

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ  
ДОНЕЦКОЙ НАРОДНОЙ РЕСПУБЛИКИ  
ГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ  
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ  
«ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»  
АВТОМОБИЛЬНО-ДОРОЖНЫЙ ИНСТИТУТ

**А.В. Химченко**

**КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ  
ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ  
СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

**Учебно-методическое пособие**

Горловка  
2018

УДК 004.942(078)

X 469

Рекомендовано к изданию решением учебно-методической комиссии факультета  
«Дорожно-транспортный» Автомобильно-дорожного института ГОУВПО «Донецкий  
национальный технический университет».

Протокол №5 16.05.2018

**Рецензент:**

Быков В. В. — кандидат технических наук, доцент кафедры «Автомобильный транспорт» АДИ  
ГОУВПО «ДОННТУ»

**Химченко, А.В.**

X 469 Компьютерное моделирование технических систем. Структура и содержание  
дисциплины : Учебно-методическое пособие [Электронный ресурс] / А.В. Химченко. —  
Горловка: АДИ ГОУВПО «ДонНТУ», 2018. — 16 с.

Учебно-методическое пособие предназначено для облегчения освоения студентами заочной формы обучения дисциплины «Компьютерное моделирование технических систем». В результате самостоятельной работы, выполнения контрольной работы, студенты получают практические навыки в компьютерном моделировании с использованием средств имитационного моделирования. Это позволит повысить уровень магистерских квалификационных работ и применять полученные знания в дальнейшей практической научной или проектной деятельности.

Учебно-методическое пособие предназначено для студентов, обучающихся по направлениям подготовки: 23.04.03 «Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов» и 08.04.01 «Строительство» квалификационного уровня «магистр», специализирующихся в области автомобильного транспорта и дорожного строительства, а также 23.05.01 «Наземные транспортно-технологические средства».

В пособии приводится содержание дисциплины, темы с которыми должен ознакомиться студент, контрольные вопросы и перечень источников для самостоятельного изучения. Для студентов заочной формы обучения приведён примерный перечень тем индивидуальных заданий для выполнения контрольной работы.

Текст изложен в авторской редакции.

УДК 004.942(078)

© Химченко А.В., 2018

© ГОУВПО «Донецкий национальный технический университет»

Автомобильно-дорожный институт, 2018

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>ВВЕДЕНИЕ</b>	<b>4</b>
<b>1 Содержание учебного материала дисциплины «Компьютерное моделирование технических систем»</b>	<b>6</b>
<b>2 Индивидуальные задания</b>	<b>10</b>
<b>3 Список рекомендуемой литературы</b>	<b>12</b>
<b>4 Контрольные вопросы для самоподготовки</b>	<b>14</b>

## ВВЕДЕНИЕ

Цель освоения учебной дисциплины: реализация требований квалификационной характеристики, основных требований к профессиональной подготовленности инженера и целей основных образовательных программ специалитета и магистратуры в соответствии Государственным образовательным стандартом высшего профессионального образования, дать представление о математическом моделировании технических систем с использованием вычислительной техники и пакетов прикладных программ, сформировать знания, умения и навыки компьютерного математического моделирования для использования в практической инженерной и научной деятельности.

Задачами изучения дисциплины являются:

- дать представление о математическом моделировании;
- дать представление о дискретности и непрерывности в природе;
- развитие представления о математике, как особом способе познания мира, общности ее понятий и представлений;
- систематизация, расширение и закрепление профессиональных знаний;
- формирование знаний, умений и навыков компьютерного математического моделирования для использования в практической деятельности.

Изучение данной дисциплины основывается на знаниях таких учебных дисциплин, как «Информатика», «Основы научных исследований», «Прикладное программирование и пакеты программ», «Информационные технологии», а также базовых курсов общенаучного цикла «Физика», «Математика», «Теоретическая механика».

Данная дисциплина имеет межпредметные связи с такими учебными курсами как: «Методология и методы научных исследований», «Теория автомобилей и тракторов», «Испытания автомобилей и тракторов», «Инженерные графические редакторы», «Научно-исследовательская работа студента» и другими.

### **Компетенции обучающегося, формируемые в результате освоения дисциплины «Компьютерное моделирование технических систем»**

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

- способностью к абстрактному мышлению, анализу, синтезу;
- готовность к саморазвитию, самореализации, использованию творческого потенциала;
- способностью самостоятельно приобретать с помощью информационных технологий и использовать в практической деятельности новые знания и умения, в том числе в новых областях знаний, непосредственно не связанных со сферой деятельности;

- способностью на научной основе организовать свой труд, самостоятельно оценивать результаты своей деятельности;
- способность анализировать состояния и перспектив развития наземных транспортно-технологических средств, технологического оборудования, комплексов на их базе, технической эксплуатации транспорта и транспортных технологий;
- способностью проводить теоретические и экспериментальные научные исследования для поиска и проверки новых идей совершенствования наземных транспортно-технологических средств, технологического оборудования, комплексов на их базе, технической эксплуатации транспорта и транспортных технологий;
- способностью осуществлять техническое и организационное обеспечение исследований, анализ результатов и разработка предложений по их реализации;
- способность определять способ достижения целей проекта, выявить приоритеты решения задач при производстве, модернизации и ремонте наземных транспортно-технологических средств, технологического оборудования, комплексов на их базе, при совершенствовании технической эксплуатации транспорта и транспортных технологий;
- способность разрабатывать варианты решения проблем производства, модернизации и ремонта наземных транспортно-технологических средств, варианты совершенствования технической эксплуатации и транспортных технологий, проводить анализ этих вариантов, осуществлять прогнозирование последствий, находить компромиссных решений в условиях многокритериальности и неопределённости;
- способность анализировать состояние и перспективы развития автомобилей и тракторов, их технологического оборудования и комплексов на их базе, в том числе с использованием технических средств интеллектуальных транспортных систем;
- способностью проводить теоретические и экспериментальные научные исследования по поиску и проверке новых идей совершенствования автомобилей и тракторов, в том числе с использованием технологий интеллектуальных транспортных систем;
- способность определять способы достижения целей проекта, выявлять приоритеты решения задач при производстве, модернизации и ремонте автомобилей и тракторов, их технологического оборудования и комплексов на их базе;
- способностью разрабатывать конкретные варианты решения проблем производства, модернизации и ремонта автомобилей и тракторов, проводить анализ этих вариантов, осуществлять прогнозирование последствий, находить компромиссные решения в условиях многокритериальности и неопределенности.

# 1 Содержание учебного материала дисциплины «Компьютерное моделирование технических систем»

Таблица 1.1 — Содержание учебного материала дисциплины «Компьютерное моделирование технических систем»

Виды учебных занятий	Всего		Семестр (очная / заочная формы)
	часов (оч- ная / заочная формы)	кредитов ECTS	
1	2	3	4
Общий объем часов по дисциплине, в том числе:	126/126	3,5	1/1
— аудиторные занятия	68/8	—	1/1
— самостоятельная работа	58/118	—	1/1
Аудиторные занятия, в том числе:			1/1
— лекции	34/4	—	1/1
— практические занятия	34/4	—	1/1
— лабораторные занятия	—	—	—
— практические занятия к выполнению курсового проекта (работы)	—	—	—
Самостоятельная работа, в том числе:		—	1/1
— подготовка к аудиторным занятиям	12/58	—	1/1
— выполнение курсового проекта	—	—	—
— выполнение расчётно-графических работ	10/0	—	1/1
— выполнение контрольной работы для заочной формы обучения	0/24	—	1/1
Промежуточная аттестации: экзамен	36/36	—	1/1
Материально-техническое обеспечение учебного процесса по дисциплине	для прочтения лекционного курса задействуются мультимедийная аудитория 1-201, 1-303, 1-324, для проведения практических занятий — компьютерный класс 1-213, 1-319, 1-312		

Таблица 1.2 — Темы лекционных занятий по дисциплине «Компьютерное моделирование технических систем»

Номер темы	Название темы лекции	Объем лекции, ак. часов (очная / заочная формы)	Объем самостоятельной работы, ак. часов (очная / заочная формы)
1	2	3	4
1	Современное компьютерное моделирование в науке и технике. Модельно-ориентированное проектирование. Основные понятия.	2/0,3	0,5/2

Продолжение таблицы 1.2

1	2	3	4
2	Системный подход в моделировании технических систем. Определения. Принципы системного подхода.	2/0,3	0,5/2
3	Математическое моделирование. Правила, этапы. Свойства моделей и классификация	2/0,3	0,5/2
4	Имитационное моделирование. Имитационное моделирование случайных процессов. Метод Монте-Карло.	2/0,3	0,5/2
5	Автоматизированное моделирование технических объектов и систем. Инструментальные средства моделирования.	2/0,3	0,5/2
6	Пакет MATLAB. Первое знакомство.	4/0,3	0,5/4
7	Первое знакомство с SIMULINK – средством имитационного моделирования систем. Пакет SIMULINK.	2/0,3	0,5/4
8	Настройка и отладка динамических моделей.	2/0,3	0,5/4
9	Физическое мультидоменное моделирование сложных технических систем в SIMULINK. Simscape. Моделирование механических систем.	4/0,5	0,5/4
10	Моделирование гидравлических систем и теплопередачи.	2/0,3	0,5/2
11	Моделирование систем управления. SIMULINK Stateflow	2/0,3	0,5/2
12	Автоматизация численного имитационного эксперимента в MATLAB	4/0,5	0,5/4
Всего по лекционным занятиям		34/4	6/34

Таблица 1.3 – Темы и структура практических занятий по дисциплине «Компьютерное моделирование технических систем»

Номер темы	Название темы практического (семинарского) занятия	Объем работы, ак. часов (очная / заочная формы)	Объем самостоятельной работы, ак. часов (очная / заочная формы)
1	2	3	4
1	Основы работы с Matlab.	2/0	0,5/0
2	Освоение базовых функций Simulink.	2/1	0,5/4
3	Моделирование динамических систем в Simulink.	4/1	0,5/8
4	Построение и оформление графиков в Matlab по результатам моделирования в Simulink.	2/1	0,5/4
5	Моделирование механических систем с помощью Simscape Foundation.	4/0	0,5/0
5	Моделирование механических систем с помощью Simscape Multibody.	4/0	0,5/0

## Продолжение таблицы 1.3

1	2	3	4
6	Моделирование гидравлических систем с помощью Simscape Fluids.	4/0	0,5/0
7	Использование Simscape Drivline для моделирования работы элементов автомобилей и тракторов.	4/1	1/8
8	Получение регрессионных моделей в Mathlab. Аппроксимация экспериментальных данных.	2/0	0,5/0
9	Создание и применение простейших нейронных сетей	4/0	0,5/0
10	Создание модели системы управления. На основе модуля Stateflow	2/0	0,5/0
Всего по практическим занятиям		34/4	6/24

**1.0.0.1 Темы и структура контрольных работ**

Таблица 1.4 — Темы и структура контрольных работ по дисциплине «Компьютерное моделирование технических систем»

Номер темы	Наименование видов работ при выполнении контрольной работы	Объём работы, ак. часов (очная / заочная формы)	Объём самостоятельной работы, ак. часов (очная / заочная формы)
1	2	3	4
1	Моделирование технической системы в среде Simulink. В соответствии с индивидуальным заданием в среде Simscape Simulink построить динамическую модель технического устройства и его привода. Отладить работу модели. Сгенерировать отчёт о модели.	0/24	0/24
Всего по контрольной работе		0/24	0/24

**1.0.0.2 Темы и структура расчётно-графических работ**

Таблица 1.5 — Темы и структура расчётно-графических работ по дисциплине «Компьютерное моделирование технических систем»

Номер темы	Название темы расчётно-графической работы и ее содержание	Объём работы, ак. часов (очная / заочная формы)	Объём самостоятельной работы, ак. часов (очная / заочная формы)
1	2	3	4



Продолжение таблицы 1.5

1	2	3	4
1	Моделирование технической системы в среде Simulink. В соответствии с индивидуальным заданием в среде Simscape Simulink построить динамическую модель технического устройства и его привода. Отладить работу модели. Сгенерировать отчёт о модели.	10/0	10/0
Всего по расчётно-графическим работам		10/0	—

## 2 Индивидуальные задания

При выполнении контрольной работы студенты заочной формы обучения, а также студенты очной формы обучения, выполняющие индивидуальное задание, используя Mathworks Simulink разрабатывают имитационную модель технической системы, согласующуюся с направлением исследований в выпускной квалификационной работе. Тема задания выбирается студентом самостоятельно по согласованию с преподавателем. Примеры задания приведены ниже.

Разработать физическую имитационную модель для исследования работы:

- четырехстоечного платформенного подъемника;
- двухстоечного подъемника с электромеханическим или электрогидравлическим приводом;
- одностоечного подъемника с электромеханическим приводом;
- подъемника ножничного типа;
- подъемника параллелограммного типа;
- амортизатора автомобильного;
- коробки переключения передач;
- пресса настольного ручного для запрессовки деталей механизмов;
- пресса настольного, гидравлического для запрессовки деталей механизмов;
- подкатного домкрата;
- кривошипно-шатунного механизма;
- кривошипно-кулисного механизма;
- главной передачи с межколёсным дифференциалом;
- пневматической подвески;
- системы охлаждения двигателя;
- системы газораспределения;
- тормозной системы автомобиля;
- трансмиссии автомобиля и т.д.

При выполнении индивидуального задания необходимо

- получить упрощённую имитационную модель, приближённую к объекту исследования, с использованием модулей Simulink Simscape;
- сымитировать как минимум один из рабочих режимов системы;
- установить датчики и определить силовые и кинематические параметры работы отдельных элементов системы, визуализировать результат;
- выполнить регистрацию изменения параметров в интересующих элементах технической системы;
- сохранить полученные результаты в файл, для возможности дальнейшей обработки;
- сгенерировать комплексный отчёт simulink по созданной модели.

Имитационная модель должна быть получена с использованием мультидоменного моделирования с использованием различных физических систем.

В качестве отчёта по выполненной работе студент должен предоставить в электронном виде отчёт сгенерированный с помощью генератора отчётов в Simulink, файл модели и файлы с результатами моделирования.

### 3 Список рекомендуемой литературы

К изучению дисциплины предлагается следующий список рекомендуемой литературы:

Основная литература:

1. *Химченко А. В., Мищенко Н. И.* Компьютерное моделирование технических систем [Электронный ресурс] : учебное пособие. — Горловка : АДИ ГОУВПО «ДонНТУ», 2018. — 93 с.
2. Simulink User's Guide. MathWorks: Documentation R2019a. — MathWorks, 2019. — 4620 p. — URL: [https://www.mathworks.com/help/pdf\\_doc/simulink/sl\\_using.pdf](https://www.mathworks.com/help/pdf_doc/simulink/sl_using.pdf).
3. Simulink Getting Started Guide. MathWorks: Documentation R2019a. — MathWorks, 2019. — 78 p. — URL: [https://www.mathworks.com/help/pdf\\_doc/simulink/sl\\_gs.pdf](https://www.mathworks.com/help/pdf_doc/simulink/sl_gs.pdf).
4. *Аюпов В. В.* Математическое моделирование технических систем : учебное пособие. — Пермь : ИПЦ «Прокрость», 2017. — 242 с. — ISBN 978-5-94279-337-1. — М-во с.-х. РФ, федеральное гос. бюджетное образов. учреждение высшего образования «Пермская гос. с.-х. акад. им. акад. Д.Н. Прянишникова».
5. *Мезенцев К. Н.* Моделирование систем : Основы системотехники и исследования систем : курс лекций : в 2 т. Ч. 1 / под ред. д-ра техн. наук, проф. А. Б. Николаева. — Москва : МАДИ, 2017. — 84 с. — URL: <http://lib.madi.ru/fel/fel1/fel18E454.pdf>.
6. *Черных И. В.* Simulink: Инструмент моделирования динамических систем. — URL: <http://matlab.exponenta.ru/simulink/book1/index.php> (дата обр. 03.03.2017).
7. Simscape User's Guide. MathWorks: Documentation R2019a. — MathWorks, 2019. — 666 p. — URL: [https://www.mathworks.com/help/pdf\\_doc/physmod/simscape/simscape\\_ug.pdf](https://www.mathworks.com/help/pdf_doc/physmod/simscape/simscape_ug.pdf).

Дополнительная литература:

1. *Богумил В. Н., Щербаков А. Ю.* Имитационное моделирование телематических систем на автомобильном транспорте : лабораторный практикум. — Москва : МАДИ, 2016. — 44 с. — URL: <http://lib.madi.ru/fel/fel1/fel16M536.pdf>.
2. *Духанов А. В., Медведева О. Н.* Имитационное моделирование сложных систем : курс лекций. — Владимир : Изд-во Владим. гос. ун-та, 2010. — 107 с. — ISBN 978-5-9984-0037-7. — Владим. гос. ун-т.

3. *Васильев В. В., Симак Л. А., Рыбникова А. М.* Математическое и компьютерное моделирование процессов и систем в среде MATLAB/SIMULINK : Учебное пособие для студентов и аспирантов. — Киев : НАН Украины, 2008. — 91 с. — ISBN 978-966-02-4389-7.
4. *Лазарев Ю. Ф.* Моделирование процессов и систем в Matlab. Учебный курс. — Киев : Издательская группа BHV, 2005. — 512 с.
5. *Тарасик В. П.* Математическое моделирование технических систем. — Минск : Дизайн-ПРО, 2004. — 640 с.

## 4 Контрольные вопросы для самоподготовки

Для проведения промежуточной аттестации студента в виде семестрового контроля в процессе зачётно-экзаменационной сессии предлагается следующий перечень вопросов:

1. Моделирование как метод исследования.
2. Правила моделирования.
3. Этапы моделирования.
4. Понятие модели.
5. Классификация моделей.
6. Классификация математических моделей.
7. Свойства математических моделей.
8. Требования к математическому моделированию.
9. Этапы построения и применения математических моделей.
10. Понятие системы.
11. Принципы системного подхода.
12. Классификация систем.
13. Технический объект.
14. Техническая система.
15. Динамика материальной точки.
16. Дифференциальные уравнения движения материальной точки.
17. Применение общих теорем динамики системы материальных точек.
18. Моделирование в случае замкнутой механической системы.
19. Особенности экспериментальных факторных моделей.
20. Инструментальные средства моделирования.
21. Программная среда Matlab. Основные возможности.
22. Основы матричных операций в Matlab.
23. Simulink возможности и структуры пакета.
24. Назначение базового пакета Simulink. Состав пакета.
25. Принципы построения моделей в Simulink.
26. Создание подсистем в Simulink.
27. Отладка модели в Simulink.
28. Основные блоки базового пакета. Применение при создании моделей.
29. Ввод исходных данных и вывод результатов моделирования в Simulink.
30. Решение систем дифференциальных уравнений в Simulink.
31. Решение систем линейных алгебраических уравнений в Simulink.
32. Построение графиков на основе результатов моделирования в Simulink.
33. Настройка параметров моделирования в Simulink.
34. Назначение и возможности пакета Simscape.
35. Основные блоки пакета Simscape Foundation. Назначение и применение.
36. Моделирование с помощью пакета Simscape Foundation.
37. Основные блоки пакета Simscape Fluid. Назначение и применение.

38. Моделирование с помощью пакета Simscape Fluid.
39. Основные блоки пакета Simscape Driveline. Назначение и применение.
40. Моделирование с помощью пакета Simscape Driveline.
41. Основные блоки пакета Simscape Multibody. Назначение и применение.
42. Моделирование с помощью пакета Simscape Multibody.
43. Использование 3D моделей в Simulink.
44. Основные блоки пакета Simscape Power Systems. Назначение и применение.
45. Моделирование с помощью пакета Simscape Power Systems.
46. Применение датчиков и вывод информации о модели на основе Simscape.
47. Назначение и возможности пакета Stateflow.
48. Основные блоки пакета Simscape Stateflow. Назначение и применение.
49. Моделирование с помощью пакета Simscape Stateflow.
50. Создание и состав отчёта о модели Simulink.
51. Получение регрессионных моделей в Matlab.

ЭЛЕКТРОННОЕ УЧЕБНОЕ ИЗДАНИЕ

**КОМПЬЮТЕРНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ  
ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ  
СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ  
УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ПОСОБИЕ**

**Химченко Аркадий Васильевич**

Компьютерная вёрстка в L<sup>A</sup>T<sub>E</sub>X Химченко А. В.

Подписано к изданию 16.05.2018 г. Гарнитура Computer Modern.  
Объем издания 274,8 Кбайт, авт. л. 0,71.

---

Государственное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«Донецкий национальный технический университет»  
Автомобильно-дорожный институт  
284646, ДНР г. Горловка, ул. Кирова, 51  
E-mail: hiav@adidonntu.ru

Свидетельство о государственной регистрации ДНР  
серия АА03 № 029192 от 7 апреля 2016 г.