

БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе и
образовательным инновациям

 О.Г. Прохоренко
«08» июля 2022 г.

Регистрационный № УД-11341/уч.



ИМИТАЦИОННОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ В SIMULINK

**Учебная программа учреждения высшего образования
по учебной дисциплине для специальности:**

1-31 03 09 Компьютерная математика и системный анализ

2022 г.

Учебная программа составлена на основе ОСВО 1-31 03 09-2021, утверждён постановлением № 98 от 25.04.2022, учебных планов № G31-1-019/уч. от 25.05.2021, № G31-1-004/уч.ин. от 31.05.2021, № G31-1-222/уч. от 22.03.2022 г., № G31-1-226/уч. ин. от 27.05.2022.

СОСТАВИТЕЛИ:

Л. Л. Голубева, заведующая кафедрой дифференциальных уравнений и системного анализа Белорусского государственного университета, кандидат физико-математических наук, доцент

А. Э. Малевич, доцент кафедры дифференциальных уравнений и системного анализа механико-математического факультета Белорусского государственного университета, кандидат физико-математических наук, доцент.

РЕЦЕНЗЕНТ:

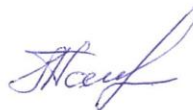
Е. А. Крушевский, начальник управления подготовки научных кадров высшей квалификации Белорусского национального технического университета, доцент кафедры «Математические методы в строительстве», кандидат физико-математических наук, доцент.

РЕКОМЕНДОВАНА К УТВЕРЖДЕНИЮ:

Кафедрой дифференциальных уравнений и системного анализа Белорусского государственного университета
(протокол № 16 от 25.05.2022);

Научно-методическим советом БГУ
(протокол № 6 от 29.06.2022).

Зав. кафедрой дифференциальных уравнений
и системного анализа



Л. Л. Голубева

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Цели и задачи учебной дисциплины

Цель учебной дисциплины «Имитационное моделирование в Simulink» – повышение уровня профессиональной компетентности студентов путем обучения навыкам и умениям компьютерного имитационного моделирования и проведения исследований для решения проблем классического и современного естествознания.

Образовательная цель: обучение студентов методам и приемам компьютерного имитационного моделирования в современной компьютерной математической среде MATLAB-Simulink, эффективному исследованию посредством компьютера широкого круга проблем математического содержания.

Развивающая цель: формирование у студентов практических навыков построения и анализа математических и компьютерных имитационных моделей динамических систем.

Задачи учебной дисциплины:

- исследование и разработка моделей, алгоритмов, методов, программных решений, инструментальных средств по тематике выполняемых учебных и научно-исследовательских проектов;
- разработка и исследование математических и имитационных моделей в определенной предметной области;
- составление и подготовка к публикации научных обзоров, рефератов, библиографий, научно-технических отчётов по тематике выполняемых проектов.

Место учебной дисциплины в системе подготовки специалиста с высшим образованием.

Учебная дисциплина «Имитационное моделирование в Simulink» относится к компоненту учреждения высшего образования и входит в состав **модуля** «Компьютерное моделирование».

При изучении дисциплины «Имитационное моделирование в Simulink» используются знания, умения и навыки, полученные при изучении дисциплин «Компьютерная математика», «Дифференциальные уравнения», «Алгебра и теория чисел». Приобретенные при изучении данной дисциплины компетенции пригодятся студенту при изучении дисциплин «Математическое моделирование динамических процессов», «Нейронные сети и генетические алгоритмы».

Требования к компетенциям

Освоение учебной дисциплины «Имитационное моделирование в Simulink» должно обеспечить формирование следующей **специализированной компетенции:**

СК-8. Осуществлять математическое и компьютерное моделирование для прикладных исследований.

В результате изучения дисциплины студент должен

знать:

- идеологию среды Simulink для динамического междисциплинарного моделирования сложных технических систем среды MATLAB и принципы работы в ней; инструментальные средства для модельно-ориентированного проектирования, элементы управления, интерфейс; структуры данных; особенности построения имитационных моделей и проведения экспериментов; возможности визуализации исследований и оформления результатов исследований в виде публикаций;
- графический язык Stateflow для создания комбинаторной логики и логики принятия решений.

уметь:

- осуществлять математическое и компьютерное моделирование для прикладных исследований в среде Simulink пакета MATLAB;
- применять современный математический аппарат в эффективной интеграции с инструментальными компьютерными математическими средствами;
- создавать и исследовать математические, компьютерные имитационные модели различных уровней абстракции, проводить анализ результатов исследований;
- квалифицированно применять языки программирования современных систем компьютерной математики;
- готовить материалы к публикации, в том числе в электронных изданиях, по тематике и результатам проводимых исследований;
- самостоятельно расширять компьютерные математические знания с дальнейшим их использованием при построении и анализе математических и компьютерных моделей широкого круга междисциплинарных теоретических и прикладных задач.

владеть:

- методами и приемами динамического междисциплинарного моделирования сложных технических систем;
- методами исследований и решения проблем математического содержания с использованием математической среды MATLAB;
- инструментом Simulink для модельно-ориентированного проектирования;
- графическим языком Stateflow для создания комбинаторной логики и логики принятия решений.

Структура учебной дисциплины

Для получения общих знаний занятия проводятся в форме лекций с применением технических средств обучения (ТСО), средств компьютерных и информационных технологий. Формирование умений и навыков, применение знаний, формирование творческой деятельности осуществляется на лабораторных занятиях. Закрепление и контроль знаний, умений и навыков

реализуется посредством управляемой самостоятельной работы студента (УСР). Рекомендуется проведение не менее двух контрольных работ.

Занятия (лекции, лабораторные занятия), текущий контроль и текущая аттестация по дисциплине «Имитационное моделирование в Simulink» могут проводиться в дистанционной форме обучения, в онлайн и офлайн режимах. В этом случае занятия проходят согласно утвержденной учебной программе и расписанию на централизованной площадке Образовательного портала БГУ, который обеспечивает интерактивное взаимодействие студента и преподавателя.

На лекциях и лабораторных занятиях используются следующие методы обучения: проблемного изложения, поисковый, репродуктивный, исследовательский. При проведении занятий также планируется использовать наглядные методы, такие как иллюстрация, демонстрация, визуализация.

Дисциплина «Имитационное моделирование в Simulink» изучается в 4 семестре. Форма получения высшего образования очная (дневная).

Всего на изучение учебной дисциплины «Имитационное моделирование в Simulink» отводится 90 часов, в том числе 34 аудиторных часа, из них: лекции – 16 часов, 14 часов – лабораторные занятия, 4 часа – управляемая самостоятельная работа.

Трудоемкость учебной дисциплины составляет 3 зачётные единицы. Форма текущей аттестации – зачёт.

СОДЕРЖАНИЕ УЧЕБНОГО МАТЕРИАЛА

Раздел 1. Simulink как инструмент модельно-ориентированного проектирования сложных технических систем

Тема 1.1. Компьютерное моделирование и Simulink

Компьютерное моделирование и компьютерная модель. Математическое моделирование, математическая модель. Имитационное моделирование. Simulink как программа имитационного моделирования динамических и событийно-управляемых систем. Графический интерфейс пользователя системы Simulink. Основные составляющие модели Simulink. Библиотека блочных компонентов. Графический редактор для построения и управления блочными диаграммами. Блоки-генераторы сигналов, блоки-приемники сигналов, блоки-преобразователи сигналов. Основные этапы построения компьютерной имитационной модели: постановка задачи, предметная область, вербальная модель, научная модель, математическая модель, компьютерная модель. Проведение экспериментов с имитационной моделью. Отображение результатов выполнения расчетов Simulink-моделью.

Тема 1.2. Динамические системы

Понятие динамической системы. Нормальные системы обыкновенных дифференциальных уравнений (ОДУ) 1-го порядка. Нормальные автономные системы ОДУ 1-го порядка. Интегральная кривая. Состояние, начальное состояние, пространство состояний. Фазовая траектория, фазовое пространство, фазовая диаграмма. Математическая модель в пространстве состояний для тела, подброшенного вертикально вверх.

Тема 1.3. Решатели (Solver) и интеграторы (Integrator)

Аналитическое и численное моделирование. Параметры конфигурации Simulink-модели Configuration Parameters. Дискретные и непрерывные системы. Численные методы решения дифференциальных уравнений. Решатели ОДУ с фиксированным шагом и с переменным шагом. Блок Integrator. Определение «перехода через ноль». Понятие «алгебраической петли». Имитационная компьютерная модель на примере тела, подброшенного вертикально вверх.

Тема 1.4. Взаимодействие и обмен данными между MATLAB и Simulink

Уровни обмена данными между MATLAB и Simulink. Использование переменных Workspace для задания параметров блоков. Установка параметров обмена с рабочей областью Workspace. Блоки передачи информации (сигналов) в модель Simulink из рабочего пространства и из mat-файла. Блоки для передачи результатов выполнения расчётов из модели Simulink в рабочее пространство и сохранения в mat-файле. Ручной вызов m-файлов из Simulink-модели. Автоматическое выполнение команд m-файлов до и после выполнения модели. Вызов и выполнение расчетов Simulink-модели из m-файла.

Тема 1.5. S-функции

Назначение S-функций, цель их использования. Определение S-функций. Языки написания S-функций. Блок S-Function, его параметры. Математическое описание S-функции. Этапы Simulink-моделирования. Создание S-функций на языке MATLAB. Определение блока характеристик S-функции. Callback-методы S-функции. Применение S-функции для создания анимации.

Тема 1.6. Управляемые подсистемы

Виртуальные и монолитные подсистемы. Управляемые и неуправляемые подсистемы. Типы управляемых подсистем. Связь подсистемы с моделью. Способы создания подсистем. Создание и конфигурирование подсистем. Уровни подсистем в иерархии модели.

Раздел 2. Stateflow как инструмент моделирования конечных автоматов и разработки управляющей логики

Тема 2.1. Системы, управляемые событиями. Stateflow-диаграммы

Сложные системы. Гибридные системы. Трансформационные системы. Реактивные системы. Основные компоненты диаграммы состояний. Концепция конечного автомата.

Назначение пакета событийного моделирования Stateflow. Графический редактор Stateflow. Связь Stateflow с Simulink и MATLAB. Что такое Stateflow-диаграмма. Технология совместного использования Simulink и Stateflow.

Тема 2.2. Диаграммы переходов состояний

Диаграммы переходов состояний StateChart. Подключение блока Chart к Simulink-модели. Иерархия Stateflow-объектов. Графические и неграфические объекты. События, состояния, действия, переходы. Состояния, их характеристики. Типы действий, связанные с состояниями. Нотации меток состояний. Переходы. Действия, связанные с переходами. Условия, связанные с переходами. Нотации меток переходов. Безусловный переход. Соединительные переходы. Хронологические соединения. Псевдосостояния. Обмен данными между Simulink-моделью и блоком Chart. Генерация событий.

УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КАРТА УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ

дневной формы получения образования с применением электронных средств обучения (ДО)

Номер раздела, темы	Название раздела, темы	Количество аудиторных часов					Количество часов УСР	Форма контроля знаний
		Лекции	Практические занятия	Семинарские занятия	Лабораторные занятия	Иное		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Имитационное моделирование в Simulink	16			14		4	
1.	Simulink как инструмент модельно-ориентированного проектирования сложных технических систем	12			10		4	
1.1	Компьютерное моделирование и Simulink.	2			2			Собеседование
1.2	Динамические системы.	2			2			Письменный отчёт по лабораторной работе в электронном виде с устной защитой, устный опрос.
1.3	Решатели (Solver) и интеграторы (Integrator).	2			2		2	Письменный отчёт по заданиям в электронном виде с устной защитой.

1.4	Взаимодействие и обмен данными между MATLAB и Simulink.	2			2			Письменный отчёт по лабораторной работе в электронном виде с устной защитой.
1.5	S-функции.	2					2	Письменный отчёт по заданиям в электронном виде с устной защитой.
1.6	Управляемые подсистемы.	2			2			Письменный отчёт по лабораторной работе в электронном виде с устной защитой, устный опрос. Контрольная работа.
2	Stateflow как инструмент моделирования конечных автоматов и разработки управляющей логики	4			4			
2.1	Системы, управляемые событиями. Stateflow-диаграммы.	2			2			Контрольный опрос
2.2	Диаграммы переходов состояний.	2			2			Письменный отчёт по лабораторной работе в электронном виде с устной защитой. Контрольная работа

ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Перечень основной литературы

1. *Голубева, Л. Л.* Компьютерная математика. Пакет имитационного моделирования Simulink: лабораторный практикум / Л.Л. Голубева, А.Э. Малевич, Н.Л. Щеглова. Минск : БГУ, 2010. 151 с. <http://elib.bsu.by/handle/123456789/4171>.
2. *Голубева, Л. Л.* Компьютерная математика. Числовой пакет MATLAB: курс лекций / Л. Л. Голубева, А. Э. Малевич, Н. Л. Щеглова. Минск : БГУ, 2007. 164 с.
3. *Голубева, Л. Л.* Компьютерная математика. Числовой пакет MATLAB: лабораторный практикум / Л. Л. Голубева, А. Э. Малевич, Н. Л. Щеглова. Минск : БГУ, 2008. 171 с.
4. *Кудинов, Ю. И.* Теория автоматического управления (с использованием MATLAB — SIMULINK) : учебное пособие / Ю. И. Кудинов, Ф. Ф. Пащенко. — 3-е изд., стер. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 312 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/205955>.
5. *Стефанова, И. А.* Обработка данных и компьютерное моделирование : учебное пособие / И. А. Стефанова. — Санкт-Петербург : Лань, 2020. — 112 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/126939>.
6. *Трухин, М. П.* Моделирование сигналов и систем. Система массового обслуживания : учебное пособие / М. П. Трухин ; под научной редакцией С. В. Поршнева. — Санкт-Петербург : Лань, 2019. — 232 с. — Текст : электронный // Лань : электронно-библиотечная система. — URL: <https://e.lanbook.com/book/125738>.

Перечень дополнительной литературы

1. *Дьяконов, В. П.* MATLAB. Полный самоучитель / В. П. Дьяконов. М.: ДМК Пресс, 2012. 768 с.: ил.
2. *Дьяконов, В. П.* MATLAB 6.5 SP1/7/7 SP1/7 SP2 + Simulink 5/6. Инструменты искусственного интеллекта и биоинформатики / В. П. Дьяконов, В. В. Круглов. Москва: Солон-Пресс, 2020. 454 с.
3. *Овинников, А. А.* Основы работы в средах MATLAB и Simulink: учебное пособие. / А. А. Овинников. М.: КУРС, 2022. 132 с. (Учебники и учебные пособия для высшей школы).
4. *Черных, И. В.* SIMULINK: среда создания инженерных приложений / И. В. Черных. М.: Диалог-МИФИ, 2003. 496 с.
5. *Angermann, A.* MATLAB – Simulink – Stateflow. Grundlagen, Toolboxes, Beispiele / A. Angermann, M. Beuschel, M. Rau, U. Wohlfarth. Oldenburg Verlag München Wien, 2007. 495 p.

6. *Eshkabilov, S. Beginning MATLAB and Simulink : From Novice to Professional / S. Eshkabilov. Apress, 2019. 544 p.*
7. MATLAB documentation. <https://www.mathworks.com/help/matlab/index.html>
8. Simulink documentation. <https://www.mathworks.com/help/simulink/index.html>
9. Stateflow documentation. <https://www.mathworks.com/help/stateflow/index.html>
10. MATLAB документация. <https://docs.exponenta.ru/matlab/index.html>
11. Simulink документация. <https://docs.exponenta.ru/simulink/index.html>
12. Stateflow документация. <https://docs.exponenta.ru/stateflow/index.html>

Рекомендуемое учебно-лабораторное оборудование

Для проведения занятий требуются следующее программное обеспечение: операционная система MS Windows, MS Office, пакет MATLAB.

Перечень рекомендуемых средств диагностики и методики формирования итоговой отметки

Согласно Положению о рейтинговой системе оценки знаний студентов по дисциплине в БГУ контроль знаний студентов по дисциплине «Имитационное моделирование в Simulink» происходит в форме текущего контроля и текущей аттестации.

Оценка текущего контроля знаний студента по дисциплине «Имитационное моделирование в Simulink» формируется в результате регулярной и систематической проверки знаний студентов во время занятий и по итогам их самостоятельной работы. Текущий контроль знаний проходит в форме опроса на лекциях и лабораторных занятиях, во время устной защиты отчёта по лабораторным работам, выполняемым в учебной лаборатории и самостоятельно вне аудитории, устных опросов и контрольных работ, отчётов по заданиям УСР. Задания к лабораторным, контрольным работам и УСР составляются согласно содержанию учебного материала. Во время самостоятельной работы студент выполняет задания, полученные на лабораторных занятиях, а также изучает рекомендуемую литературу.

При защите лабораторных работ оценивается полнота ответа, аргументация выбранных решений, последовательность и оригинальность изложения материала, оригинальность кода, корректность оформления, самостоятельность выполнения заданий. Также ценится знание студентом теоретических сведений, полученных на лекциях, поэтому студенту при выполнении лабораторных заданий необходимо знание лекционных материалов. Для совершенствования способностей учиться самостоятельно студентам могут выдаваться темы докладов, с которыми они выступают на занятиях.

Формирование отметки текущего контроля знаний:

- письменные отчёты по лабораторным работам, отчёты по заданиям с их устной защитой, собеседование – 60%;
- опросы на лекциях и лабораторных занятиях, контрольные работы – 40%.

Формой текущей аттестации по дисциплине «Имитационное моделирование в Simulink» учебным планом предусмотрен зачёт.

Зачёт по дисциплине проходит в форме контрольного опроса в устной или письменной форме, выполнения заданий на компьютере. Если студент успешно защитил все лабораторные работы и получил оценку 4 и выше по контрольным работам, то допускается определение результатов текущей аттестации по дисциплине на основании результатов текущего контроля знаний без проведения дополнительного опроса на зачёте. Это решение находится в компетенции преподавателя (группы преподавателей), ответственного за реализацию дисциплины. При этом явка студента на зачёт является обязательной.

Итоговое оценивание знаний студента по дисциплине «Имитационное моделирование в Simulink» формируется на основе 3-х документов:

1. Правила проведения аттестации студентов, курсантов, слушателей при освоении содержания образовательных программ высшего образования (Постановление МО РБ № 53 от 29.05.2012 г.).
2. Положение о рейтинговой системе оценки знаний обучающихся по учебной дисциплине в БГУ (Приказ ректора № 189-ОД от 31.03.2020 г.).
3. Критерии оценки результатов учебной деятельности обучающихся в учреждениях высшего образования по десятибалльной шкале (Письмо МО РБ от 28.05.2013 г. № 09-10/53-ПО).

Примерный перечень заданий для управляемой самостоятельной работы студентов

Тема 1.3. Решатели (Solver) и интеграторы (Integrator) (2 часа)

Цель: построение модели маятника, движение которого ограничено вертикальной стенкой.

Задание 1. Модель колебаний маятника с односторонним ограничением движения без учета сопротивления среды и абсолютно упругим ударом.

Задание 2. Модель колебаний маятника с односторонним ограничением движения, не абсолютно упругим ударом без учета сопротивления среды

Задание 3. Модель затухающих колебаний маятника

Задание 4. Модель колебаний маятника с двусторонним ограничением движения.

При выполнении заданий студент должен выработать навыки самостоятельного применения знаний и результатов, полученных при выполнении предыдущих лабораторных работ: «Движение тела,

подброшенного вертикально вверх» и «Модель маятника без ограничения движения».

Задания выполняются на основе методических указаний к лабораторной работе.

Форма контроля – письменный отчёт по заданиям в электронном виде с устной защитой.

Тема 1.5. S-функции (2 часа)

Задание 1. Создать модель, блок пользователя и S-функцию, выполняющую умножение входного сигнала на коэффициент на заданный коэффициент k .

Задание 2. Создать блок пользователя и S-функцию для выполнения анимации маятника с ограничением движения.

Задание 3. Создать модель, блок пользователя и S-функцию, выполняющую анимацию «плывущего» графика.

Задания выполняются на основе методических указаний к лабораторной работе.

Форма контроля – письменный отчёт по заданиям в электронном виде с устной защитой.

Описание инновационных подходов и методов к преподаванию учебной дисциплины

При организации образовательного процесса используется *эвристический подход*, который предполагает демонстрацию многообразия решений большинства профессиональных задач и жизненных проблем.

При организации образовательного процесса используется *практико-ориентированный подход*, который предполагает освоение содержания через решения практических задач.

При организации образовательного процесса *используются методы и приемы развития критического мышления*, которые представляют собой систему, формирующую навыки работы с информацией в процессе чтения и письма; понимания информации как отправного, а не конечного пункта критического мышления.

Методические рекомендации по организации самостоятельной работы обучающихся

Для организации самостоятельной работы студентов по учебной дисциплине рекомендовано разместить на образовательном портале или сайте кафедры учебно-методические материалы: курсы лекций и лабораторные практикумы, методические указания к лабораторным занятиям, вопросы для подготовки к зачёту, перечень рекомендуемой литературы, информационные ресурсы.

Самостоятельная работа студента включает в себя работу с учебной литературой по заданным разделам дисциплины, поиск новейшей учебной и

научной информации в указанных областях знаний и знакомство с ней, а также выполнение поставленных заданий.

ПРОТОКОЛ СОГЛАСОВАНИЯ УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЫ УВО

Название учебной дисциплины, с которой требуется согласование	Название кафедры	Предложения об изменениях в содержании учебной программы УВО по учебной дисциплине	Решение, принятое кафедрой, разработавшей учебную программу (с указанием даты и номера протокола) ¹
Математическое моделирование динамических процессов	Кафедра дифференциальных уравнений и системного анализа	нет	Вносить изменения не требуется (протокол № 16 от 25.05.2022)
Нейронные сети и генетические алгоритмы	Кафедра дифференциальных уравнений и системного анализа	нет	Вносить изменения не требуется (протокол № 16 от 25.05.2022)

¹ При наличии предложений об изменениях в содержании учебной программы УВО.

ДОПОЛНЕНИЯ И ИЗМЕНЕНИЯ
К УЧЕБНОЙ ПРОГРАММЕ ПО ИЗУЧАЕМОЙ УЧЕБНОЙ
ДИСЦИПЛИНЕ НА _____ / _____ УЧЕБНЫЙ ГОД

№ п/п	Дополнения и изменения	Основание

Учебная программа пересмотрена и одобрена на заседании кафедры
 _____ (протокол № _____ от _____ 202__ г.)
 (название кафедры)

Заведующая кафедрой
 кандидат физ.-мат. наук, доцент _____
 (ученая степень, ученое звание) (подпись)

Л. Л. Голубева
 (И.О.Фамилия)

УТВЕРЖДАЮ
 Декан факультета
 доктор физ.-мат. наук, доцент _____
 (ученая степень, ученое звание) (подпись)

С. М. Босяков
 (И.О.Фамилия)