



Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования

**Пермский национальный исследовательский  
политехнический университет**  
Химико-технологический факультет  
кафедра Автоматизации технологических процессов



**УТВЕРЖДАЮ**

Проректор по учебной работе  
д-р техн. наук, проф.

Н. В. Лобов

2016 г.

**УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС ДИСЦИПЛИНЫ**  
**«Идентификация химико-технологических объектов и систем управления»**

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

Программа академического бакалавриата

Направление 15.03.04 Автоматизация технологических процессов и произ-  
водств

**Профиль подготовки бакалавра:** Автоматизация химико-технологических процессов и  
производств

**Квалификация выпускника:** бакалавр

**Выпускающая кафедра:** Автоматизация технологических процессов

**Форма обучения:** очная

**Курс:** 4

**Семестр(ы):** 7

**Трудоёмкость:**

Кредитов по рабочему учебному плану:

5 3Е

Часов по рабочему учебному плану:

180 ч

**Виды контроля:**

Экзамен: 7 сем.

Зачёт: —

Курсовой проект: —

Курсовая работа: —

Пермь 2016

**Учебно-методический комплекс дисциплины «Идентификация химико-технологических объектов и систем управления»** разработан на основании:

- федерального государственного образовательного стандарта высшего образования, утверждённого приказом Министерства образования и науки Российской Федерации «12» марта 2015 г. номер приказа 200 по направлению подготовки 15.03.04 «Автоматизация технологических процессов и производств» (уровень бакалавриата);
- компетентностной модели выпускника ОПОП по направлению подготовки 15.03.04 «Автоматизация технологических процессов и производств», профиля «Автоматизация химико-технологических процессов и производств», утверждённого «24» июня 2013г. (с изменениями в связи с переходом на ФГОС ВО);
- базового учебного плана очной формы обучения по направлению подготовки 15.03.04 «Автоматизация технологических процессов и производств», профиля «Автоматизация химико-технологических процессов и производств», утверждённого «28» апреля 2016 г.

**Рабочая программа согласована** с рабочими программами дисциплин Теория автоматического управления<sup>1</sup>, Моделирование систем и процессов, Методы моделирования в исследовании и идентификации объектов управления, Автоматизация технологических процессов и производств, Интегрированные системы проектирования и управления, CASE-технологии, Информационное обеспечение систем управления, участвующих в формировании компетенций совместно с данной дисциплиной.

Разработчик(и)                      канд. техн. наук



И.А. Вялых

Рецензент                              д-р техн. наук, проф.



А.Г. Шумихин

**Рабочая программа рассмотрена и одобрена на заседании кафедры «Автоматизация технологических процессов»** 08 ноября 2016 г., протокол № 3.

Заведующий кафедрой  
автоматизации технологических процессов и  
производств,  
д-р техн. наук, проф.



А.Г. Шумихин

**Рабочая программа одобрена учебно-методической комиссией** химико-технологического факультета «14» ноября 2016 г., протокол № 47.

Председатель учебно-методической комиссии  
химико-технологического факультета,  
канд. техн. наук, доц.



Е.Р. Мошев

**СОГЛАСОВАНО**

Начальник управления образовательных  
программ, канд. техн. наук, доц.



Д.С. Репецкий

## 1 Общие положения

### 1.1 Цель учебной дисциплины

Цель изучения дисциплины «Идентификация химико-технологических объектов и систем управления» заключается в формировании системы знаний, навыков и умений экспериментально-статистического исследования характеристик химико-технологических объектов и систем управления, статистического оценивания наблюдений и идентификации химико-технологических процессов, как объектов управления, формальными математическими моделями, необходимых для осуществления видов профессиональной деятельности, предусмотренных ФГОС ВО.

В процессе изучения данной дисциплины студент расширяет и углубляет следующие компетенции:

- способность участвовать в работах по моделированию продукции, технологических процессов, производств, средств и систем автоматизации, контроля, диагностики, испытаний и управления процессами, жизненным циклом продукции и ее качеством с использованием современных средств автоматизированного проектирования, по разработке алгоритмического и программного обеспечения средств и систем автоматизации и управления процессами (ПК-19);
- способность проводить эксперименты по заданным методикам с обработкой и анализом их результатов, составлять описания выполненных исследований и подготавливать данные для разработки научных обзоров и публикаций (ПК-20)

### 1.2 Задачи учебной дисциплины

- **изучение** методов статистической обработки случайных наблюдений параметров объекта и случайных процессов на входе и выходе; методов и алгоритмов структурной и параметрической идентификации динамических и статических режимов технологических процессов, как объектов управления, на основе экспериментальных выборочных наблюдений за параметрами процессов;
- **формирование умений** идентификации объектов управления с использованием вычислительного эксперимента на имитационных моделях технологических объектов, методами экспериментального исследования их динамических и статических характеристик;
- **формирование навыков** работы с современными методами и математическим аппаратом, применяемым при идентификации химико-технологических процессов, как объектов управления, формальными математическими моделями.

### 1.3 Предметом освоения дисциплины являются следующие объекты:

- формальные математические модели, методы и алгоритмы, применяемые для идентификации химико-технологических процессов и систем как объектов управления;
- методы и алгоритмы статистической обработки экспериментальных наблюдений за параметрами технологических процессов;
- методики исследования алгоритмов идентификации управляемых химико-технологических объектов на ЦЭВМ с применением моделирования на имитационных моделях объектов;
- адаптивные алгоритмы оперативной коррекции математических моделей, применяемых в составе алгоритмического (программного) обеспечения систем управления, по результатам текущих наблюдений параметров химико-технологических процессов.

### 1.4 Место учебной дисциплины в структуре образовательной программы.

Дисциплина «Идентификация химико-технологических объектов и систем управления» относится к вариативной части «Блока 1. Дисциплины (модули)» и является дисциплиной по выбору при освоении ОПОП по направлению подготовки 15.03.04 «Автоматизация технологических процессов и производств», профилю «Автоматизация химико-технологических процессов и производств».

В результате изучения дисциплины обучающийся должен освоить части указанных в пункте 1.1 компетенций и продемонстрировать следующие результаты:

- **знать:**
  - способы оценки точности (неопределенности) измерений и испытаний и достоверности контроля;
  - методы построения математических моделей, их упрощения, технические и программные средства моделирования; технологию планирования эксперимента;
  - методы статистического моделирования на персональном компьютере;
- **уметь:**
  - реализовывать простые алгоритмы имитационного моделирования;
  - использовать основные методы построения математических моделей процессов;
  - планировать модельный эксперимент и обрабатывать его результаты на персональном компьютере;
  - оценивать точность и достоверность результатов моделирования;
- **владеть:**
  - навыками обработки экспериментальных данных и оценки точности (неопределенности) измерений, испытаний и достоверности контроля;
  - навыками работы с программной системой для математического и имитационного моделирования.

В таблице 1.1 приведены предшествующие и последующие дисциплины, направленные на формирование компетенций, заявленных в пункте 1.1.

Таблица 1.1 – Дисциплины, направленные на формирование компетенций

| Код                                 | Наименование компетенции                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | Предшествующие дисциплины                                                                                 | Последующие дисциплины (группы дисциплин)              |
|-------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|
| <b>Профессиональные компетенции</b> |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |                                                                                                           |                                                        |
| ПК-19                               | способность участвовать в работах по моделированию продукции, технологических процессов, производств, средств и систем автоматизации, контроля, диагностики, испытаний и управления процессами, жизненным циклом продукции и ее качеством с использованием современных средств автоматизированного проектирования, по разработке алгоритмического | Моделирование систем и процессов, Методы моделирования в исследовании и идентификации объектов управления | Интегрированные системы проектирования и управления    |
| ПК-20                               | способность проводить эксперименты по заданным методикам с обработкой и анализом их результатов, составлять описания выполненных исследований и подготавливать данные для                                                                                                                                                                         | Теория автоматического управления 1                                                                       | Автоматизация технологических процессов и производств, |

## 2 Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с планируемыми результатами освоения образовательной программы

Учебная дисциплина обеспечивает формирование части компетенции ПК-19 и ПК-20.

### 2.1 Дисциплинарная карта компетенции ПК-19

|                                  |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        |
|----------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Код ПК-19</b>                 | <b>Формулировка компетенции</b><br>способность участвовать в работах по моделированию продукции, технологических процессов, производств, средств и систем автоматизации, контроля, диагностики, испытаний и управления процессами, жизненным циклом продукции и ее качеством с использованием современных средств автоматизированного проектирования, по разработке алгоритмического и программного обеспечения средств и систем автоматизации и управления процессами |
| <b>Код ПК-19.<br/>Б1.ДВ.09.1</b> | <b>Формулировка дисциплинарной части компетенции</b><br>способность участвовать в работах по моделированию продукции, технологических процессов, производств, качеством продукции с использованием современных средств автоматизированного проектирования, по разработке алгоритмического обеспечения средств и систем автоматизации и управления процессами                                                                                                           |

### Требования к компонентному составу части компетенции

| Перечень компонентов                                                                                                                                           | Виды учебной работы                                                                                                                                   | Средства оценки                                                                                     |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------|
| В результате освоения компетенции студент                                                                                                                      |                                                                                                                                                       |                                                                                                     |
| <b>Знает:</b><br>– методы статистического моделирования на персональном компьютере;                                                                            | Лекции.<br>Самостоятельная работа студентов по изучению теоретического материала.                                                                     | Контрольные вопросы для текущего и промежуточного контроля. Вопросы к экзамену.                     |
| <b>Умеет:</b><br>– реализовывать простые алгоритмы имитационного моделирования;<br>– использовать основные методы построения математических моделей процессов; | Практические занятия.<br>Лабораторные работы.<br>Самостоятельная работа студентов (подготовка к лекциям, практическим занятиям, лабораторным работам) | Типовые задания к практическим занятиям и лабораторным работам.<br>Практические задания к экзамену. |
| <b>Владеет:</b><br>– навыками работы с программной системой для математического и имитационного моделирования.                                                 | Практические занятия.<br>Лабораторные работы.<br>Самостоятельная работа по подготовке к экзамену.                                                     | Типовые задания к практическим занятиям и лабораторным работам.<br>Практические задания к экзамену. |

## 2.2 Дисциплинарная карта компетенции ПК-20

|                  |                                                                                                                                                                                                                                                      |
|------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Код ПК-19</b> | <b>Формулировка компетенции</b><br>способность проводить эксперименты по заданным методикам с обработкой и анализом их результатов, составлять описания выполненных исследований и подготавливать данные для разработки научных обзоров и публикаций |
|------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

|                              |                                                                                                                                                         |
|------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Код ПК-20. Б1.ДВ.09.1</b> | <b>Формулировка дисциплинарной части компетенции</b><br>способность проводить эксперименты по заданным методикам с обработкой и анализом их результатов |
|------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

### Требования к компонентному составу части компетенции

| Перечень компонентов                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | Виды учебной работы                                                                                                                             | Средства оценки                                                                                  |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|
| В результате освоения компетенции студент                                                                                                                                                                                                                                                                               |                                                                                                                                                 |                                                                                                  |
| <b>Знает:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>– способы оценки точности (неопределенности) измерений и испытаний и достоверности контроля;</li> <li>– методы построения математических моделей, их упрощения, технические и программные средства моделирования; технологию планирования эксперимента;</li> </ul> | Лекции. Самостоятельная работа студентов по изучению теоретического материала.                                                                  | Контрольные вопросы для текущего и промежуточного контроля. Вопросы к экзамену.                  |
| <b>Умеет:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>– планировать модельный эксперимент и обрабатывать его результаты на персональном компьютере;</li> <li>– оценивать точность и достоверность результатов моделирования;</li> </ul>                                                                                  | Практические занятия. Лабораторные работы. Самостоятельная работа студентов (подготовка к лекциям, практическим занятиям, лабораторным работам) | Типовые задания к практическим занятиям и лабораторным работам. Практические задания к экзамену. |
| <b>Владеет:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>– навыками обработки экспериментальных данных и оценки точности (неопределенности) измерений, испытаний и достоверности контроля;</li> </ul>                                                                                                                     | Практические занятия. Лабораторные работы. Самостоятельная работа по подготовке к экзамену.                                                     | Типовые задания к практическим занятиям и лабораторным работам. Практические задания к экзамену. |

### 3 Структура учебной дисциплины по видам и формам учебной работы

Объем дисциплины в зачетных единицах составляет 5 ЗЕ. Количество часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся указано в таблице 3.1.

Таблица 3.1 – Объем и виды учебной работы

| №<br>п.п. | Виды учебной работы                                                                       | Трудоёмкость, ч |   |            |
|-----------|-------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|---|------------|
|           |                                                                                           | по семестрам    |   | всего      |
| 1         | 2                                                                                         | 3               | 4 | 5          |
| 1         | <b>Аудиторная (контактная работа)</b>                                                     | 70              |   | <b>70</b>  |
|           | -в том числе в интерактивной форме                                                        |                 |   |            |
|           | - лекции (Л)                                                                              | 27              |   | <b>27</b>  |
|           | -в том числе в интерактивной форме                                                        |                 |   |            |
|           | - практические занятия (ПЗ)                                                               | 25              |   | <b>25</b>  |
|           | -в том числе в интерактивной форме                                                        |                 |   |            |
|           | - лабораторные работы (ЛР)                                                                | 18              |   | <b>18</b>  |
|           | -в том числе в интерактивной форме                                                        |                 |   |            |
| 2         | Контроль самостоятельной работы (КСР)                                                     | 2               |   | <b>2</b>   |
| 3         | <b>Самостоятельная работа студентов (СРС)</b>                                             | 72              |   | <b>72</b>  |
|           | - изучение теоретического материала                                                       | 30              |   | <b>30</b>  |
|           | - подготовка к аудиторным занятиям (лекциям, практическим, лабораторным)                  | 20              |   | <b>20</b>  |
|           | - подготовка отчетов по лабораторным работам (практическим занятиям)                      | 22              |   | <b>22</b>  |
| 4         | Итоговый контроль (промежуточная аттестация обучающихся) по дисциплине:<br><i>экзамен</i> | 36              |   | <b>36</b>  |
| 5         | <b>Трудоёмкость дисциплины, всего:</b>                                                    |                 |   |            |
|           | <b>в часах (ч)</b>                                                                        | <b>180</b>      |   | <b>180</b> |
|           | <b>в зачётных единицах (ЗЕ)</b>                                                           | <b>5</b>        |   | <b>5</b>   |

## 4 Содержание учебной дисциплины

### 4.1 Модульный тематический план

Таблица 4.1 – Тематический план по модулям учебной дисциплины

| Номер<br>учеб-<br>ного<br>мо-<br>дуля     | Номер<br>раз-<br>дела<br>дисци-<br>пли-<br>ны | Номер<br>темы<br>дисциплины | Количество часов и виды занятий (очная<br>форма обучения) |      |    |    |     |                                |                                               | Трудо-<br>ёмкость,<br>ч / ЗЕ |
|-------------------------------------------|-----------------------------------------------|-----------------------------|-----------------------------------------------------------|------|----|----|-----|--------------------------------|-----------------------------------------------|------------------------------|
|                                           |                                               |                             | аудиторная работа                                         |      |    |    | КСР | итого-<br>вый<br>кон-<br>троль | само-<br>стоя-<br>тель-<br>ная<br>рабо-<br>та |                              |
|                                           |                                               |                             | всего                                                     | Л    | ПЗ | ЛР |     |                                |                                               |                              |
| 1                                         | 2                                             | 3                           | 4                                                         | 5    | 6  | 7  | 8   |                                | 10                                            | 11                           |
| 1                                         | 1                                             | Введение                    | 0,5                                                       | 0,5  |    |    |     |                                |                                               | 0,5                          |
|                                           |                                               | 1                           | 5                                                         | 2    | 1  | 2  |     |                                | 6                                             | 11                           |
|                                           |                                               | 2                           | 6                                                         | 2    | 2  | 2  |     |                                | 6                                             | 12                           |
|                                           | 2                                             | 3                           | 4                                                         | 2    | 2  |    |     |                                | 5                                             | 9                            |
|                                           |                                               | 4                           | 4                                                         | 2    | 2  |    |     |                                | 3                                             | 7                            |
|                                           |                                               | 5                           | 6                                                         | 2    | 2  | 2  |     |                                | 5                                             | 11                           |
|                                           | Итого по модулю:                              |                             | 25,5                                                      | 10,5 | 9  | 6  | 0,5 |                                | 25                                            | 51/1,42                      |
|                                           | 2                                             | 3                           | 6                                                         | 6    | 2  | 2  | 2   |                                |                                               | 6                            |
| 7                                         |                                               |                             | 6                                                         | 2    | 3  | 1  |     |                                | 6                                             | 12                           |
| 4                                         |                                               | 8                           | 5                                                         | 2    | 2  | 1  |     |                                | 6                                             | 11                           |
|                                           |                                               | 9                           | 6                                                         | 2    | 2  | 2  |     |                                | 6                                             | 12                           |
|                                           |                                               | 10                          | 6                                                         | 2    | 2  | 2  |     |                                | 6                                             | 12                           |
| Итого по модулю:                          |                                               | 29                          | 10                                                        | 11   | 8  | 1  |     | 30                             | 60/1,66                                       |                              |
| 3                                         |                                               | 5                           | 11                                                        | 6    | 2  | 2  | 2   |                                |                                               | 6                            |
|                                           | 12                                            |                             | 6                                                         | 2    | 2  | 2  |     |                                | 6                                             | 12                           |
|                                           | 13                                            |                             | 3                                                         | 2    | 1  |    |     |                                | 5                                             | 8                            |
|                                           | Заключе-<br>ние                               |                             | 0,5                                                       | 0,5  |    |    |     |                                |                                               | 0,5                          |
|                                           | Итого по модулю:                              |                             | 15,5                                                      | 6,5  | 5  | 4  | 0,5 |                                | 17                                            | 33/0,92                      |
| Промежуточная аттеста-<br>ция:<br>Экзамен |                                               |                             |                                                           |      |    |    |     | 36                             |                                               | 36/1                         |
| Всего:                                    |                                               |                             | 70                                                        | 27   | 25 | 18 | 2   | 36                             | 72                                            | 180/5                        |

### 4.2 Содержание разделов и тем учебной дисциплины

**Введение. Л – 0,5 ч.**

*Основные понятия, термины и определения. Предмет и задачи дисциплины.*

**Модуль 1. Статистические законы распределения случайных величин**

**Раздел 1. Общие понятия, характеристики случайных величин.**

Л – 4 ч, ПЗ – 3 ч, ЛР – 4 ч, КРС – 12 ч.

**Тема 1. Понятие случайной величины (СВ). Точечные оценки СВ**

Основные понятия идентификации, случайная величина, выборка, алгоритмы получения выборки. Точечные характеристики случайных величин и их оценки

## Тема 2. Законы распределения СВ

Ряд распределения. Интегральный и дифференциальный законы распределения СВ, их свойства (и следствия), графическое представление. Численные характеристики дискретных и непрерывных СВ, свойства. Мода, медиана, дисперсия, СКО, начальные и центральные моменты, асимметрия, эксцесс.

## Раздел 2. Статистические законы распределения СВ

Л – 6 ч, ПЗ – 6 ч, ЛР – 2 ч, СРС – 13 ч.

Тема 3. Распределение Пуассона, показательное распределение, Интегральное распределение, Равномерное распределение.

Законы распределения СВ. Биноминальное распределение, распределение Пуассона, показательное распределение, интегральное распределение, равномерное распределение, их числовые характеристики.

Тема 4. Нормальное распределение. Нормированное нормальное распределение. Правило трех сигм.

Нормальное распределение, Нормированное нормальное распределение их числовые характеристики. Правило трех сигм.

Тема 5. Распределение Пирсона, Распределение Стьюдента, Распределение Фишера.

Статистические законы распределения случайных величин, их численные характеристики.

## Модуль 2. Регрессионный анализ и проверка статистических гипотез

### Раздел 3. Проверка статистических гипотез и оценка СВ.

Л – 4 ч, ПЗ – 5 ч, ЛР – 3 ч, СРС – 12 ч.

Тема 6. Точечные и интервальные оценки математического ожидания и дисперсии.

Точечные и интервальные статистические оценки параметров распределения, их свойства. Методика построения доверительных интервалов на примере среднего значения и дисперсии. Совместные функции распределения СВ, их свойства. Понятие ковариации и ее оценки. Нормированный показатель связи.

Тема 7. Понятие и виды статистических гипотез, критерии проверки гипотез оценки математического ожидания и дисперсии СВ.

Статистическая гипотеза, понятие, виды. Принцип проверки статистической гипотезы. Критическая область. Ошибки проверки гипотезы. Понятие уровня значимости. Стандартные критерии для проверки гипотез математического ожидания, дисперсии СВ. Сравнение дисперсий генеральной совокупности и нормальной выборки из нее.

### Раздел 4. Регрессионный анализ.

Л – 6 ч, ПЗ – 6 ч, ЛР – 5 ч, СРС – 18 ч.

Тема 8. Понятие регрессионного анализа. Разложение математического описания в ряд Тейлора.

Составление математических моделей экспериментально-статистическими методами. Активный и пассивный эксперименты. Факторное пространство. По-

верхность отклика. Разложение математического описания в полином – отрезок ряда Тейлора. Определение оценок коэффициентов уравнения по МНК. Зависимость числа коэффициентов от числа факторов и степени полинома. Методы регрессионного анализа. Эмпирическая линия регрессии, порядок построения, применение.

Тема 9. Решение задачи определения параметров регрессии в общем виде.

Решение задачи определения параметров регрессии в общем виде. Линейная регрессия одной переменной. Оценка связи коэффициентов регрессии. Регрессионный анализ. Условия осуществления регрессионного анализа. Определение однородности дисперсии. Регрессионный анализ. Оценка значимости коэффициентов регрессии. Проверка адекватности.

Тема 10. Методы регрессии.

Параболическая регрессия. Трансцендентная регрессия. Оценка тесноты нелинейной связи. Корреляционный анализ. Линейная регрессия нескольких переменных. Регрессионный анализ в матричной форме. Матрица дисперсий-ковариаций. Оценка качества подбора функции регрессии, построение доверительных интервалов для оценок коэффициентов. Метод множественной регрессии Брандона.

### **Модуль 3. Идентификация динамических характеристик объектов управления и прогноз измеряемых координат процесса**

**Раздел 5. Идентификация динамических характеристик объектов управления.**

Л – 6 ч, ПЗ – 5 ч, ЛР – 4 ч, СРС – 17 ч.

Тема 11. Методика нахождения КЧХ объекта управления по реализации случайных процессов на входе и выходе объекта управления.

Идентификация динамических характеристик объекта управления. Предпосылки. Порядок расчета корреляционных функций. Последовательность определения параметров передаточной функции по реализации случайных процессов на входе и выходе объекта. Методика обработки реализации случайных процессов. Определение КЧХ объекта по корреляционным функциям.

Тема 12. Методика нахождения передаточной функции объекта управления методом моментов ИПФ.

Расчет моментов корреляционной функции. Параметрический синтез математической модели ОУ методом моментов ИПФ и корреляционных функций.

Тема 13. Прогнозирование измеряемых координат процесса. Фильтрация и сглаживание.

Прогнозирование измеряемых координат процесса. Модель авторегрессии. Полиномиальная модель. Фильтрация и сглаживание сигналов. Алгоритм Кочмажа оперативной коррекции математической модели.

**Заключение. Л – 0,5 ч.**

### 4.3 Перечень тем практических занятий

Таблица 4.2 – Темы практических занятий

| № п.п. | Номер темы дисциплины | Наименование темы практического занятия                                                            |
|--------|-----------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1      | 2                     | 3                                                                                                  |
| 1      | 1                     | Расчет точечных оценок Математического ожидания и дисперсии СВ                                     |
| 2      | 2                     | Построение законов распределения СВ                                                                |
| 3      | 3                     | Идентификация распределений СВ одним из статистических законов                                     |
| 4      | 4                     | Идентификация параметров нормального распределения СВ                                              |
| 5      | 5                     | Применение законов распределения СВ                                                                |
| 6      | 6                     | Методика расчета интервальной оценки СВ                                                            |
| 7      | 7                     | Проверка статистических гипотез значимости математического ожидания и дисперсии СВ                 |
| 8      | 8                     | Методика проведения активного и пассивного эксперимента                                            |
| 9      | 9                     | Методика выполнения регрессионного анализа                                                         |
| 10     | 10                    | Методика выбора вида регрессионной зависимости и расчет коэффициентов                              |
| 11     | 11                    | Методика определения КЧХ объекта управления по реализации случайных процессов на входе и выходе ОУ |
| 12     | 12                    | Методика идентификации передаточной функции ОУ методом моментов ИПФ                                |
| 13     | 13                    | Методика построения модели авторегрессии                                                           |

### 4.4 Перечень тем лабораторных работ

Таблица 4.3 – Темы лабораторных работ

| № п.п. | Номер темы дисциплины | Наименование темы лабораторной работы                                                              |
|--------|-----------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1      | 2                     | 3                                                                                                  |
| 1      | 1, 2                  | Определение оценок СВ.                                                                             |
| 2      | 5, 6, 7               | Определения интервальных оценок математического ожидания и дисперсии СВ.                           |
| 3      | 8, 9, 10              | Реализация множественного регрессионного анализа.                                                  |
| 4      | 11, 12                | Идентификация динамических характеристик ОУ по реализации случайных процессов на входе и выходе ОУ |

## 5 Методические указания для обучающихся по изучению дисциплины

При изучении дисциплины обучающимся целесообразно выполнять следующие рекомендации:

1. Изучение учебной дисциплины должно вестись систематически.
2. После изучения какого-либо раздела по учебнику или конспектным материалам рекомендуется по памяти воспроизвести основные термины, определения, понятия раздела.
3. Особое внимание следует уделить выполнению отчетов по практическим занятиям, лабораторным работам и индивидуальным комплексным заданиям на самостоятельную работу.
4. Изучение дисциплины осуществляется в течение одного семестра, график изучения дисциплины приводится п.7.
5. Вся тематика вопросов, изучаемых самостоятельно, задается на лекциях преподавателем. Им же даются источники (в первую очередь вновь изданные в периодической научной литературе) для более детального понимания вопросов, озвученных на лекции.

Таблица 5.1 – Виды самостоятельной работы студентов (СРС)

| Номер темы дисциплины | Вид самостоятельной работы студентов        | Трудоёмкость, часов |
|-----------------------|---------------------------------------------|---------------------|
| 1                     | 2                                           | 3                   |
| 1                     | Изучение теоретического материала.          | 2                   |
|                       | Подготовка к аудиторным занятиям            | 2                   |
|                       | Подготовка отчетов по лабораторным работам  | 2                   |
| 2                     | Изучение теоретического материала.          | 2                   |
|                       | Подготовка к аудиторным занятиям            | 2                   |
|                       | Подготовка отчетов по лабораторным работам  | 2                   |
| 3                     | Изучение теоретического материала.          | 3                   |
|                       | Подготовка к аудиторным занятиям            | 2                   |
| 4                     | Подготовка к аудиторным занятиям            | 3                   |
| 5                     | Изучение теоретического материала.          | 2                   |
|                       | Подготовка к аудиторным занятиям            | 1                   |
|                       | Подготовка отчетов по лабораторным работам  | 2                   |
| 6                     | Изучение теоретического материала.          | 3                   |
|                       | Подготовка к аудиторным занятиям            | 1                   |
|                       | Подготовка отчетов по лабораторным работам  | 2                   |
| 7                     | Изучение теоретического материала.          | 3                   |
|                       | Подготовка к аудиторным занятиям            | 1                   |
|                       | Подготовка отчетов по лабораторным работам  | 2                   |
| 8                     | Изучение теоретического материала.          | 3                   |
|                       | Подготовка к аудиторным занятиям            | 1                   |
|                       | Подготовка отчетов по лабораторным работам  | 2                   |
| 9                     | Изучение теоретического материала.          | 3                   |
|                       | Подготовка к аудиторным занятиям            | 1                   |
|                       | Подготовка отчетов по лабораторным работам. | 2                   |

|    |                                            |      |
|----|--------------------------------------------|------|
| 10 | Изучение теоретического материала.         | 3    |
|    | Подготовка к аудиторным занятиям           | 1    |
|    | Подготовка отчетов по лабораторным работам | 2    |
| 11 | Изучение теоретического материала.         | 3    |
|    | Подготовка к аудиторным занятиям           | 1    |
|    | Подготовка отчетов по лабораторным работам | 2    |
| 12 | Подготовка к аудиторным занятиям           | 2    |
|    | Подготовка отчетов по лабораторным работам | 4    |
| 13 | Изучение теоретического материала.         | 3    |
|    | Подготовка к аудиторным занятиям           | 2    |
|    | Итого:<br>в ч / в 3Е                       | 72/2 |

### 5.1. Изучение теоретического материала

Тематика вопросов, изучаемых самостоятельно:

Тема 1. Алгоритмы организации выборки, критерии, которым должны удовлетворять выборка.

Тема 2. Численные характеристики дискретных и непрерывных случайных величин.

Тема 3. Биноминальное распределение.

Тема 5. Числовые характеристики законов распределения.

Тема 6. Совместные функции распределения СВ, их свойства. Ковариация, нормированный показатель связи.

Тема 7. Стандартные критерии для проверки гипотез. Сравнение генеральной совокупности и выборки из нее.

Тема 8. Факторное пространство, поверхность отклика.

Тема 9. Линейная регрессия, оценка значимости коэффициентов уравнения регрессии.

Тема 10. Метод множественной регрессии методом Брандона.

Тема 11. Предпосылки идентификации динамических характеристик ОУ по реализации случайных процессов на входе и выходе ОУ.

Тема 13. Алгоритм Кочмажа оперативной коррекции математической модели

### 5.2 Курсовой проект (курсовая работа)

*Не предусмотрен*

### 5.3. Реферат

*Не предусмотрен*

### 5.4. Расчетно-графические работы

*Не предусмотрены*

### 5.5. Индивидуальное задание

*Не предусмотрено*

## 5.6 Образовательные технологии, используемые для формирования компетенций

Проведение лекционных занятий по дисциплине основывается на активном методе обучения, при которой учащиеся не пассивные слушатели, а активные участники занятия, отвечающие на вопросы преподавателя. Вопросы преподавателя нацелены на активизацию процессов усвоения материала, а также на развитие логического мышления. Преподаватель заранее намечает список вопросов, стимулирующих ассоциативное мышление и установления связей с ранее освоенным материалом.

Практические занятия проводятся на основе реализации метода обучения действием: определяются проблемные области, формируются группы. При проведении практических занятий преследуются следующие цели: применение знаний отдельных дисциплин и креативных методов для решения проблем; отработка у обучающихся навыков взаимодействия в составе коллектива; закрепление основ теоретических знаний.

Проведение лабораторных занятий основывается на интерактивном методе обучения, при котором обучающиеся взаимодействуют не только с преподавателем, но и друг с другом. При этом доминирует активность учащихся в процессе обучения. Место преподавателя в интерактивных занятиях сводится к направлению деятельности обучающихся на достижение целей занятия.

## 6 Фонд оценочных средств дисциплины

### 6.1 Текущий контроль освоения заданных дисциплинарных частей компетенций

Текущий контроль освоения дисциплинарных частей компетенций проводится в следующих формах:

- текущая контрольная работа для анализа усвоения материала предыдущей лекции;
- опрос;
- оценка работы студента на практических и лабораторных занятиях.

### 6.2 Рубежный и промежуточный контроль освоения заданных дисциплинарных частей компетенций

Промежуточный контроль освоения дисциплинарных частей компетенций проводится по окончании модулей дисциплины в следующих формах:

- контрольные работы по модулям (модуль 1, 2, 3);
- защита лабораторных работ (модуль 1, 2, 3);
- выполнение практических работ (модуль 1, 2, 3).

### 6.3 Итоговый контроль освоения заданных дисциплинарных частей компетенций

#### Экзамен

- Экзамен по дисциплине проводится письменно по билетам с последующим собеседованием. Билет содержит два теоретических вопроса и одно практическое задание.

- Экзаменационная оценка выставляется с учётом результатов промежуточной аттестации.

Фонды оценочных средств, включающие типовые задания, контрольные работы, тесты и методы оценки, критерии оценивания, перечень контрольных точек и таблица планирования результатов обучения, контрольные задания к экзамену, позволяющие оценить результаты освоения данной дисциплины, входят в состав РПД в виде приложения.

#### 6.4 Виды текущего, рубежного и итогового контроля освоения элементов и частей компетенций

Таблица 6.1 - Виды контроля освоения элементов и частей компетенций

| Контролируемые результаты освоения дисциплины (ЗУВы)                                                                                              | Вид контроля |    |    |    |         |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|----|----|----|---------|
|                                                                                                                                                   | ТК           | ПК | ПЗ | ЛР | Экзамен |
| В результате освоения дисциплины студент знает:                                                                                                   |              |    |    |    |         |
| – способы оценки точности (неопределенности) измерений и испытаний и достоверности контроля;                                                      | +            | +  | +  |    | +       |
| – методы построения математических моделей, их упрощения, технические и программные средства моделирования; технологию планирования эксперимента; | +            | +  | +  |    | +       |
| – методы статистического моделирования на персональном компьютере;                                                                                | +            | +  | +  |    | +       |
| Умеет:                                                                                                                                            |              |    |    |    |         |
| – реализовывать простые алгоритмы имитационного моделирования;                                                                                    |              |    | +  | +  | +       |
| – использовать основные методы построения математических моделей процессов;                                                                       |              |    | +  | +  | +       |
| – планировать модельный эксперимент и обрабатывать его результаты на персональном компьютере;                                                     |              |    | +  | +  | +       |
| – оценивать точность и достоверность результатов моделирования;                                                                                   |              |    | +  | +  | +       |
| Владеет:                                                                                                                                          |              |    |    |    |         |
| – навыками обработки экспериментальных данных и оценки точности (неопределенности) измерений, испытаний и достоверности контроля;                 |              |    | +  | +  | +       |
| – навыками работы с программной системой для математического и имитационного моделирования.                                                       |              |    | +  | +  | +       |

*Примечание:*

ТК – текущий контроль в форме контрольной работы по теме (оценка знаний);

ПК – промежуточная контрольная работа по модулю (оценка знаний);

ПЗ – выполнение практических заданий (оценка умений и навыков);

ЛР – выполнение тренажей и лабораторных работ с подготовкой отчёта (оценка умений и навыков).

## 7 График учебного процесса по дисциплине

Таблица 7.1 – График учебного процесса по дисциплине

[illegible]

## 8 Учебно-методическое и информационное обеспечение дисциплины

### 8.1 Карта обеспеченности дисциплины учебно-методической литературой

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Б1.ДВ.09.1</b><br><b>Идентификация химико-технологических объектов и систем управления</b><br><small>(индекс и полное название дисциплины)</small>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; text-align: center;"> <b>Блок 1. Дисциплины (модули)</b><br/> <small>(цикл дисциплины)</small> </div> <div style="display: flex; justify-content: space-between; margin-top: 10px;"> <div style="text-align: center;"> <input checked="" type="checkbox"/> базовая часть цикла<br/> <input type="checkbox"/> вариативная часть цикла         </div> <div style="text-align: center;"> <input checked="" type="checkbox"/> обязательная по выбору студента         </div> </div> |
| <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; text-align: center; margin-top: 20px;"> <b>15.03.04</b> </div> <small>(код направления подготовки / специальности)</small>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  | <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-top: 20px;"> <b>Автоматизация технологических процессов и производств /Автоматизация химико-технологических процессов и производств</b> </div> <small>(полное название направления подготовки / специальности)</small>                                                                                                                                                                                                                                                   |
| <div style="border: 1px solid black; padding: 5px; margin-top: 20px;"> <b>АТПП/АТП</b> </div> <small>(аббревиатура направления / специальности)</small>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                        | <div style="display: flex; justify-content: space-between; margin-top: 20px;"> <div style="text-align: center;">           Уровень подготовки:<br/> <input type="checkbox"/> специалист<br/> <input checked="" type="checkbox"/> бакалавр<br/> <input type="checkbox"/> магистр         </div> <div style="text-align: center;">           Форма обучения:<br/> <input checked="" type="checkbox"/> очная<br/> <input type="checkbox"/> заочная<br/> <input type="checkbox"/> очно-заочная         </div> </div>                   |
| <div style="margin-top: 20px;"> <b>2016</b><br/> <small>(год утверждения учебного плана ООП)</small> </div>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | <div style="display: flex; justify-content: space-between; margin-top: 20px;"> <div style="text-align: center;">           Семестр(-ы): <u>7</u> </div> <div style="text-align: center;">           Количество групп: <u>1</u><br/>           Количество студентов: <u>20</u> </div> </div>                                                                                                                                                                                                                                        |
| <div style="display: flex; justify-content: space-between; margin-top: 20px;"> <div style="width: 60%;"> <b>Вялых Илья Анатольевич</b><br/> <small>(фамилия, инициалы преподавателя)</small><br/><br/> <b>химико-технологический</b><br/> <small>(факультет)</small><br/> <b>автоматизации технологических процессов</b><br/> <small>(кафедра)</small> </div> <div style="width: 35%; text-align: center;"> <b>доцент</b><br/> <small>(должность)</small><br/><br/> <b>239-15-06</b><br/> <small>(контактная информация)</small> </div> </div> |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |

Карта книго-обеспеченности  
 в библиотеку сдана

## 8.2. Перечень основной и дополнительной учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины

| №                                                                                                                    | Библиографическое описание<br>(автор, заглавие, вид издания, место, издательство,<br>год издания, количество страниц)                                                                                                                                                       | Количество<br>экземпляров<br>в библиотеке |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------|
| 1                                                                                                                    | 2                                                                                                                                                                                                                                                                           | 3                                         |
| <b>1 Основная литература</b>                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                           |
| 1.                                                                                                                   | Гмурман В.Е. Теория вероятностей и математическая статистика : учебное пособие для бакалавров / В. Е. Гмурман .— 12-е изд. — Москва : Юрайт, 2010, 2012, 2014 .— 479 с.                                                                                                     | 2010-19<br>2012 –2<br>2014-5              |
| 2.                                                                                                                   | Бережная Е. В. Математические методы моделирования экономических систем : учебное пособие для вузов / Е. В.Бережная, В. И. Бережной .— 2-е изд., перераб. и доп. — М. : Финансы и статистика, 2006.— 431 с.                                                                 | 18                                        |
| <b>2 Дополнительная литература</b>                                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                           |
| <b>2.1 Учебные и научные издания</b>                                                                                 |                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                           |
| 1.                                                                                                                   | Льюнг Л. Идентификация систем. Теория для пользователя: Пер. с англ. / Под ред. Я.З.Цыпкина. — М.: Наука, 1991. — 432 с.                                                                                                                                                    | 5                                         |
| 2.                                                                                                                   | Алексахин С.В. и др. Прикладной статистический анализ: Учебн. пособие для вузов/ С.В.Алексахин, А.В.Баландин, В.Ю.Строганов, А.Б.Николаев. — М.: Изд-во «Приор», 2001. — 224с.                                                                                              | 2                                         |
| 4.                                                                                                                   | Дьяконов В., Круглов В. Математические пакеты расширения MATLAB. Специальный справочник. — СПб.: Питер, 2001—480с.                                                                                                                                                          | 6                                         |
| 5.                                                                                                                   | Ахназарова С. Л. Методы оптимизации эксперимента в химической технологии : учебное пособие для студентов химико-технологических специальностей высших учебных заведений / С. Л. Ахназарова, В. В. Кафаров .— 2-е изд., перераб. и доп. — Москва : Высш. шк., 1985 .— 327 с. | 13                                        |
| <b>2.2 Периодические издания</b>                                                                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                           |
| 1.                                                                                                                   | Автоматизация в промышленности / ИнфоАвтоматизация. — М: ИнфоАвтоматизация — Ежемесячный научно-технический и производственный журнал. Свидетельство о регистрации средств массовой информации ПИ № 77-13085 Издаётся с января 2003 г. ISSN 1819-5962                       |                                           |
| <b>2.3 Нормативно-технические издания</b>                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                           |
| 1.                                                                                                                   | ГОСТ Р 50779.10-2000 Статистические методы. Вероятность и основы статистики. Термины и определения.                                                                                                                                                                         | КонсультантПлюс                           |
| 2.                                                                                                                   | ГОСТ Р ИСО 5479-2002. Статистические методы. Проверка отклонения распределения вероятностей от нормального распределения.                                                                                                                                                   | КонсультантПлюс                           |
| <b>2.4 Официальные издания</b>                                                                                       |                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                           |
| <b>2.5 Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», необходимых для освоения дисциплины</b> |                                                                                                                                                                                                                                                                             |                                           |
| 1.                                                                                                                   | Консультант Плюс [Электронный ресурс : справочная правовая система : документы и комментарии : универсал. информ. ресурс]. — Версия Проф, сетевая. — Москва, 1992— . — Режим доступа: Компьютер. сеть Науч. б-ки Перм. нац. исслед. политехн. ун-та, свободный              |                                           |

Основные данные об обеспеченности на 08.11.2016 г.  
(дата одобрения рабочей программы  
на заседании кафедры)

Карта книго-  
обеспеченности  
в библиотеку сдана

Основная литература

☒

обеспечена

☐

не обеспечена

Дополнительная литература

☒

обеспечена

☐

не обеспечена

Зав. отделом комплектования  
научной библиотеки

Н.В. Тюрикова

**Текущие данные об обеспеченности на**

---

*(дата контроля литературы)*

Основная литература

☐

обеспечена

☐

не обеспечена

Дополнительная литература

☐

обеспечена

☐

не обеспечена

Зав. отделом комплектования  
научной библиотеки

---

Н.В. Тюрикова

### 8.3 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине

Таблица 8.1 – Программы, используемые для обучения и контроля

| № п.п. | Вид учебного занятия | Наименование программного продукта | Рег. номер | Назначение                                                     |
|--------|----------------------|------------------------------------|------------|----------------------------------------------------------------|
| 1      | 2                    | 3                                  | 4          | 5                                                              |
| 1      | ЛЗ                   | Matlab                             |            | Программа является инструментом выполнения лабораторных работ. |

### 8.4 Аудио- и видео-пособия

Таблица 8.2 – Используемые аудио- и видео-пособия

| Вид аудио-, видео-пособия |            |        |               | Наименование учебного пособия |
|---------------------------|------------|--------|---------------|-------------------------------|
| теле-фильм                | кино-фильм | слайды | аудио-пособие |                               |
| 1                         | 2          | 3      | 4             | 5                             |
|                           |            | +      |               | Курс лекций                   |

## 9 Описание материально-технической базы, необходимой для осуществления образовательного процесса по дисциплине

### 9.1 Специализированные лаборатории и классы

Таблица 9.1 – Специализированные лаборатории и классы

| № п.п. | Помещения          |                          |                 | Площадь, м <sup>2</sup> | Количество посадочных мест |
|--------|--------------------|--------------------------|-----------------|-------------------------|----------------------------|
|        | Название           | Принадлежность (кафедра) | Номер аудитории |                         |                            |
| 1      | 2                  | 3                        | 4               | 5                       | 6                          |
| 1      | Компьютерный класс | Кафедра АТП              | 308а            | 36                      | 8                          |
| 2      | Компьютерный класс | Кафедра АТП              | 308б            | 36                      | 8                          |

### 9.2 Основное учебное оборудование

Таблица 9.2 – Учебное оборудование

Таблица 1

| № п.п. | Наименование и марка оборудования (стенда, макета, плаката)         | Кол-во, ед.       | Форма приобретения / владения (собственность, оперативное управление, аренда и т.п.) | Номер аудитории |
|--------|---------------------------------------------------------------------|-------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|
| 1      | 2                                                                   | 3                 | 4                                                                                    | 5               |
| 1.     | Компьютеры типа Pentium IV с ЖК мониторами, каждый, локальной сетью | 16<br>(+4 резерв) | Оперативное управление                                                               | 308а,<br>308б   |

|    |                                                                      |            |                        |               |
|----|----------------------------------------------------------------------|------------|------------------------|---------------|
|    | с выходом в Internet,<br>лицензионным програм-<br>мным обеспечением. |            |                        |               |
| 2. | Мультимедийное<br>оборудование (проектор и<br>экран)                 | 2 (компл.) | Оперативное управление | 308а,<br>308б |

**Лист регистрации изменений**

| <b>№<br/>п.п.</b> | <b>Содержание изменения</b> | <b>Дата,<br/>номер протокола<br/>заседания<br/>кафедры.<br/>Подпись<br/>заведующего<br/>кафедрой</b> |
|-------------------|-----------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1                 | 2                           | 3                                                                                                    |
| 1                 |                             |                                                                                                      |
| 2                 |                             |                                                                                                      |
| 3                 |                             |                                                                                                      |
| 4                 |                             |                                                                                                      |