><li>– методы обработки экспериментальной информации;</li><li>– основные подходы к решению задачи диагностики технических систем.</li></ul> <b>уметь:</b> <ul style="list-style-type: none"><li>– выбирать методы получения динамических моделей технических объектов;</li><li>– оценивать параметры статических и динамических моделей по результатам эксперимента;</li><li>– планировать и проводить экспериментальные исследования по изучению объектов управления;</li><li>– оценивать точность полученных математических моделей.</li></ul>

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ ВО

Дисциплина базируется на следующих дисциплинах: «АСУ энергоблоков».

Результаты обучения, полученные при освоении дисциплины, необходимы при изучении дисциплины «Теория управления», а также при выполнении выпускной квалификационной работы.

### 3. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

#### 3.1. Структура дисциплины

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачетных единиц, 108 часов.

№ п/п	Раздел дисциплины. Форма промежуточной аттеста- ции (по семестрам)	Всего ча- сов на раздел	Семестр	Распределение трудоемкости раздела (в часах) по видам учебной работы								Содержание самостоятельной работы (с указанием № источника по п. 5.1 и страниц в нем)	
				Контактная						СР	Конт- роль		
				Лек	Пр	Лаб	КПР	ИККП	ПА				
1	Классификация методов иденти- фикации	3	2	1	–	–	–	–	–	2	–	Изучение теоретического и практиче- ского материала: [1], стр. 5-7	
2	Выделение объекта моделирова- ния в пространстве параметров	3	2	1	–	–	–	–	–	2	–	Изучение теоретического и практиче- ского материала: [1], стр. 7-11 Выполнение №1 из расчетного задания.	
3	Математические модели объектов идентификации	8	2	2	4	4	–	–	–	4	–	Изучение теоретического и практиче- ского материала: [1], стр. 11-22. Выполнение №2 из расчетного задания.	
4	Аналитический подход к по- строению моделей	7	2	1	–	–	–	–	–	4	–	Изучение теоретического и практиче- ского материала: [1], стр. 27-35.	
5	Идентификация динамических объектов методами активного эксперимента	9	2	1	–	4	–	–	–	4	–	Изучение теоретического и практиче- ского материала: [1], стр. 35-47.	
6	Характеристики случайных про- цессов	7	2	1	6	–	–	–	–	4	–	Изучение теоретического и практиче- ского материала: [1], стр. 48-53. [3], стр. 4-8.	
7	Предварительная обработка экс- периментальных данных	11	2	1	6	–	–	–	–	4	–	Изучение теоретического и практиче- ского материала: [1], стр. 54-60. [3], стр. 9-59.	
8	Планирование эксперимента	5	2	1	–	–	–	–	–	4	–	Изучение теоретического и практиче- ского материала: [1], стр. 90-98.	
9	Параметрическая идентификация динамических объектов методами пассивного эксперимента	11	2	2	–	4	–	–	–	6	–	Изучение теоретического и практиче- ского материала: [1], стр. 99-106, 127-132.	

№ п/п	Раздел дисциплины. Форма промежуточной аттеста- ции <i>(по семестрам)</i>	Всего ча- сов на раздел	Семестр	Распределение трудоемкости раздела (в часах) по видам учебной работы								Содержание самостоятельной работы (с указанием № источника по п. 5.1 и страниц в нем)	
				Контактная						СР	Контр- роль		
				Лек	Пр	Лаб	КПР	ИККП	ПА				
10	Адаптивные алгоритмы иденти- фикации	10	2	2	–	4	–	–	–	4	–	Изучение теоретического и практиче- ского материала: [1], стр. 132-142.	
11	Диагностика систем	7	2	3	–	–	–	–	–	4	–	Изучение теоретического и практиче- ского материала: [1], стр. 143-154.	
	Зачет с оценкой	18	2	–	–	–	–	–	0,3	–	17,7	Зачет по совокупности результатов теку- щего контроля успеваемости	
	<b>Итого за семестр</b>	<b>108</b>	–	<b>16</b>	<b>16</b>	<b>16</b>	–	–	<b>0,3</b>	<b>42</b>	<b>17,7</b>		

Примечание: Лек – лекции; Пр – практические занятия; Лаб – лабораторные работы; КПР – аудиторные консультации по курсовым проектам/работам; ИККП – индивидуальные консультации по курсовым проектам/работам; ПА – промежуточная аттестация; СР – самостоятельная работа студента.

### 3.2. Краткое содержание разделов

#### 2 семестр

##### 1. Классификация методов идентификации

##### 2. Выделение объекта моделирования в пространстве параметров

Теплообменник. Химический реактор непрерывного действия.

##### 3. Математические модели объектов идентификации

Дифференциальное уравнение  $n$ -го порядка. Система дифференциальных уравнений первого порядка. Модель в пространстве состояний. Передаточная функция. Импульсная переходная (весовая) функция  $g(t)$ . Переходная функция  $h(t)$ . Частотные характеристики.

##### 4. Аналитический подход к построению моделей

##### 5. Идентификация динамических объектов методами активного эксперимента

Идентификация с помощью переходной функции. Частотный метод идентификации.

##### 6. Характеристики случайных процессов

Математическое ожидание. Дисперсия. Среднеквадратическое отклонение. Коэффициент корреляции (или ковариации). Нормированный коэффициент взаимной корреляции. Автокорреляционная функция. Взаимная корреляционная функция. Спектральная плотность.

##### 7. Предварительная обработка экспериментальных данных

Дискретизация сигналов. Фильтрация сигналов.

##### 8. Планирование эксперимента

Положение о рандомизации. Положение о многофакторности. Понятие о дробном факторном эксперименте.

##### 9. Параметрическая идентификация динамических объектов методами пассивного эксперимента

Уравнение Винера–Хопфа. Решение уравнения Винера–Хопфа. Определение параметров дифференциального уравнения.

##### 10. Адаптивные алгоритмы идентификации

##### 11. Диагностика систем

Общие понятия и определения. Виды неисправности технических систем. Диагностические модели и процедура диагностики. Применение аппарата проверки статистических гипотез в диагностике. Диагностика дискретных устройств.

### 3.3. Темы практических занятий

#### 2 семестр

1. Получение математических моделей объектов идентификации (4 часа)
2. Построение дискретного и интервального вариационного ряда (2 часа).
3. Графические представления анализа выборки (2 часа).
4. Вычисление моды и медианы для массива данных (2 часа).
5. Оценка эффективности средних значений, как оценки математического ожидания выборки (2 часа).
6. Построение доверительных интервалов, коэффициент вариации. Отсев выпадающих точек (2 часа).
7. Проверка статистических гипотез (2 часа).

### 3.4. Темы лабораторных работ

#### 2 семестр

1. Исследование математических моделей объектов идентификации (4 часа).
2. Идентификация динамических объектов методами активного эксперимента (4 часа).
3. Параметрическая идентификация динамических объектов методами пассивного эксперимента (4 часа).
4. Адаптивные алгоритмы идентификации (4 часа).

### **3.5. РГР**

**Тематика расчетного задания:** Идентификация объекта управления по экспериментальным данным.

### **3.6. Тематика курсовых проектов/курсовых работ**

Курсовой проект/курсовая работа учебным планом не предусмотрены.

### 3.7. Соответствие разделов дисциплины и формируемых в них компетенций

Запланированные результаты обучения по дисциплине (в соответствии с разделом 1)	Коды индикаторов	Номер раздела дисциплины (в соответствии с п.3.1)											Оценочное средство (тип и наименование)
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
<b>Знать:</b>													
основные принципы и методы построения и исследования математических моделей систем управления	ПК-1.2		X	X	X								Тест «Математическое описание элементов систем автоматического управления»
основные методы идентификации в статике и динамике	ПК-1.2	X				X				X	X		Тест «Методы идентификации систем управления»
методы обработки экспериментальной информации	ПК-1.2						X	X	X				Тест «Основные характеристики случайных процессов»
основные подходы к решению задачи диагностики технических систем	ПК-1.2											X	Тест «Диагностика технических систем»
<b>Уметь:</b>													
выбирать методы получения динамических моделей технических объектов	ПК-1.2	X				X				X	X		Лабораторная работа «Идентификация динамических объектов методами активного эксперимента» Лабораторная работа «Параметрическая идентификация динамических объектов методами пассивного эксперимента» Лабораторная работа «Адаптивные алгоритмы идентификации» Защита расчетного задания (задание №1)
оценивать параметры статических и динамических моделей по результатам эксперимента	ПК-1.2		X	X	X								Лабораторная работа «Исследование математических моделей объектов идентификации» Защита расчетного задания (задание №2)
планировать и проводить экспериментальные исследования по изучению объектов управления	ПК-1.2								X				Контрольная работа «Планирование эксперимента»
оценивать точность полученных математических моделей	ПК-1.2						X	X					Контрольная работа «Статистическая обработка экспериментальных данных»



#### **4. КОМПЕТЕНТНОСТНО-ОРИЕНТИРОВАННЫЕ ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ УСПЕВАЕМОСТИ И ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕ- СТАЦИИ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

##### **4.1. Текущий контроль успеваемости по дисциплине:**

###### **2 семестр**

– тестирование:

1. Тест «Математическое описание элементов систем автоматического управления»
2. Тест «Методы идентификации систем управления»
3. Тест «Основные характеристики случайных процессов»
4. Тест «Диагностика технических систем»

– контрольные работы:

1. Контрольная работа «Планирование эксперимента»
2. Контрольная работа «Статистическая обработка экспериментальных данных»

– лабораторные работы:

1. Лабораторная работа «Исследование математических моделей объектов идентификации»
2. Лабораторная работа «Идентификация динамических объектов методами активного эксперимента»
3. Лабораторная работа «Параметрическая идентификация динамических объектов методами пассивного эксперимента»
4. Лабораторная работа «Адаптивные алгоритмы идентификации»

– выполнение и защита расчетного задания

Балльно-рейтинговая структура дисциплины является приложением А.

##### **4.2. Промежуточная аттестация по дисциплине (части дисциплины):**

###### **2 семестр**

Зачет с оценкой

Оценка определяется по совокупности результатов текущего контроля успеваемости в соответствии с Положением о балльно-рейтинговой системе для студентов филиала НИУ «МЭИ» в г. Волжском.

В приложение к диплому вносится оценка за 2 семестр.

**Примечание:** Оценочные материалы по дисциплине приведены в фонде оценочных материалов ОПОП.

#### **5. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

##### **5.1. Печатные и электронные издания:**

1. **Коновалов, В. И.** Идентификация и диагностика систем: учебное пособие/ Коновалов В.И.; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2010. – 163 с.
2. **Шамигулов, П. В.** Решение задач по теории автоматического управления с применением программы Mathcad: учебное пособие по дисциплине «Теория автоматического управления». – Волжский: ВФ МЭИ, 2008. – 40с.
3. **Никитин, В. И.** Статистические методы обработки экспериментальных данных: учебное пособие для студентов заочной формы обучения. – Самара: Самар. гос. техн. ун-т, 2016. – 64с.
4. **Ротач, В. Я.** Теория автоматического управления: Учебник для вузов. – 2-е изд., перераб и доп. – М.: Издательство МЭИ, 2004. – 400 с., ил.

## **5.2 Лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:**

Microsoft Word, Excel, SMath Studio, SimInTech, Power Point.

## **5.3. Интернет-ресурсы, включая профессиональные базы данных и информационные справочные системы:**

Университетская информационная система «РОССИЯ» <https://uisrussia.msu.ru>  
Справочно-правовая система «Консультант+» <http://www.consultant-urist.ru>  
Справочно-правовая система «Гарант» <http://www.garant.ru>  
Базаданных Web of Science <https://apps.webofknowledge.com/>  
База данных Scopus <https://www.scopus.com>  
Портал открытых данных Российской Федерации <https://data.gov.ru>  
База открытых данных Министерства труда и социальной защиты РФ <https://rosmintrud.ru/opendata>  
База данных Научной электронной библиотеки eLIBRARY.RU <https://elibrary.ru/>  
База данных профессиональных стандартов Министерства труда и социальной защиты РФ <http://profstandart.rosmintrud.ru/obshchiy-informatsionnyy-blok/natsionalnyy-reestr-professionalnykh-standartov/>  
Базы данных Министерства экономического развития РФ <http://www.economy.gov.ru>  
База открытых данных Росфинмониторинга <http://www.fedsfm.ru/opendata>  
Электронная база данных «Издательство Лань» <https://e.lanbook.com>  
Федеральная государственная информационная система «Национальная электронная библиотека» <https://нэб.рф>  
Национальный портал онлайн обучения «Открытое образование» <https://openedu.ru>  
Электронная база данных "Polpred.com Обзор СМИ" <https://www.polpred.com>  
Официальный сайт Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии <http://protect.gost.ru/>  
Электронная библиотека МЭИ <https://ntb.mpei.ru/e-library/index.php>.

## **6. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

Лекционные и практические занятия проводятся в учебных аудиториях, снабженных оборудованием для показа обучающих материалов, средствами звуковоспроизведения, доской аудиторной, оборудованием для представления презентаций (плазменная панель, персональный компьютер). Лабораторные занятия проводятся в компьютерных классах.

## БАЛЛЬНО-РЕЙТИНГОВАЯ СТРУКТУРА ДИСЦИПЛИНЫ

## Идентификация и диагностика систем

(название дисциплины)

## 2 семестр

Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:

КМ-1	Тест «Математическое описание элементов систем автоматического управления»
КМ-2	Лабораторная работа «Исследование математических моделей объектов идентификации»
КМ-3	Тест «Методы идентификации систем управления»
КМ-4	Лабораторная работа «Идентификация динамических объектов методами активного эксперимента»
КМ-5	Тест «Основные характеристики случайных процессов»
КМ-6	Лабораторная работа «Параметрическая идентификация динамических объектов методами пассивного эксперимента»
КМ-7	Лабораторная работа «Адаптивные алгоритмы идентификации»
КМ-8	Контрольная работа «Планирование эксперимента»
КМ-9	Контрольная работа «Статистическая обработка экспериментальных данных»
КМ-10	Тест «Диагностика технических систем»
КМ-11	Выполнение и защита расчетного задания

Вид промежуточной аттестации – зачет с оценкой.

Трудоемкость дисциплины = 3 з.е.

Номер раздела	Раздел дисциплины	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4	КМ-5	КМ-6	КМ-7	КМ-8	КМ-9	КМ-10	КМ-11
1	Классификация методов идентификации				+	+		+	+				+
2	Выделение объекта моделирования в пространстве параметров		+	+									+
3	Математические модели объектов идентификации		+	+									+
4	Аналитический подход к построению моделей		+	+									+
5	Идентификация динамических объектов методами активного эксперимента				+	+		+	+				+
6	Характеристики случайных процессов						+				+		
7	Предварительная обработка экспериментальных данных						+				+		
8	Планирование эксперимента						+			+			
9	Параметрическая идентификация динамических объектов методами пассивного эксперимента				+	+		+	+				+
10	Адаптивные алгоритмы идентификации				+	+		+	+				
11	Диагностика систем											+	
	Минимальный балл за КМ		5	6	5	6	5	6	6	5	5	5	6
	Максимальный балл за КМ		8	9	8	9	8	9	9	8	8	8	16