

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»

УТВЕРЖДАЮ  
Директор по образовательной  
деятельности

\_\_\_\_\_ С.Т. Князев  
«\_\_» \_\_\_\_\_

### РАБОЧАЯ ПРОГРАММА МОДУЛЯ

Код модуля	Модуль
1147030	Моделирование систем

Екатеринбург

<b>Перечень сведений о рабочей программе модуля</b>	<b>Учетные данные</b>
<b>Образовательная программа</b> 1. Автоматизация технологических процессов и производств 2. Мехатроника и робототехника	<b>Код ОП</b> 1. 15.03.04/33.01 2. 15.03.06/33.02
<b>Направление подготовки</b> 1. Мехатроника и робототехника; 2. Автоматизация технологических процессов и производств	<b>Код направления и уровня подготовки</b> 1. 15.03.06; 2. 15.03.04

Программа модуля составлена авторами:

<b>№ п/п</b>	<b>Фамилия Имя Отчество</b>	<b>Ученая степень, ученое звание</b>	<b>Должность</b>	<b>Подразделение</b>
1	Штерензон Вера Анатольевна	кандидат технических наук, доцент	Доцент	электронного машиностроения

**Согласовано:**

Управление образовательных программ

# 1. ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА МОДУЛЯ Моделирование систем

## 1.1. Аннотация содержания модуля

Модуль включает дисциплину «Моделирование систем». В процессе изучения дисциплин модуля у студентов формируется понимание принципов анализа и построения моделей, навыки применения системного и прикладного программного обеспечения для проектирования и управления данными систем управления автоматике, мехатронике и робототехнике. В процессе освоения модуля студентами изучаются основные теоретические и практические вопросы моделирования, методы моделирования и методология их применения при решении научно-технических задач (исследований, оптимального проектирования, изготовления и эксплуатации систем), формируются практические навыки моделирования технических объектов, систем и процессов автоматизированного производства, мехатронике и робототехнике.

## 1.2. Структура и объем модуля

Таблица 1

№ п/п	Перечень дисциплин модуля в последовательности их освоения	Объем дисциплин модуля и всего модуля в зачетных единицах
1	Моделирование систем	3
ИТОГО по модулю:		3

## 1.3. Последовательность освоения модуля в образовательной программе

Пререквизиты модуля	1. Надёжность и диагностика систем и программного обеспечения
Постреквизиты и кореквизиты модуля	Не предусмотрены

## 1.4. Распределение компетенций по дисциплинам модуля, планируемые результаты обучения (индикаторы) по модулю

Таблица 2

Перечень дисциплин модуля	Код и наименование компетенции	Планируемые результаты обучения (индикаторы)
1	2	3
Моделирование систем	ОПК-2 - Способен формализовывать и решать задачи, относящиеся к профессиональной деятельности, используя	З-1 - Привести примеры использования методов моделирования и математического анализа в решении задач, относящихся к профессиональной деятельности

	<p>методы моделирования и математического анализа</p>	<p>У-1 - Обоснованно выбрать возможные методы моделирования и математического анализа для предложенных задач профессиональной деятельности</p> <p>П-1 - Решать поставленные задачи, относящиеся к области профессиональной деятельности, используя освоенные за время обучения пакеты прикладных программ для моделирования и математического анализа</p>
	<p>ПК-4 - Способность разрабатывать практические мероприятия по совершенствованию технологий, средств автоматизации и автоматизированных производственных систем</p>	<p>З-1 - Воспроизводить инженерные основы структуры и функционирования средств автоматизации и автоматизированных производственных систем</p> <p>У-1 - Анализировать особенности технологий и устройство средств автоматизации и автоматизированных производственных систем с позиций возможности их совершенствования</p>
	<p>ПК-8 - Способность моделировать средства и системы автоматизации производственных и технологических процессов</p>	<p>З-1 - Характеризовать программные продукты для моделирования средств и систем автоматизации производственных и технологических процессов, их подсистем, отдельных элементов и модулей</p> <p>З-2 - Объяснять алгоритмы моделирования типовых средств и систем автоматизации производственных и технологических процессов, их подсистем и отдельных элементов и модулей</p> <p>У-1 - Выбирать современное программное обеспечение для моделирования систем автоматизации производственных и технологических процессов, их подсистем и отдельных элементов и модулей с учетом характеристик системы</p> <p>У-2 - Выводить закономерности в ходе математического моделирования при решении средств и систем автоматизации производственных и технологических процессов профессиональных задач</p> <p>П-1 - Владеть навыками анализа и выбора методов и программного обеспечения для моделирования средств и систем автоматизации производственных и техно-</p>

		логических процессов в ходе решения конкретных профессиональных задач
--	--	--

### **1.5. Форма обучения**

Обучение по дисциплинам модуля может осуществляться в очной и заочной формах.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**  
**Моделирование систем**

Рабочая программа дисциплины составлена авторами:

<b>№ п/п</b>	<b>Фамилия Имя Отчество</b>	<b>Ученая степень, ученое звание</b>	<b>Должность</b>	<b>Подразделение</b>
1	Штерензон Вера Анатовна	кандидат технических наук, доцент	Доцент	электронного машиностроения

**Рекомендовано учебно-методическим советом института** Новых материалов и технологий

Протокол № 20210531-01 от 31.05.2021 г.

# 1. СОДЕРЖАНИЕ И ОСОБЕННОСТИ РЕАЛИЗАЦИИ ДИСЦИПЛИНЫ

Авторы:

- Штерензон Вера Анатольевна, Доцент, электронного машиностроения

## 1.1. Технологии реализации, используемые при изучении дисциплины модуля

- Традиционная (репродуктивная) технология
- С применением электронного обучения на основе электронных учебных курсов, размещенных на LMS-платформах УрФУ
- Разноуровневое (дифференцированное) обучение
  - Базовый уровень

*\*Базовый I уровень – сохраняет логику самой науки и позволяет получить упрощенное, но верное и полное представление о предмете дисциплины, требует знание системы понятий, умение решать проблемные ситуации. Освоение данного уровня результатов обучения должно обеспечить формирование запланированных компетенций и позволит обучающемуся на минимальном уровне самостоятельности и ответственности выполнять задания;*

*Продвинутый II уровень – углубляет и обогащает базовый уровень как по содержанию, так и по глубине проработки материала дисциплины. Это происходит за счет включения дополнительной информации. Данный уровень требует умения решать проблемы в рамках курса и смежных курсов посредством самостоятельной постановки цели и выбора программы действий. Освоение данного уровня результатов обучения позволит обучающемуся повысить уровень самостоятельности и ответственности до творческого применения знаний и умений.*

## 1.2. Содержание дисциплины

Таблица 1.1

Код раздела, темы	Раздел, тема дисциплины*	Содержание
P1	Введение	Предмет и задачи дисциплины. Цель дисциплины, её место в подготовке бакалавров 15.03.04 и 15.03.06. Особенности самостоятельной работы по программе дисциплины. Общие сведения о моделировании технических объектов и систем. Модель, моделирование, подобие. Цели моделирования. Основные понятия: объект, элемент, система; характеристики объекта. Проблемы и задачи. Объекты исследования. Априорная информация об объекте. Вычислительный эксперимент. Адекватность модели. Модели аналоги.
P2	Основы теории моделирования	Классификация задач. Задачи анализа прямые и обратные, синтеза, индуктивные, одношаговые и многошаговые, детерминированные и стохастические, однокритериальные и многокритериальные. Функции моделей: средство исследования и осмысления действительности, средство общения, средство обучения и тренажа, средство постановки эксперимента. Множественность моделей. Виды моделирования: реальное (физическое и натурное), мысленное (наглядное, символическое и математическое), полное, неполное, приближенное. Классификация математических моделей по способу воплощения и способу реализации моделирования, по степени отражения времени и неопределенности. Модели физические, абстрактные, имитационные; аналитические и статистические. Модели

		статические и динамические; детерминированные, вероятностные. Непрерывные, дискретные и непрерывно дискретные модели. Моделирование аналоговое цифровое. Этапы и подэтапы создания математической модели системы. Построение концептуальных моделей систем и их формализация. Алгоритмизация моделей систем и их машинная реализация. Получение и интерпретация результатов моделирования систем. Подходы к математическому моделированию: теоретико-аналитический, функциональный.
<b>P3</b>	Теория подобия в моделировании	Сходственные физические явления, их параметры и математическое описание. Масштабы (константы) подобия. Критерии подобия. Первая теорема подобия. Преобразование критериев подобия. Правило интегральных аналогов. Вторая теорема подобия. Критериальные уравнения подобных явлений. Третья теорема подобия. Подобие сложных, нелинейных, неоднородных систем. 36 Способы интегральных аналогов (при известном математическом описании), анализ размерностей (при отсутствии математического описания).
<b>P4</b>	Схемы построения математических моделей	Непрерывно - детерминированные (D – схемы), дискретно – детерминированные (F – схемы) детерминированные автоматы, дискретно – стохастические (P – схемы) вероятностные автоматы, непрерывно – стохастические (Q – схемы) системы массового обслуживания, Параллельные процессы и анализ причинно – следственных связей, сети Петри (N – схемы). Агрегативные, комбинированные модели (A – схемы)
<b>P5</b>	Имитационное моделирование объектов и систем	Основные понятия имитационного моделирования. Постановка задачи, сущность метода, Предельные теоремы теории вероятности. Закон больших чисел. Центральная предельная теорема. Теорема Бернулли. Математические основы метода Монте-Карло. Расчет интеграла с помощью метода Монте Карло. Организация статистического моделирования, ее особенности. Моделирование случайных факторов: случайных чисел, событий, потоков событий. Моделирование случайных величин с произвольными законами распределения. Проверка качества последовательности псевдослучайных чисел: стохастичности, независимости, равномерности. Определение длины периода и длины отрезка аперидичности. Моделирование автоматизированных систем, организационных и производственных систем. Пример имитационной модели. Моделирование при разработке распределенных автоматизированных систем. Моделирование при разработке организационных и производственных систем. Пример имитационной модели. Системы массового обслуживания.
<b>P6</b>	Построение моделей по экспериментальным данным	Постановка задачи. Алгоритмы построения математических моделей. Определение входных выходных переменных. Определение типа зависимости. Два типа задач построения моделей по экспериментальным данным. Случайные факторы. Алгоритм построения математической модели. Методы интерполяции. Постановка задачи. Три проблемы интерполяции. Интерполяция полиномами и сплайнами. Метод Лагранжа. Метод Ньютона. Метод интерполяции кубическими сплайнами. Метод Чебышева. Концепция аппроксимации. Методы аппроксимации. Критерии близости. Постановка



		<p>задачи. Метод наименьших квадратов. Метод равномерного приближения. Методы математической статистики. Понятие регрессионной модели. Построение регрессионных моделей. Кривая регрессии, уравнение регрессии, регрессионная модель, порядок модели, линейная и нелинейная регрессия. Регрессионные модели с одной независимой переменной. Метод наименьших квадратов. Корреляция, коэффициент корреляции. Точность оценки регрессии. Адекватность модели. Оценка адекватности модели. Анализ остатков. Регрессионные модели с несколькими независимыми переменными. Множественная линейная регрессия. Множественная нелинейная регрессия. Матричный подход к линейной регрессии. Шаговые методы построения «наилучшей» регрессионной модели: метод включения переменных, метод исключения переменных и др.</p>
<b>P7</b>	Планирование машинных экспериментов с моделями систем	<p>Основные понятия теории планирования экспериментов. Факторы управляемые, наблюдаемые, случайные, количественные, качественные. Факторное пространство. Функция реакции. Поверхность реакции. Полный факторный эксперимент. Дробный факторный эксперимент. Стратегическое планирование машинного эксперимента. Построение плана эксперимента. Выбор числа факторов. Построение функции реакции. Анализ стохастичности результатов машинного эксперимента. Учет влияния ограниченности машинных ресурсов на проведение эксперимента. Тактическое планирование машинного эксперимента. Определение начальных условий и их влияния на достижение установившегося режима при моделировании. Обеспечение точности и достоверности результатов моделирования. Уменьшение разброса оценок характеристик процесса функционирования моделируемых объектов. Выбор правил автоматической остановки машинного эксперимента</p>
<b>P8</b>	Методы оптимизации. Математическое программирование.	<p>Задачи оптимизации: оптимальный синтез систем, решения нелинейных моделей. Виды оптимизации: методы оптимизации одномерных и многомерных функций, безусловная, условная (с ограничениями типа равенств и неравенств) оптимизация. Понятие целевой функции. Математическое программирование. Методы одномерной минимизации. Постановка задачи. Безусловная минимизация одномерных унимодальных и не унимодальных функций. Метод дихотомического поиска. Метод золотого сечения. Метод ломанных. Методы многомерной минимизации. Постановка задачи. Безусловная минимизация многомерных не унимодальных функций. Метод покоординатного спуска. Метод Хука – Дживса. Симплексный метод (метод Нелдера – Мида). Метод наискорейшего спуска (градиентный метод). Случайный поиск минимума (метод слепого поиска).</p>

### 1.3. Направление, виды воспитательной деятельности и используемые технологии

Таблица 1.2

Направление воспитательной деятельности	Вид воспитательной деятельности	Технология воспитательной деятельности	Компетенция	Результаты обучения
Профессиональное воспитание	целенаправленная работа с информацией для использования в практических целях	Технология самостоятельной работы	ПК-4 - Способность разрабатывать практические мероприятия по совершенствованию технологий, средств автоматизации и автоматизированных производственных систем	З-1 - Воспроизводить инженерные основы структуры и функционирования средств автоматизации и автоматизированных производственных систем
			ПК-8 - Способность моделировать средства и системы автоматизации производственных и технологических процессов	З-1 - Характеризовать программные продукты для моделирования средств и систем автоматизации производственных и технологических процессов, их под-систем, отдельных элементов и модулей  У-1 - Выбирать современное программное обеспечение для моделирования систем автоматизации производственных и технологических процессов, их подсистем и отдельных элементов и модулей с учетом характеристик системы

1.4. Программа дисциплины реализуется на государственном языке Российской Федерации .

## **2. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **Моделирование систем**

#### **Электронные ресурсы (издания)**

1. Кудряшов, В. С.; Моделирование систем : учебное пособие.; Воронежский государственный университет инженерных технологий, Воронеж; 2012; <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=141980> (Электронное издание)
2. Лыкин, А. В.; Математическое моделирование электрических систем и их элементов : учебное пособие.; Новосибирский государственный технический университет, Новосибирск; 2013; <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=228767> (Электронное издание)
3. Жмудь, В. А.; Моделирование и численная оптимизация замкнутых систем автоматического управления в программе VisSim : учебное пособие.; Новосибирский государственный технический университет, Новосибирск; 2012; <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=229034> (Электронное издание)
4. Афонин, В. В.; Моделирование систем : учебно-практическое пособие.; Интернет-Университет Информационных Технологий (ИНТУИТ)|Бином. Лаборатория знаний, Москва; 2011; <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=232979> (Электронное издание)
5. ; Моделирование систем: Подходы и методы : учебное пособие.; Издательство Политехнического университета, Санкт-Петербург; 2013; <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=362986> (Электронное издание)
6. ; Моделирование систем: Подходы и методы : учебное пособие.; Издательство Политехнического университета, Санкт-Петербург; 2013; <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=362986> (Электронное издание)
7. Агеев, А. И.; Имитационное моделирование жизненного цикла товара; Лаборатория книги, Москва; 2010; <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=97062> (Электронное издание)
8. Салмина, Н. Ю.; Имитационное моделирование : учебное пособие.; ТУСУР, Томск; 2015; <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=480901> (Электронное издание)
9. Березовская, Е. А.; Имитационное моделирование : учебное пособие.; Издательство Южного федерального университета, Ростов-на-Дону|Таганрог; 2018; <http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=499496> (Электронное издание)

#### **Печатные издания**

1. Павловский, Ю. Н., Белотелов, Н. В., Бродский, Ю. И., Журавлев, Ю. И., Садовничий, В. А., Дмитриенко, Ю. И.; Имитационное моделирование; Академия, Москва; 2008 (2 экз.)

#### **Профессиональные базы данных, информационно-справочные системы**

<http://lib.urfu.ru> – Зональная научная библиотека УрФУ

<http://elibrary.ru> – Научная электронная библиотека Elibrary.ru

<http://standartgost.ru/> – Открытая база ГОСТов

#### **Материалы для лиц с ОВЗ**

Весь контент ЭБС представлен в виде файлов специального формата для воспроизведения синтезатором речи, а также в тестовом виде, пригодном для прочтения с использованием экранной лупы и настройкой контрастности.

### **Базы данных, информационно-справочные и поисковые системы**

<https://elearn.urfu.ru/enrol/index.php?id=3297> - курс в СДО "MOODLE" "Моделирование систем"

[http://www.edu.ru/db/portal/sites/res\\_page.htm](http://www.edu.ru/db/portal/sites/res_page.htm) – Федеральные образовательные ресурсы

[http://window.edu.ru/catalog/?p\\_rubr=2.1](http://window.edu.ru/catalog/?p_rubr=2.1) - Единое окно доступа к образовательным ресурсам

<http://window.edu.ru/unilib/>- Библиотеки ВУЗов

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

#### **Моделирование систем**

#### **Сведения об оснащённости дисциплины специализированным и лабораторным оборудованием и программным обеспечением**

Таблица 3.1

<b>№ п/п</b>	<b>Виды занятий</b>	<b>Оснащённость специальных помещений и помещений для самостоятельной работы</b>	<b>Перечень лицензионного программного обеспечения. Реквизиты подтверждающего документа</b>
1	Лекции	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов  Рабочее место преподавателя  Доска аудиторная  Подключение к сети Интернет	Не требуется
2	Лабораторные занятия	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов  Рабочее место преподавателя  Доска аудиторная  Периферийное устройство  Персональные компьютеры по количеству обучающихся  Оборудование, соответствующее требованиям организации учебного процесса в соответствии с	Matlab R2008a  Matlab R2014a + Simulink  Mathcad 14  Matlab+Simulink  Mathcad Professor Edition - Floating (PKG-7557-F)

		санитарными правилами и нормами Подключение к сети Интернет	
3	Самостоятельная работа студентов	Мебель аудиторная с количеством рабочих мест в соответствии с количеством студентов Периферийное устройство Персональные компьютеры по количеству обучающихся Оборудование, соответствующее требованиям организации учебного процесса в соответствии с санитарными правилами и нормами Подключение к сети Интернет	Matlab R2008a Matlab R2014a + Simulink Mathcad 14 Matlab+Simulink Mathcad Professor Edition - Floating (PKG-7557-F)