

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Беспалов Владимир Александрович Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Должность: Ректор МИЭТ Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования

Дата подписания: 05.02.2025 12:12:03

«Национальный исследовательский университет

Уникальный программный ключ:

«Московский институт электронной техники»

ef5a4fe6ed0ffdf3f1a49d6ad1b49464dc1bf7354f736d76c8f8bea882b8d602

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе

А.Г. Балашов

«05» февраля 2024г.



## РАБОЧАЯ ПРОГРАММА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

«Моделирование систем управления сложными технологическими процессами»

Направление подготовки – 27.04.04 «Управление в технических системах»

Направленность (профиль) – «Проектирование систем управления технологическим оборудованием микроэлектроники»

Москва 2024

## ЦЕЛЬ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

Рабочая программа дисциплины разработана в результате взаимодействия с партнерами по «Передовой инженерной школе» МИЭТ и направлена на опережающую подготовку инженерно-технических кадров отрасли «Электронное машиностроение», создание конкурентоспособного облика электронной промышленности Российской Федерации, развитие научно-технического и кадрового потенциала и реализацию научно-технических решений на основе отечественной элементной базы.

Цель: формирование у студентов системы знаний в области теоретического исследования систем управления сложными технологическими процессами в микроэлектронной промышленности.

Задачами являются:

- Изучение методов моделирования технологических процессов в составе имитационной модели системы управления технологическим оборудованием, математических основ оптимизации технологического оборудования;
- Приобретение умения составлять математические и имитационные модели сложных систем управления технологическими процессами, в том числе в условиях неопределенности;
- Приобретение опыта анализа и синтеза систем управления технологическими процессами в микроэлектронике.

### 1. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ

Дисциплина участвует в формировании следующих компетенций образовательной программы:

| Компетенции ОП                                                                                              | Подкомпетенции, формируемые в дисциплине                                                                                                                | Индикаторы достижения компетенций                                                                                                                                                                            |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| ОПК-2<br>«Способен формулировать задачи управления в технических системах и обосновывать методы их решения» | ОПК-2. МСУТП<br>«Способен составлять модели систем управления технологическими процессами и применять методы оптимизации и имитационного моделирования» | Знает методы моделирования технологических процессов, основы создания имитационных моделей систем управления технологическими процессами и основы оптимизации технологического оборудования микроэлектроники |
|                                                                                                             |                                                                                                                                                         | Умеет составлять математические и имитационные модели процессов и систем управления в микроэлектронной промышленности                                                                                        |
|                                                                                                             |                                                                                                                                                         | Имеет опыт анализа и синтеза сложных систем управления технологическими процессами на основе оптимальности                                                                                                   |



## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Дисциплина входит обязательную часть Блока 1 «Дисциплины (модули)» образовательной программы.

Входными требованиями к освоению дисциплины является изучение таких дисциплин, как: «Математический анализ», «Физика», «Метрология и измерительная техника» «Теория автоматического управления», «Линейные системы управления», «Нелинейные системы управления», «Моделирование систем управления».

В структуре образовательной программы, дисциплина «Моделирование систем управления сложными технологическими процессами» основана на следующих дисциплинах: «Автоматизация технологических процессов в микроэлектронной промышленности», «Статистические методы в экспериментальных исследованиях».

Дисциплина формирует систему знаний, необходимую для освоения компетенций дисциплины «Проблемы автоматизации и управления в микроэлектронной промышленности» и написания выпускной квалификационной работы – магистерской диссертации.

## 3. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ И ВИДЫ УЧЕБНОЙ РАБОТЫ

| Курс | Семестр | Общая трудоёмкость (ЗЕ) | Общая трудоёмкость (часы) | Контактная работа |                            |                             | Самостоятельная работа (часы) | Промежуточная аттестация |
|------|---------|-------------------------|---------------------------|-------------------|----------------------------|-----------------------------|-------------------------------|--------------------------|
|      |         |                         |                           | Лекции (часы)     | Лабораторные работы (часы) | Практические занятия (часы) |                               |                          |
| 1    | 2       | 2                       | 72                        | 16                | -                          | 16                          | 40                            | Зачет                    |

## 4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

| № и наименование модуля                                          | Контактная работа |                            |                             | Самостоятельная работа | Формы текущего контроля                                            |
|------------------------------------------------------------------|-------------------|----------------------------|-----------------------------|------------------------|--------------------------------------------------------------------|
|                                                                  | Лекции (часы)     | Лабораторные работы (часы) | Практические занятия (часы) |                        |                                                                    |
| М1. Моделирование и основы оптимизации технологических процессов | 8                 | -                          | 8                           | 20                     | Входное тестирование                                               |
|                                                                  |                   |                            |                             |                        | Контрольная работа 1                                               |
|                                                                  |                   |                            |                             |                        | Тестирование по модулю 1                                           |
|                                                                  |                   |                            |                             |                        | Сдача части БДЗ «Имитационное моделирование» - Часть 1 - «Реферат» |

| № и наименование модуля                                                                         | Контактная работа |                            |                             | Самостоятельная работа | Формы текущего контроля                                                                   |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------|----------------------------|-----------------------------|------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                                                                                 | Лекции (часы)     | Лабораторные работы (часы) | Практические занятия (часы) |                        |                                                                                           |
| М2. Имитационное и математическое моделирование систем управления технологическим оборудованием | 8                 | -                          | 8                           | 20                     | Контрольная работа 2                                                                      |
|                                                                                                 |                   |                            |                             |                        | Тестирование по модулю 2                                                                  |
|                                                                                                 |                   |                            |                             |                        | Сдача части БДЗ «Имитационное моделирование»- Часть 2 - «Составление имитационной модели» |
|                                                                                                 |                   |                            |                             |                        | Итоговое тестирования                                                                     |
| Всего                                                                                           | 16                |                            | 16                          | 40                     |                                                                                           |

#### 4.1. Лекционные занятия

| № модуля дисциплины | № лекции | Объем занятий (часы) | Краткое содержание                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|---------------------|----------|----------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| М1                  | 1        | 2                    | <b>Вводная лекция.</b><br>Теоретические исследования систем управления. Классификация моделей. Виды моделирования. Цели и задачи моделирования в автоматизации и управлении. Инструментарий для имитационного моделирования: математические основы теории систем и пакеты прикладных программ.                               |
|                     | 2        | 2                    | <b>Основы оптимизации технологических процессов.</b><br>Цели и задачи моделирования технологических процессов. Понятие оптимальности технологического процесса. Введение в методы составления моделей. Примеры оптимизации технологических процессов в задачах автоматизации технологического оборудования микроэлектроники. |
|                     | 3        | 2                    | <b>Математическое описание сложных систем.</b><br>Графовые модели. Переменные состояния. Переходная матрица состояния.                                                                                                                                                                                                       |
|                     | 4        | 2                    | <b>Характеристика типов схем для описания объектов моделирования.</b> Основные типы схем, на основе которых описывают математические особенности систем управления: - D-схемы, - F-схемы, - P-схемы, - Q-схемы.                                                                                                              |



|    |   |   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |
|----|---|---|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| M2 | 5 | 2 | <b>Понятие об имитационном моделировании.</b><br>Основные понятия имитационного моделирования. Алгоритмическая модель процесса. Виды операторов. Варианты сцеплений. Блоки. Конфликтные ситуации. Формы описания процессов.                                                                                           |
|    | 6 | 2 | <b>Методы генерирования псевдослучайных чисел</b><br>Метод обратной функции (Метод преобразования). Логарифмически нормальное распределение. Достоинства и недостатки метода обратной функции. Табличный метод, применяемый в трансляторе языка GPSS. Метод, основанный на функциональных особенностях распределений. |
|    | 7 | 2 | <b>Имитационное моделирование систем с постоянной структурой</b><br>Компартментные системы.                                                                                                                                                                                                                           |
|    | 8 | 2 | <b>Математическое моделирование адаптивных систем.</b><br>Понятие, классификация. Математические основы адаптивных систем управления.                                                                                                                                                                                 |

#### 4.2. Практические занятия

| № модуля дисциплины | № семинара | Объем занятий (часы) | Наименование занятия                                                                 |
|---------------------|------------|----------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|
| M1                  | 1          | 2                    | Техническая постановка задачи моделирования. Определение и выбор инструментов.       |
|                     | 2          | 2                    | Задача многокритериального многопараметрического синтеза на примере кластера ТМ-150. |
|                     | 3          | 2                    | Составление математического описания систем автоматизации и управления.              |
|                     | 4          | 2                    | Методические примеры и выбор типа схема в зависимости от постановки задачи.          |
| M2                  | 5          | 2                    | Математическая постановка задачи и выбор пакета прикладных программ.                 |
|                     | 6          | 2                    | Пример для логарифмически нормального распределения.                                 |
|                     | 7          | 2                    | Компартментные системы.                                                              |
|                     | 8          | 2                    | Моделирование в задачах синтеза адаптивных систем.                                   |

#### 4.3 Лабораторные работы

Не предусмотрены

#### 4.4. Самостоятельная работа студентов

| № модуля<br>дисциплины | Объем занятий<br>(часы) | Вид СРС                                                                                        |
|------------------------|-------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1                      | 1                       | Подготовка к входному тестированию                                                             |
|                        | 2                       | Текущая проработка теоретического материала                                                    |
|                        | 1                       | Подготовка к тестированию по модулю 1                                                          |
|                        | 6                       | Подготовка к практическим занятиям                                                             |
|                        | 2,5                     | Подготовка к контрольной работе 1                                                              |
|                        | 7                       | Выполнение части БДЗ «Имитационное моделирование» - Часть 1 - «Реферат»                        |
| 2                      | 2                       | Текущая проработка теоретического материала                                                    |
|                        | 1                       | Подготовка к тестированию по модулю 2                                                          |
|                        | 6                       | Подготовка к практическим занятиям                                                             |
|                        | 2,5                     | Подготовка к контрольной работе 2                                                              |
|                        | 6                       | Выполнение части БДЗ «Имитационное моделирование»- Часть 2 - «Составление имитационной модели» |
|                        | 3                       | Подготовка к итоговому тестированию                                                            |
| Итог                   | 40                      | Итог                                                                                           |

#### 4.5. Примерная тематика курсовых работ (проектов)

Не предусмотрены

### 5. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

Учебно-методическое обеспечение для самостоятельной работы студентов в составе УМК дисциплины (ОРИОКС// URL: <http://orioks.miet.ru/>):

Модуль 1. Моделирование и основы оптимизации технологических процессов

1. Теоретический материал по модулю 1.
2. Методические указания для СРС по модулю 1.
3. Список литературы.

Методические материалы, перечень литературы, информационных источников для выполнения заданий для самостоятельной работы по тематике модуля 1, требования к выполнению самостоятельной работы и методика её оценивания, а так же отражение результатов выполнения самостоятельной работы в НБС содержатся в разделе «Самостоятельная работа студентов» УМК дисциплины, размещенном на информационном ресурсе <http://orioks.miet.ru/>

Модуль 2. Имитационное и математическое моделирование систем управления технологическим оборудованием

1. Теоретический материал по модулю 2.



2. Методические указания для СРС по модулю 2.
3. Список литературы.

Методические материалы, перечень литературы, информационных источников для выполнения заданий для самостоятельной работы по тематике модуля 2, требования к выполнению самостоятельной работы и методика её оценивания, а так же отражение результатов выполнения самостоятельной работы в НБС содержатся в разделе «Самостоятельная работа студентов» УМК дисциплины, размещенном на информационном ресурсе <http://orioks.miet.ru/>

## 6. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

### Литература

1. Древис, Ю.Г. Имитационное моделирование: учебное пособие для вузов / Ю.Г. Древис, В.В. Золотарёв. - 2-е изд. - Москва: Юрайт, 2022. - (Высшее образование). - Образовательная платформа Юрайт. - Текст: электронный. - ISBN 978-5-534-11385-3. - URL: <https://urait.ru/bcode/495094>. - (ID=134530-0)
2. Котлинский, С.В. Разработка моделей предметной области автоматизации: учебник для вузов / С.В. Котлинский. - Санкт-Петербург: Лань, 2021. - 412 с. - ЭБС Лань. - Текст: электронный. - ISBN 78-5-8114-8035-7. - URL: <https://e.lanbook.com/book/183204>. - URL: <https://lanbook.com/catalog/informatika/razrabotka-modeley-predmetnoy-oblasti-avtomatizatsii/>. - (ID=143204-0)
3. Моделирование систем: учебник по специальности "Автоматизация технических процессов и производств" направления подготовки "Автоматизированные технологии и производство": в составе учебно-методического комплекса / С.И. Дворецкий [и др.]. - Москва: Академия, 2009. - 316 с. - (Высшее профессиональное образование. Машиностроение) (УМК-У). - Текст: непосредственный. - ISBN 978-5-7695-4737-9: 207 р. 47 к. - (ID=76049-34)
4. Салмина, Н. Ю. Моделирование систем: учебное пособие: в 2 частях / Н. Ю. Салмина. - Москва: ТУСУР, [б. г.]. - Часть 1 - 2013. - 118 с. - ISBN 978-5-4332-0146-0. - Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/110398>. - (ID=146255-0)
5. Салмина, Н. Ю. Моделирование систем: учебное пособие: в 2 частях / Н. Ю. Салмина. - Москва: ТУСУР, [б. г.]. - Часть 2 - 2013. - 114 с. - ISBN 978-5-4332-0147-7. - Текст: электронный // Лань: электронно-библиотечная система. - URL: <https://e.lanbook.com/book/110399>. - (ID=146256-0)
6. Салмина, Н.Ю. Имитационное моделирование: учебное пособие / Н.Ю. Салмина; Салмина Н.Ю. - Москва: ТУСУР, 2015. - ЭБС Лань. - Текст: электронный.- URL: <https://e.lanbook.com/book/110330>. - (ID=146257-0)
7. Советов, Б.Я. Моделирование систем: учебник для академического бакалавриата / Б.Я. Советов, С.А. Яковлев; Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет. - 7-е изд. - Москва: Юрайт, 2021. - (Бакалавр. Академический курс). - Образовательная платформа Юрайт. - Текст: электронный. - ISBN 978-5-9916-3916-3. - URL: <https://urait.ru/bcode/488217>. - (ID=94131-0)

### Нормативная литература

1. ГОСТ Р 57412— 2017. КОМПЬЮТЕРНЫЕ МОДЕЛИ В ПРОЦЕССАХ РАЗРАБОТКИ, ПРОИЗВОДСТВА И ЭКСПЛУАТАЦИИ ИЗДЕЛИЙ: Межгосударственный стандарт : УТВЕРЖДЕН И ВВЕДЕН В ДЕЙСТВИЕ приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 10 марта 2017 г. № 110-ст 1 - URL: <https://files.stroyinf.ru/Data2/1/4293747/4293747283.pdf>

### Периодические издания

1. Электронные информационные системы: научно-технический журнал
2. Вестник Вузов: Электроника: научно-технический журнал
3. IEEE TRANSACTIONS ON AUTOMATIC CONTROL [Текст] . - USA : IEEE, [б.г.]. –URL: <http://ieeexplore.ieee.org/xpl/RecentIssue.jsp?punumber=9>.

## 7. ПЕРЕЧЕНЬ ПРОФЕССИОНАЛЬНЫХ БАЗ ДАННЫХ, ИНФОРМАЦИОННЫХ СПРАВОЧНЫХ СИСТЕМ

1. IEEE/IET Electronic Library (IEL) = IEEE Xplore : Электронная библиотека. - USA; UK, 1998 - . - URL: <https://ieeexplore.ieee.org/Xplore/home.jsp> (дата обращения : 29.05.2024). - Режим доступа: из локальной сети НИУ МИЭТ в рамках проекта "Национальная подписка". - Текст : электронный.
2. Лань : Электронно-библиотечная система Издательства Лань. - СПб., 2011-. - URL: <https://e.lanbook.com> (дата обращения: 01.06.2024). - Режим доступа: для авторизованных пользователей МИЭТ.
3. Юрайт : Электронно-библиотечная система : образовательная платформа. - Москва, 2013 - . - URL: <https://urait.ru/> (дата обращения : 15.07.2024); Режим доступа: для авторизованных пользователей МИЭТ.
4. eLIBRARY.RU: научная электронная библиотека: сайт. – Москва, 2000. – URL: <https://elibrary.ru> (дата обращения: 15.07.2024). – Режим доступа: для зарегистрированных пользователей.

## 8. ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

В ходе реализации дисциплины используется **смешанное обучение**, в основе которого лежит интеграция технологий традиционного и электронного обучения, в частности за счет взаимодействия со студентами в электронной образовательной среде, для обеспечения которого используются сервисы обратной связи раздел ОРИОКС «Домашние задания», электронная почта, сервисы видеоконференцсвязи и социальные сети.

Освоение образовательной программы обеспечивается ресурсами электронной информационно-образовательной среды ОРИОКС: в рамках данной дисциплины на платформе Moodle создана группа тестов, реализующих он-лайн тестирование входного, текущего и выходного контроля достижения индикаторов компетенции, в том числе при отсутствии студента на аудиторном занятии.



## 9. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

| Наименование учебных аудиторий и помещений для самостоятельной работы | Оснащенность учебных аудиторий и помещений для самостоятельной работы                                                          | Перечень программного обеспечения                                                                                                                                            |
|-----------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Учебная аудитория                                                     | Мультимедийное оборудование, Компьютерная техника с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в ОРИОКС | Операционная система Windows, MS Office, пакеты прикладных программ Matlab, пакет прикладных математических программ Scilab, система компьютерной алгебры Maxima или Mathcad |
| Помещение для самостоятельной работы обучающихся                      | Компьютерная техника с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в ОРИОКС                              | Операционная система Windows, MS Office, пакеты прикладных программ Matlab, пакет прикладных математических программ Scilab, система компьютерной алгебры Maxima или Mathcad |

## 10. ФОНДЫ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕРКИ СФОРМИРОВАННОСТИ КОМПЕТЕНЦИЙ/ПОДКОМПЕТЕНЦИЙ

ФОС по подкомпетенции ОПК-2. МСУТП «Способен составлять модели систем управления технологическими процессами и применять методы оптимизации и имитационного моделирования» представлен отдельным документом и размещен в составе УМК дисциплины электронной информационной образовательной среды ОРИОКС// URL: <http://orioks.miet.ru/>

## 11. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

### 11.1. Особенности организации процесса обучения

Дисциплина «Моделирование систем управления сложными технологическими процессами» служит для формирования компетенции в области оптимизации и моделирования технологических процессов и оборудования микроэлектронной промышленности.

Студенты, изучающие дисциплину, обязаны:

- посетить лекции по предмету;
- посетить практические занятия;
- выполнить контрольные работы 1 и 2;

–выполнить тестовые задания (входное и итоговое тестирование, тестирование по модулям 1 и 2)

–выполнить БДЗ (часть 1 – «реферат», часть 2 – «Составление имитационной модели»);

–принять участие в дискуссиях во время лекционных и практических занятий.

В процессе изучения курса предполагается самостоятельная работа студента при подготовке к лекционным и практическим занятиям, использование литературы, интернет-ресурсов для выполнения задания на опыт деятельности (БДЗ). БДЗ по предмету разделено на две части: часть 1 – Реферат на тематику, связанную с оптимизацией технологических процессов в микроэлектронике, часть 2 – «Составление имитационной модели», часть 1 сдается до 5 семинара, часть 2 – до 8 семинара.

Основное назначение лекционного материала заключается в освоении фундаментальных проблем дисциплины, методов научного познания, новейших достижений научной мысли. Лекция дает представление о методах моделирования сложных технологических процессов и систем управления оборудованием микроэлектроники и основах его оптимизации.

Практические занятия предназначены для закрепления, углубления, расширения и детализация знаний при решении конкретных задач на опыт деятельности в комплексе с использованием творческого инженерного подхода. В программе предусмотрены практические занятия, проводимые с целью закрепления и конкретизации изученного теоретического материала, аналитические практические занятия, ставящие своей целью получение новой информации на основе формализованных методов.

По завершению изучения дисциплины предусмотрена промежуточная аттестация в виде зачета.

## 11.2. Система контроля и оценивания

Для оценки успеваемости студентов по дисциплине используется накопительная балльная система (НБС).

Баллами оцениваются: выполнение каждого контрольного мероприятия в семестре (в сумме максимум 60 баллов), и экзамена (максимум 40 баллов). По сумме баллов выставляется итоговая оценка по предмету.

При выставлении итоговой оценки, используется шкала, приведенная ниже в таблице.

| Сумма баллов | Оценка     |
|--------------|------------|
| Менее 50     | Не зачтено |
| 50 – 100     | Зачтено    |

Структура и график контрольных мероприятий доступны в системе ОРИОКС <http://orioks.miet.ru/>.

### РАЗРАБОТЧИКИ:

Профессор Института МПСУ, д.т.н.,  
профессор  
Ассистент Института МПСУ



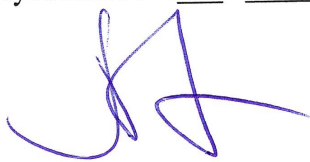
А.В. Щагин

А.В. Лось



Рабочая программа дисциплины «Моделирование систем управления сложными технологическими процессами» по направлению подготовки 27.04.04 «Управление в технических системах», направленности (профилю) «Проектирование систем управления технологическим оборудованием микроэлектроники» разработана в Институте МПСУ и утверждена на заседании УС Института МПСУ «30 августа» 2024 года, протокол № 13.

Директор Института МПСУ, д.т.н.



А.Л. Переверзев

### ЛИСТ СОГЛАСОВАНИЯ

Рабочая программа согласована с дирекцией «Передовой инженерной школы»

Зам. директора ПИШ



Н.Ю. Соколова

Рабочая программа согласована с Центром подготовки к аккредитации и независимой оценки качества

Начальник АНОК



И.М. Никулина

Рабочая программа согласована с библиотекой МИЭТ

Директор библиотеки



Т.П. Филиппова