

МЕЖГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«БЕЛОРУССКО-РОССИЙСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра «Физические методы контроля»

КОМПЬЮТЕРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ПРИБОРОСТРОЕНИИ

*Методические рекомендации к лабораторным работам
для студентов направления подготовки
12.03.01 «Приборостроение»
очной формы обучения*



Могилев 2022

УДК 004.4:681.2
ББК 32.973.202:34.9
К63

Рекомендовано к изданию
учебно-методическим отделом
Белорусско-Российского университета

Одобрено кафедрой «Физические методы контроля» «30» августа 2022 г.,
протокол № 1

Составитель канд. техн. наук, доц. А. В. Кушнер

Рецензент канд. техн. наук, доц. С. К. Крутолевич

В методических рекомендациях кратко изложены теоретические сведения, необходимые для выполнения лабораторных работ, и требования к оформлению. Составлены в соответствии с рабочей программой по дисциплине «Компьютерные технологии в приборостроении».

Учебно-методическое издание

КОМПЬЮТЕРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ПРИБОРОСТРОЕНИИ

Ответственный за выпуск

С. С. Сергеев

Корректор

Т. А. Рыжикова

Компьютерная верстка

Е. В. Ковалевская

Подписано в печать . Формат 60×84/16. Бумага офсетная. Гарнитура Таймс.
Печать трафаретная. Усл. печ. л. . Уч.-изд. л. . Тираж 36 экз. Заказ №

Издатель и полиграфическое исполнение:
Межгосударственное образовательное учреждение высшего образования
«Белорусско-Российский университет».
Свидетельство о государственной регистрации издателя,
изготовителя, распространителя печатных изданий
№ 1/156 от 07.03.2019.
Пр-т Мира, 43, 212022, г. Могилев.

© Белорусско-Российский
университет, 2022

После открытия основного окна программы **MATLAB** нужно запустить программу **Simulink**. Это можно сделать одним из трех способов:

1) нажать кнопку (**Simulink**) на панели инструментов командного окна **MATLAB**;

2) в командной строке главного окна **MATLAB** напечатать **Simulink** и нажать клавишу **Enter** на клавиатуре;

3) выполнить команду **Open** в меню **File** и открыть файл модели (mdl-файл).

Использование первого и второго способов приводит к открытию окна обозревателя разделов библиотеки **Simulink** (рисунок 8.2).

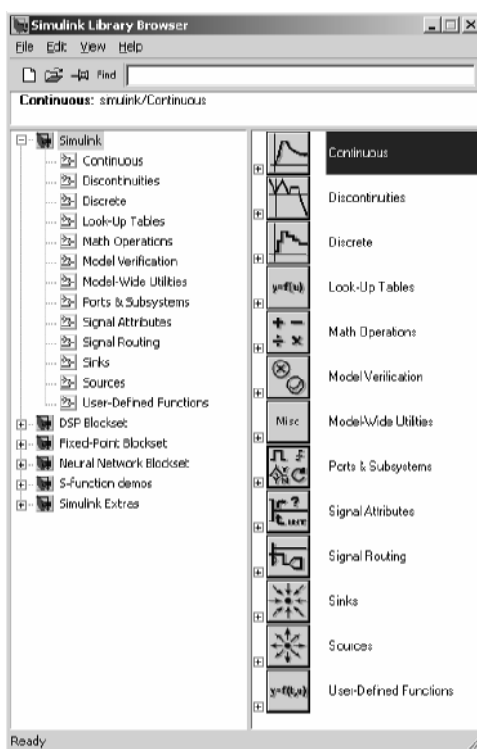


Рисунок 8.2 – Окно обозревателя разделов библиотеки **Simulink**

Библиотека **Simulink** содержит следующие основные разделы:

- 1 **Continuous** – линейные блоки.
- 2 **Discrete** – дискретные блоки.
- 3 **Functions & Tables** – функции и таблицы.
- 4 **Math** – блоки математических операций.
- 5 **Nonlinear** – нелинейные блоки.
- 6 **Signals & Systems** – сигналы и системы.
- 7 **Sinks** – регистрирующие устройства.
- 8 **Sources** – источники сигналов и воздействий.
- 9 **Subsystems** – блоки подсистем.

Для создания модели в среде **SIMULINK** необходимо последовательно выполнить ряд действий.

Создать новый файл модели с помощью команды **File/New/Model** или используя кнопку на панели инструментов.

Расположить блоки в окне модели. Для этого необходимо открыть соответствующий раздел библиотеки (например, **Sources** – Источники). Далее, указав курсором на требуемый блок и нажав на левую клавишу мыши, перетащить блок в созданное окно. Клавишу мыши нужно держать нажатой. На рисунке 8.3 показано окно модели, содержащее блоки.

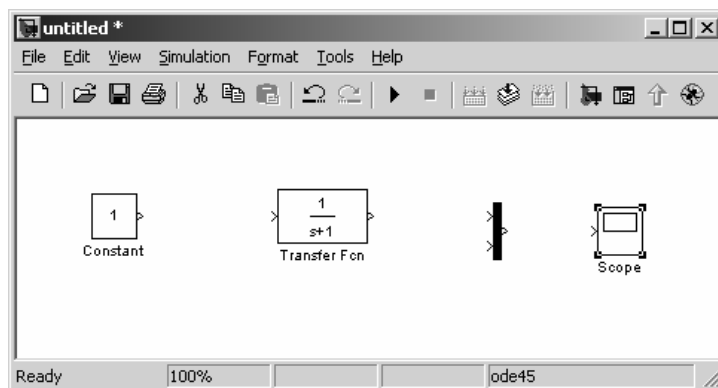


Рисунок 8.3 – Окно модели, содержащее блоки

Для удаления блока необходимо выбрать блок (указать курсором на его изображение и нажать левую клавишу мыши), а затем нажать клавишу Delete на клавиатуре.

Далее, если это требуется, нужно изменить параметры блока, установленные программой по умолчанию. Для этого необходимо дважды щелкнуть левой клавишей мыши, указав курсором на изображение блока. Откроется окно редактирования параметров данного блока. При задании численных параметров следует иметь в виду, что в качестве десятичного разделителя должна использоваться точка, а не запятая. После внесения изменений нужно закрыть окно кнопкой ОК. На рисунке 8.4 в качестве примера показаны блок, моделирующий передаточную функцию, и окно редактирования параметров данного блока.

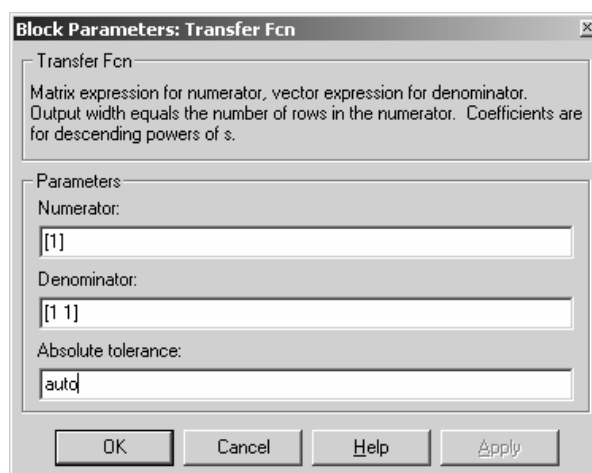


Рисунок 8.4 – Блок, моделирующий передаточную функцию, и окно редактирования параметров блока

После установки на схеме всех блоков из требуемых библиотек нужно выполнить соединение элементов схемы. Для соединения блоков необходимо указать курсором на выход блока, а затем нажать и, не отпуская левую клавишу мыши, провести линию к входу другого блока. После этого отпустить клавишу. В случае правильного соединения изображение стрелки на входе блока изменяет цвет. Для создания точки разветвления в соединительной линии нужно подвести курсор к предполагаемому узлу и, нажав правую клавишу мыши, протянуть линию. Для удаления линии требуется выбрать линию (так же, как это выполняется для блока), а затем нажать клавишу Delete на клавиатуре. Схема модели, в которой выполнены соединения между блоками, показана на рисунке 8.5.

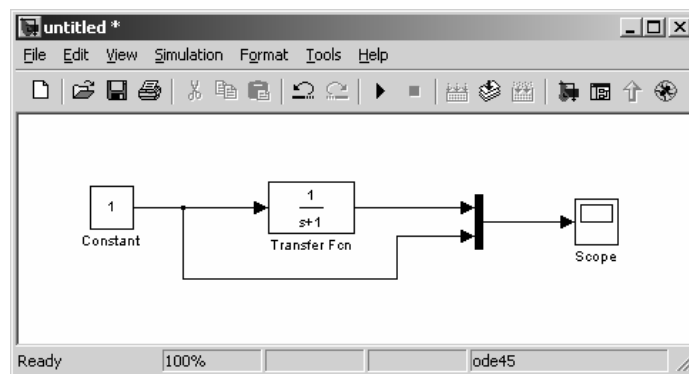


Рисунок 8.5 – Схема модели

После составления расчетной схемы необходимо сохранить ее в виде файла на диске, выбрав пункт меню File/Save As... в окне схемы и указав папку и имя файла.

Перед выполнением расчетов необходимо предварительно задать параметры расчета. Задание параметров расчета выполняется в панели управления меню Simulation/Parameters. Вид панели управления приведен на рисунке 8.6.

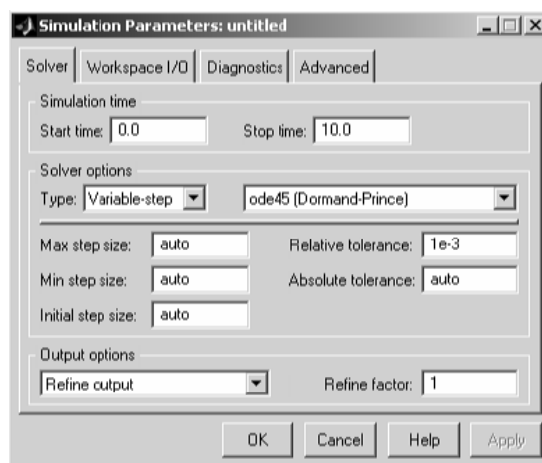


Рисунок 8.6 – Панель управления

Окно настройки параметров расчета имеет четыре вкладки:

- 1) Solver (Расчет) – установка параметров расчета модели;
- 2) Workspace I/O (ввод/вывод данных в рабочую область) – установка параметров обмена данными с рабочей областью **MATLAB**;
- 3) Diagnostics (Диагностика) – выбор параметров диагностического режима;
- 4) Advanced (Дополнительно) – установка дополнительных параметров.

Установка параметров расчета модели выполняется с помощью элементов управления, размещенных на вкладке Solver. Эти элементы разделены на три группы: Simulation time (интервал моделирования или, иными словами, время расчета), Solver options (параметры расчета), Output options (параметры вывода).

При выборе параметров расчета необходимо указать способ моделирования Type и метод расчета нового состояния системы. Для параметра Type доступны два варианта – с фиксированным Fixed-step или с переменным Variable-step шагом. Как правило, Variable-step используется для моделирования непрерывных систем, а Fixed-step – для дискретных.

Список методов расчета нового состояния системы содержит несколько вариантов.

Первый вариант (discrete) используется для расчета дискретных систем. Остальные методы используются для расчета непрерывных систем. Эти методы различны для переменного Variable-step и для фиксированного Fixed-step шага времени, но, по сути, представляют собой процедуры решения систем дифференциальных уравнений.

Ниже двух раскрывающихся списков Type находится область, содержимое которой меняется в зависимости от выбранного способа изменения модельного времени. При выборе Fixed-step в данной области появляется текстовое поле Fixed-step size (величина фиксированного шага), позволяющее указывать величину шага моделирования. Величина шага моделирования по умолчанию устанавливается системой автоматически (auto).

Требуемая величина шага может быть введена вместо значения auto либо в форме числа, либо в виде вычисляемого выражения (то же самое относится и ко всем параметрам, устанавливаемым системой автоматически).

При выборе Fixed-step необходимо также задать режим расчета (Mode). Для параметра Mode доступны три варианта:

- 1) MultiTasking (многозадачный) – необходимо использовать, если в модели присутствуют параллельно работающие подсистемы и результат работы модели зависит от временных параметров этих подсистем. Режим позволяет выявить несоответствие скорости и дискретности сигналов, пересылаемых блоками друг другу;

- 2) SingleTasking (однозадачный) – используется для тех моделей, в которых недостаточно строгая синхронизация работы отдельных составляющих не влияет на конечный результат моделирования;

- 3) Auto (автоматический выбор режима) – позволяет Simulink автоматически устанавливать режим MultiTasking для тех моделей, в которых используются блоки с различными скоростями передачи сигналов и режим SingleTasking для моделей, в которых содержатся блоки, оперирующие одинаковыми скоростями.

При выборе Variable-step в области появляются поля для установки трех параметров:

1) Max step size – максимальный шаг расчета. По умолчанию он устанавливается автоматически (auto), и его значение в этом случае равно $(\text{StopTime} - \text{StartTime})/50$. Довольно часто это значение оказывается слишком большим, и наблюдаемые графики представляют собой ломаные (а не плавные) линии. В этом случае величину максимального шага расчета необходимо задавать явным образом;

2) Min step size – минимальный шаг расчета;

3) Initial step size – начальное значение шага моделирования.

При моделировании непрерывных систем с использованием переменного шага необходимо указать точность вычислений: относительную (Relative tolerance) и абсолютную (Absolute tolerance). По умолчанию они равны соответственно 10^{-3} и auto.

В нижней части вкладки Solver задаются настройки параметров вывода выходных сигналов моделируемой системы (Output options). Для данного параметра возможен выбор одного из трех вариантов:

1) Refine output (скорректированный вывод) – позволяет изменять дискретность регистрации модельного времени и тех сигналов, которые сохраняются в рабочей области MATLAB с помощью блока To Workspace. Установка величины дискретности выполняется в строке редактирования Refine factor, расположенной справа. По умолчанию значение Refine factor равно 1, это означает, что регистрация производится с шагом $\Delta t = 1$ (то есть для каждого значения модельного времени). Если задать Refine factor равным 2, это означает, что будет регистрироваться каждое второе значение сигналов, 3 – каждое третье и т. д. Параметр Refine factor может принимать только целые положительные значения;

2) Produce additional output (дополнительный вывод) – обеспечивает дополнительную регистрацию параметров модели в заданные моменты времени; их значения вводятся в строке редактирования (в этом случае она называется Output times) в виде списка, заключенного в квадратные скобки. При использовании этого варианта базовый шаг регистрации Δt равен 1. Значения времени в списке Output times могут быть дробными числами и иметь любую точность;

3) Produce specified output only (формировать только заданный вывод) – устанавливает вывод параметров модели только в заданные моменты времени, которые указываются в поле Output times (моменты времени вывода).

Элементы, позволяющие управлять вводом и выводом в рабочую область MATLAB промежуточных данных и результатов моделирования, расположены на вкладке Workspace I/O.

Элементы вкладки разделены на три поля:

1) Load from workspace (загрузить из рабочей области). Если флажок Input (входные данные) установлен, то в расположенном справа текстовом поле можно ввести формат данных, которые будут считываться из рабочей области MATLAB. Установка флажка Initial State (начальное состояние) позволяет ввести в связанном с ним текстовом поле имя переменной, содержащей параметры начального состояния модели. Данные, указанные в полях Input и Initial State, передаются в исполняемую модель посредством одного или более блоков In (из раздела библиотеки Sources);

2) Save to workspace (записать в рабочую область) – позволяет установить режим вывода значений сигналов в рабочую область **MATLAB** и задать их имена;

3) Save options (параметры записи) – задает количество строк при передаче переменных в рабочую область. Если флажок Limit rows to last установлен, то в поле ввода можно указать количество передаваемых строк (отсчет строк производится от момента завершения расчета). Если флажок не установлен, то передаются все данные. Параметр Decimation (исключение) задает шаг записи переменных в рабочую область (аналогично параметру Refine factor вкладки Solver). Параметр Format (формат данных) задает формат передаваемых в рабочую область данных. Доступные форматы Array (массив), Structure (структура), Structure With Time (структура с дополнительным полем – время).

Вкладка Diagnostics позволяет изменять перечень диагностических сообщений, выводимых **Simulink** в командном окне **MATLAB**, а также устанавливать дополнительные параметры диагностики модели.

Запуск расчета выполняется с помощью выбора пункта меню Simulation/Start или кнопки на панели инструментов. Процесс расчета можно завершить досрочно, выбрав пункт меню Simulation/Stop или кнопку на панели инструментов. Расчет также можно приостановить (Simulation/Pause) и затем продолжить (Simulation/Continue).

Пример выполнения работы

В качестве примера рассмотрим моделирование оптимального фильтра для обнаружения прямоугольного сигнала на фоне помех. Из теории обработки сигналов известно, что передаточная функция такого фильтра имеет следующий вид:

$$H(\omega) = \frac{S^*(\omega)}{W_q(\omega)},$$

где $S^*(\omega)$ – сопряженный спектр сигнала;

$W_q(\omega)$ – спектральная плотность мощности шума.

Для прямоугольного сигнала амплитудой A и длительностью τ спектр будет иметь следующий вид:

$$S(\omega) = A(1 - \exp(-j\omega\tau)) / j\omega.$$

Примем, что на входе системы действует белый шум, т. е.

$$W_q(\omega) = \text{const}.$$

Тогда передаточная функция такого фильтра имеет следующий вид:

$$H(\omega) = \alpha(1 - \exp(-j\omega\tau)) / j\omega,$$

где α – постоянный коэффициент пропорциональности.

Анализ полученного выражения позволяет синтезировать фильтр с соответствующей характеристикой. Выражение $\exp(-j\omega\tau)$ реализуется в виде задержки Transport Delay на величину длительности импульса τ . На рисунке 8.7 приведен пример модели, описывающей такой фильтр.

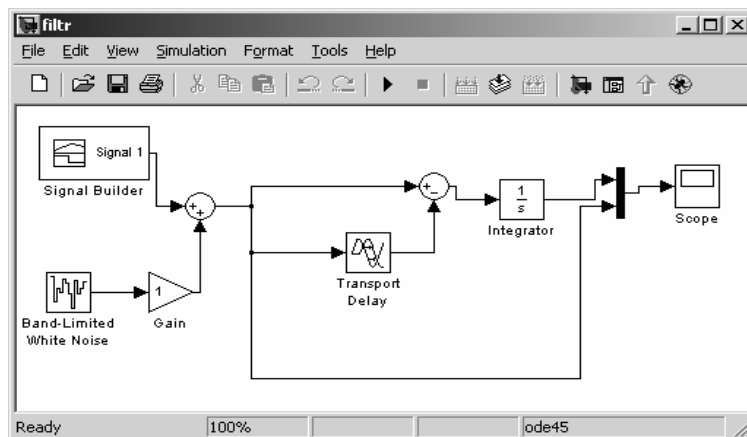


Рисунок 8.7– Модель оптимального фильтра

В модели использованы следующие блоки (рисунок 8.8):

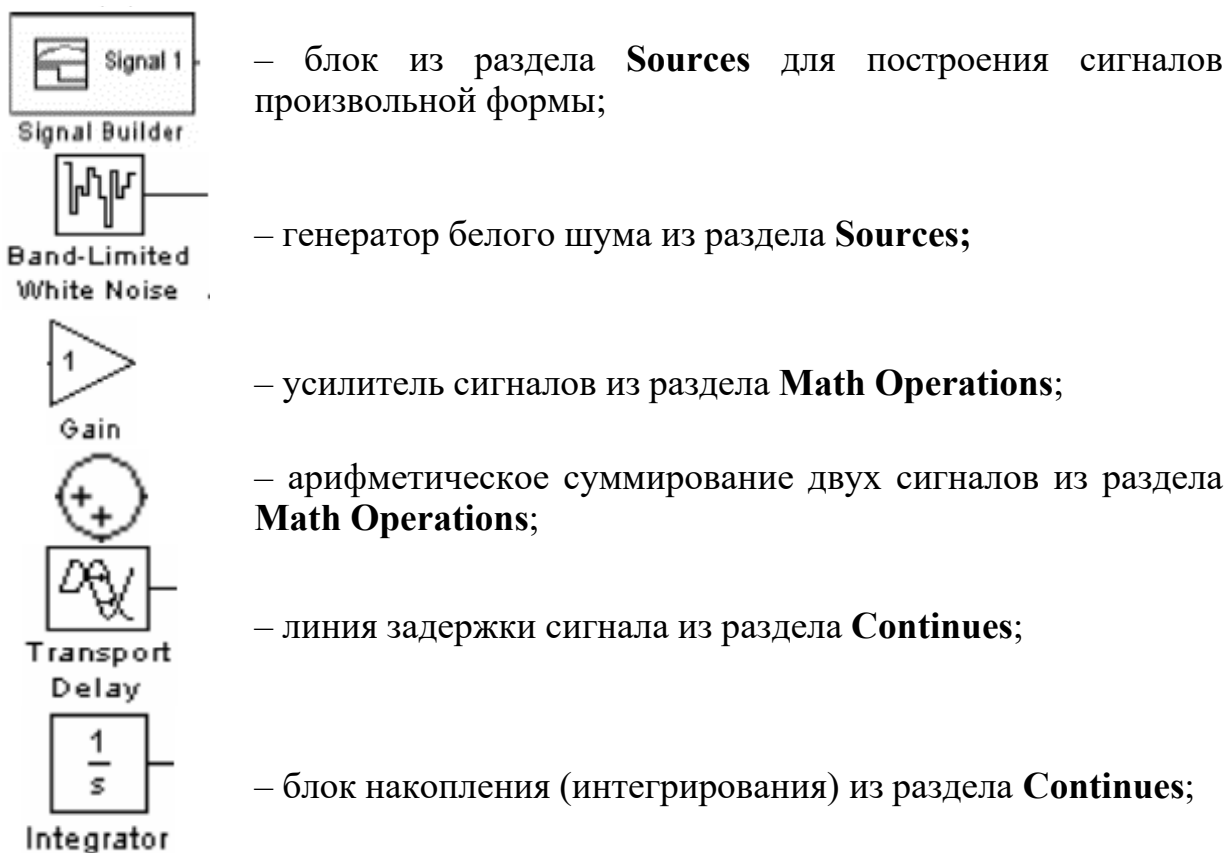


Рисунок 8.8 – Блоки, используемые в модели



– мультиплексор из раздела **Signal Routing**;

– осциллограф из раздела **Sinks**.

Окончание рисунка 8.8

Результат моделирования приведен на рисунке 8.9.

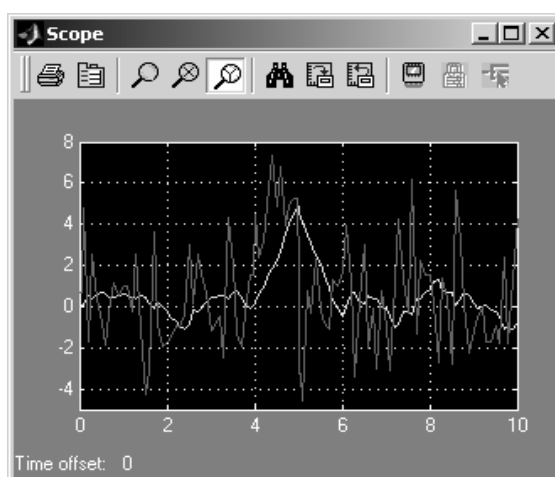


Рисунок 8.9 – Результаты моделирования

8.2 Практическое задание

Синтезировать фильтр по заданию преподавателя и выполнить моделирование в среде **Simulink**.

Контрольные вопросы

- 1 Что такое среда Simulink?
- 2 Для чего может использоваться среда Simulink?
- 3 Какие разделы содержит библиотека Simulink?

Список литературы

- 1 **Потемкин, В. Г.** MATLAB 6: среда проектирования инженерных приложений / В. Г. Потемкин. – Москва: ДИАЛОГ-МИФИ, 2003. – 448 с.
- 2 **Гультяев, А.** Визуальное моделирование в среде MATLAB: учебный курс / А. Гультяев. – Санкт-Петербург: Питер, 2002. – 432 с.