

Министерство образования Республики Беларусь
Учреждение образования
«Белорусский государственный университет
информатики и радиоэлектроники»

Кафедра радиотехнических систем

В. В. Лущицкий

**ИМПУЛЬСНЫЕ ВИДЫ МОДУЛЯЦИИ
В МНОГОКАНАЛЬНЫХ РТС ПИ**

Методическое пособие
к лабораторной работе по курсам «Радиотехнические системы»
и «Системотехника медицинских электронных систем»
для студентов специальностей I-39 01 01 «Радиотехника»
и I-39 02 03 «Медицинская электроника» всех форм обучения

Минск 2007

УДК 621.376.(075.8)
ББК 32.844 я 73
Л 87

Лущицкий, В. В.

Л 87

Импульсные виды модуляции в многоканальных РТС ПИ : метод. пособие к лаб. работе по курсам «Радиотехнические системы» и «Системотехника медицинских электронных систем» для студ. спец. I-39 01 01 «Радиотехника» и I-39 02 03 «Медицинская электроника» всех форм обуч. / В. В. Лущицкий. – Минск : БГУИР, 2007. – 31 с. : ил.

ISBN 978-985-488-123-2

В методическом пособии в соответствии с целью лабораторной работы, известными теоретическими сведениями и схемами построения систем, реализующих различные виды импульсной модуляции, формирования сложных сигналов с АИМ, ШИМ и ФИМ, приводятся описания моделируемых установок и работы программ, выполненных в среде MATLAB. Предложены задание, методика выполнения исследований, контрольные вопросы.

УДК 621.376. (075.8)
ББК 32.844 я 73

ISBN 978-985-488-123-2

© Лущицкий В. В., 2007
© УО «Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники», 2007

1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

1. Сформировать сигналы и исследовать виды импульсной модуляции, используемые в РТС ПИ в системе моделирования MATLAB.

2. Изучить схемы построения и взаимодействия функциональных узлов моделей.

2. КРАТКИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ О СИСТЕМЕ MATLAB

Вся работа, описанная в методическом пособии, будет проводиться в приложении Simulink системы MATLAB. Simulink – графическая среда моделирования, имитации и анализа аналоговых и дискретных систем. Процесс моделирования производится путем перетаскивания блоков из окон библиотек в окно создаваемой модели и настройки связей между ними.

2.1. Основное окно программы MATLAB

Моделирование лабораторной работы происходит с помощью операционной среды MATLAB. При запуске программы на экране появится следующее окно, которое является главным окном среды MATLAB (рис. 1).

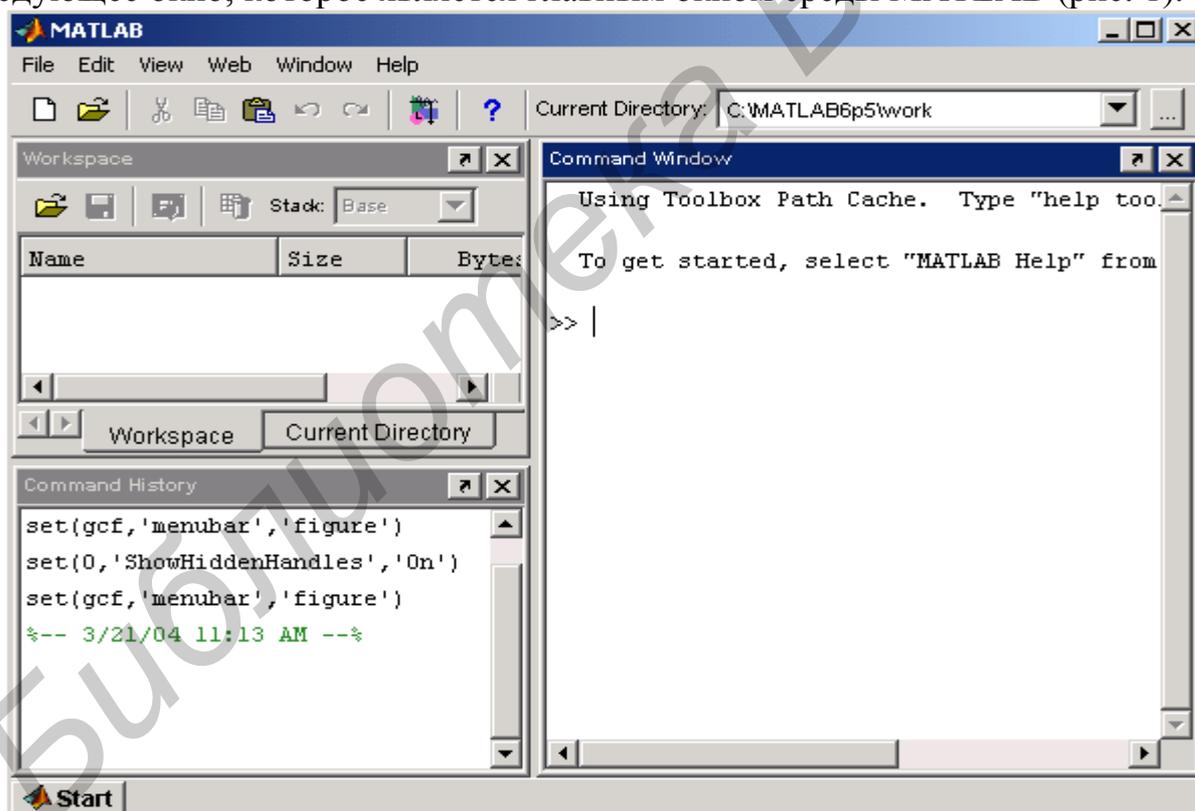


Рис. 1. Главное окно программы MATLAB

Для того чтобы начать процесс моделирования, необходимо зайти в меню **File**, затем выбрать подменю **New** и выбрать раздел **Model**. На экране появится окно, в котором и будет создаваться модель (рис. 2). В верхней части окна надпись **untitled** обозначает имя по умолчанию, с которым сохранится ваша модель после нажатия кнопки . Затем необходимо вызвать библиотеку компо-

нентов, с помощью которых будет создаваться модель. Для того чтобы вызвать библиотеку, необходимо нажать следующую кнопку . Рядом с окном для моделирования появится окно библиотеки со следующим названием **Simulink Library Browser**.

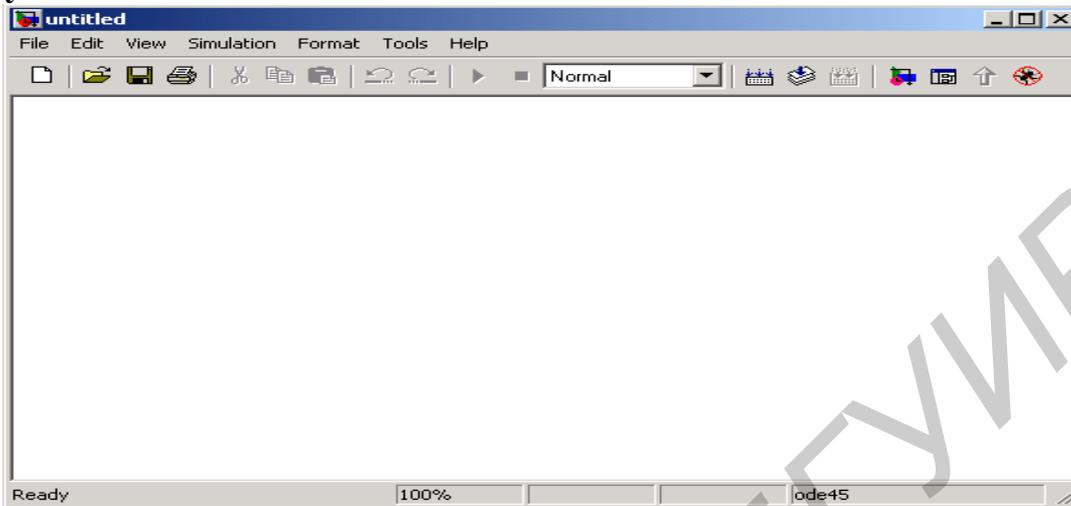


Рис. 2. Рабочее окно Simulink для моделирования (окно модели)

Окно модели содержит следующие элементы (см. рис. 2):

1. Заголовок с названием окна. Вновь созданному окну присваивается имя **Untitled** с соответствующим номером.
2. Меню с командами **File**, **Edit**, **View** и т.д.
3. Панель инструментов.
4. Окно для создания схемы модели.
5. Строка состояния, содержащая информацию о текущем состоянии модели.

Меню окна содержит команды для редактирования модели, ее настройки и управления процессом расчета, работы с файлами и т.п.:

- **File (Файл)** – работа с файлами моделей;
- **Edit (Редактирование)** – изменение модели и поиск блоков;
- **View (Вид)** – управление показом элементов интерфейса;
- **Simulation (Моделирование)** – задание настроек для моделирования и управления процессом расчета;
- **Format (Форматирование)** – изменение внешнего вида блоков и модели в целом;
- **Tools (Инструментальные средства)** – применение специальных средств для работы с моделью (отладчик, линейный анализ и т.п.);
- **Help (Справка)** – вывод окон справочной системы.

Для работы с моделью можно также использовать кнопки на панели инструментов (рис. 3).

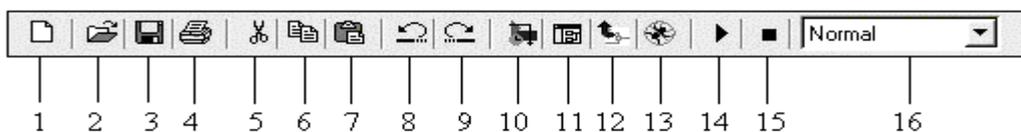


Рис. 3. Панель инструментов окна модели

Кнопки панели инструментов имеют следующее назначение:

1. **New Model** – открыть новое (пустое) окно модели.
2. **Open Model** – открыть существующий **mdl**-файл.
3. **Save Model** – сохранить **mdl**-файл на диске.
4. **Print Model** – вывод на печать блок-диаграммы модели.
5. **Cut** – вырезать выделенную часть модели в буфер промежуточного хранения.
6. **Copy** – скопировать выделенную часть модели в буфер промежуточного хранения.
7. **Paste** – вставить в окно модели содержимое буфера промежуточного хранения.
8. **Undo** – отменить предыдущую операцию редактирования.
9. **Redo** – восстановить результат отмененной операции редактирования.
10. **Library Browser** – открыть окно обозревателя библиотек.
11. **Toggle Model Browser** – открыть окно обозревателя модели.
12. **Go to parent system** – переход из подсистемы в систему высшего уровня иерархии («родительскую систему»). Команда доступна, только если открыта подсистема.
13. **Debug** – запуск отладчика модели.
14. **Start/Pause/Continue Simulation** – запуск модели на исполнение (команда **Start**); после запуска модели на изображении кнопки выводится символ **||**, и ей соответствует уже команда **Pause** (Приостановить моделирование); для возобновления моделирования следует щелкнуть по той же кнопке, поскольку в режиме паузы ей соответствует команда **Continue** (Продолжить).
15. **Stop** – закончить моделирование. Кнопка становится доступной после начала моделирования, а также после выполнения команды **Pause**.
16. **Normal/Accelerator** – обычный/Ускоренный режим расчета. Инструмент доступен, если установлено приложение **Simulink Performance Tool**.

В нижней части окна модели находится строка состояния, в которой отображаются краткие комментарии к кнопкам панели инструментов, а также к пунктам меню, когда указатель мыши находится над соответствующим элементом интерфейса. Это же текстовое поле используется и для индикации состояния **Simulink: Ready** (Готов) или **Running** (Выполнение). В строке состояния отображаются также:

- масштаб отображения блок-диаграммы (в процентах, исходное значение равно 100 %);
- индикатор степени завершенности сеанса моделирования (появляется после запуска модели);
- текущее значение модельного времени (выводится также только после запуска модели);
- используемый алгоритм расчета состояний модели (метод решения).

2.2. Обзорщик разделов библиотеки Simulink

Окно обзорщика библиотеки блоков содержит следующие элементы (рис. 4):

1. Заголовок с названием окна – **Simulink Library Browser**.
2. Меню с командами **File, Edit, View, Help**.
3. Панель инструментов с ярлыками наиболее часто используемых команд.
4. Окно комментария для вывода поясняющего сообщения о выбранном блоке.
5. Список разделов библиотеки, реализованный в виде дерева.
6. Окно содержимого раздела библиотеки (список вложенных разделов библиотеки или блоков).
7. Строка состояния, содержащая подсказку по выполняемому действию.

На рис. 4 выделена основная библиотека **Simulink** (в левой части окна) и показаны ее разделы (в правой части окна).

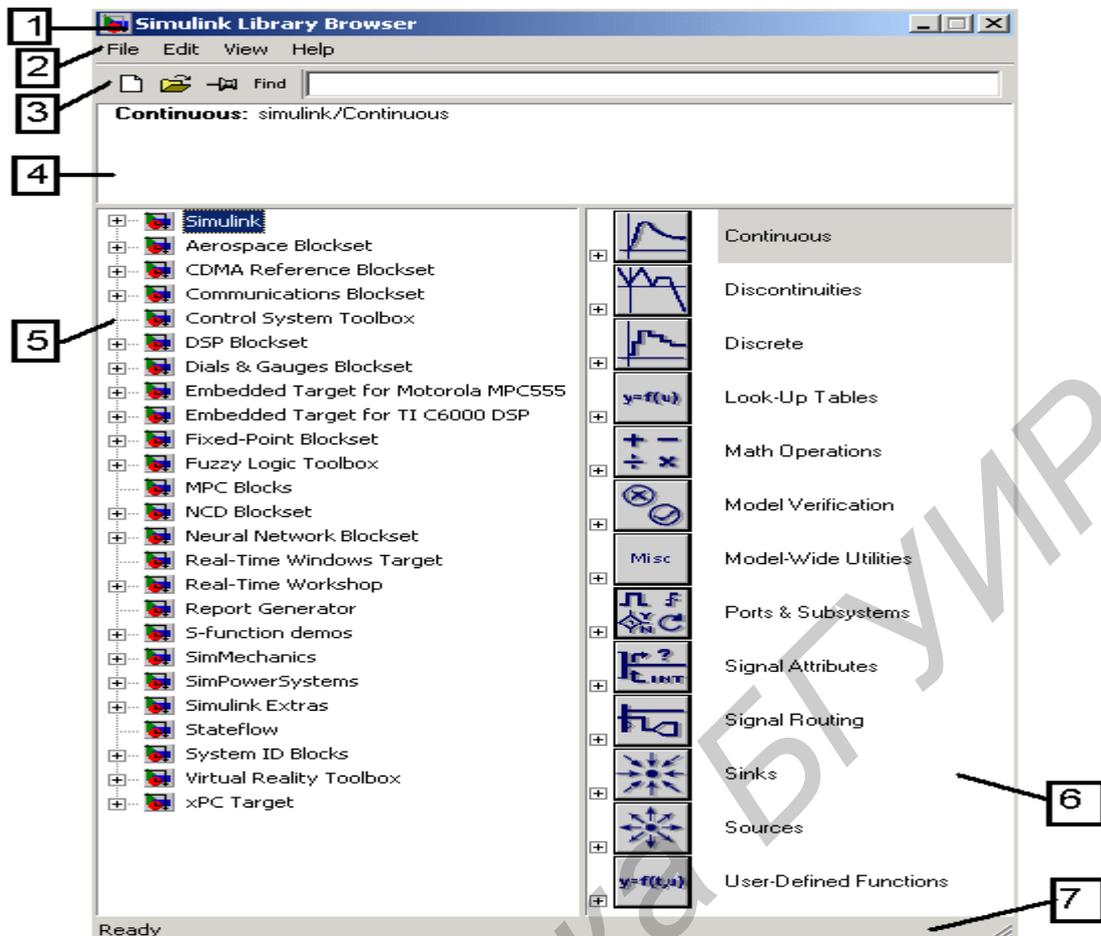


Рис. 4. Окно обозревателя разделов библиотеки Simulink

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.

Список разделов библиотеки **Simulink** представлен в виде дерева, и правила работы с ним являются общими для списков такого вида:

- пиктограмма свернутого узла дерева содержит символ «+», а пиктограмма развернутого содержит символ «-»;
- для того чтобы развернуть или свернуть узел дерева, достаточно щелкнуть на его пиктограмме левой клавишей мыши (ЛКМ).

При выборе соответствующего раздела библиотеки в правой части окна отображается его содержимое (рис. 5).

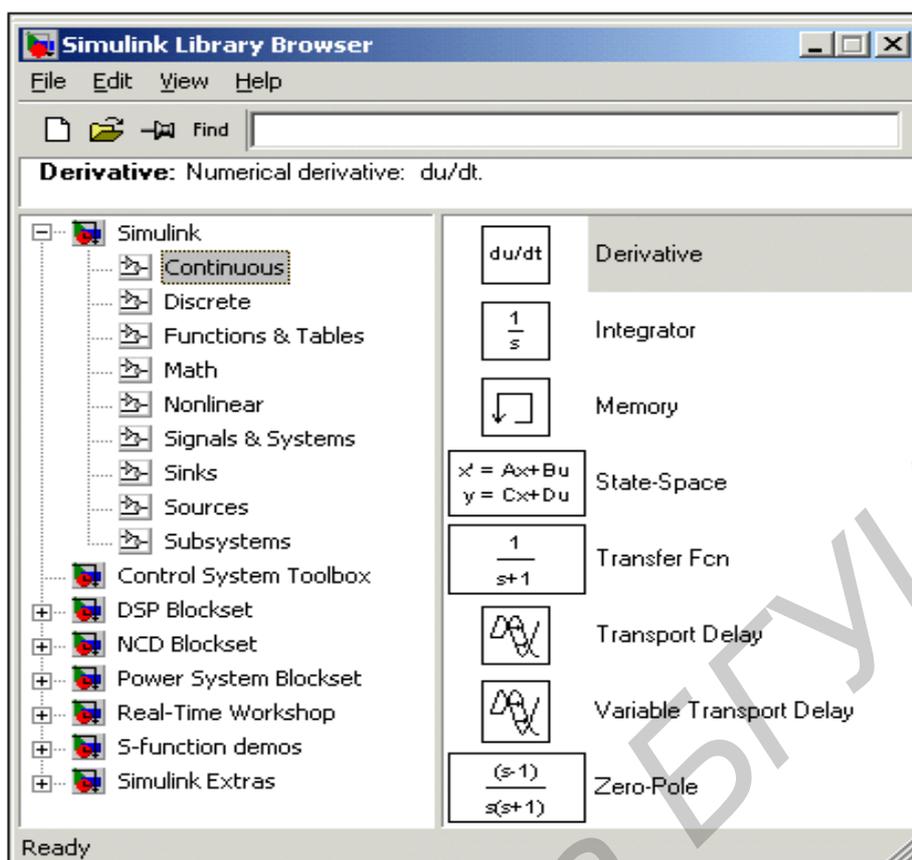


Рис. 5. Окно обозревателя с набором блоков раздела библиотеки

Для работы с окном используются команды, собранные в меню. Меню обозревателя библиотек содержит следующие пункты:

- **File (Файл)** – работа с файлами библиотек;
- **Edit (Редактирование)** – добавление блоков и их поиск (по названию);
- **View (Вид)** – управление показом элементов интерфейса;
- **Help (Справка)** – вывод окна справки по обозревателю библиотек.

Для работы с обозревателем можно также использовать кнопки на панели инструментов (рис. 6).

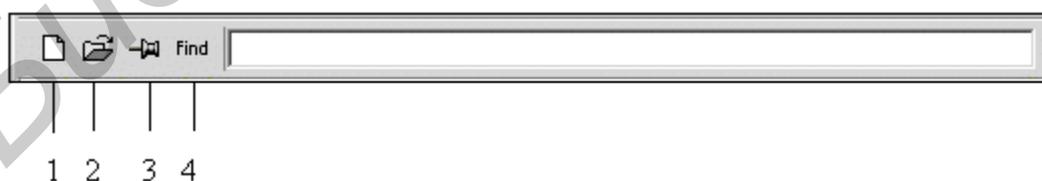


Рис. 6. Панель инструментов обозревателя разделов библиотек

Кнопки панели инструментов имеют следующее назначение:

1. Создать новую S-модель (открыть новое окно модели).
2. Открыть одну из существующих S-моделей.

3. Изменить свойства окна обозревателя. Данная кнопка позволяет установить режим отображения окна обозревателя *«поверх всех окон»*. Повторное нажатие отменяет такой режим.

4. Поиск блока по названию (по первым символам названия). После того как блок будет найден, в окне обозревателя откроется соответствующий раздел библиотеки, а блок будет выделен. Если же блок с таким названием отсутствует, то в окне комментария будет выведено сообщение **Not found <имя блока>** (Блок не найден).

2.3. Работа с моделью

Для создания модели в среде **Simulink** необходимо последовательно выполнить ряд действий:

1. Создать новый файл модели с помощью команды **File/New/Model**, или используя кнопку  на панели инструментов (здесь и далее с помощью символа «/» указаны пункты меню программы, которые необходимо последовательно выбрать для выполнения указанного действия). Вновь созданное окно модели показано на рис. 7.

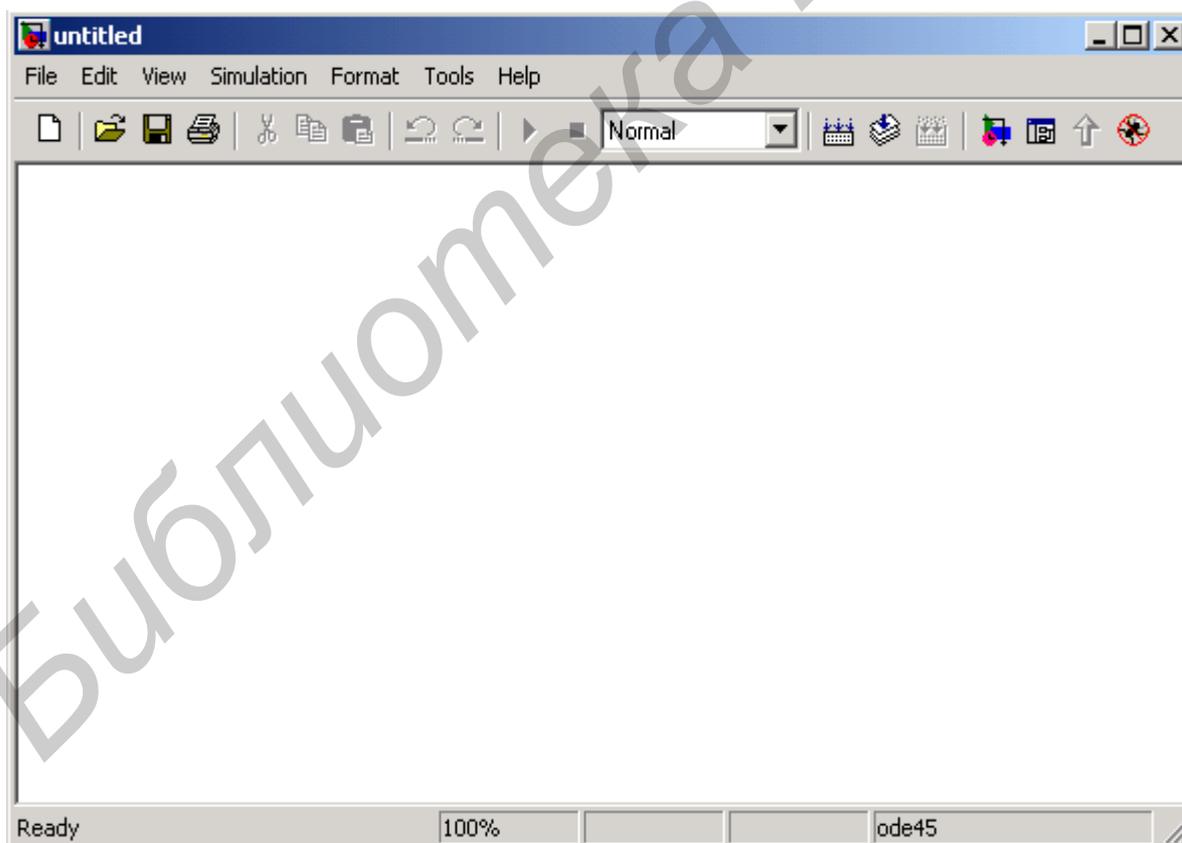


Рис. 7. Пустое окно модели

2. 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, –

«перевезти» блок в созданное окно. **Клавишу мыши нужно держать нажатой.** На рис. 8 показано 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. Для изменения размеров блока требуется выбрать блок, установить курсор в один из углов блока и, нажав левую клавишу мыши, изменить размер блока (курсор при этом превратится в двухстороннюю стрелку).

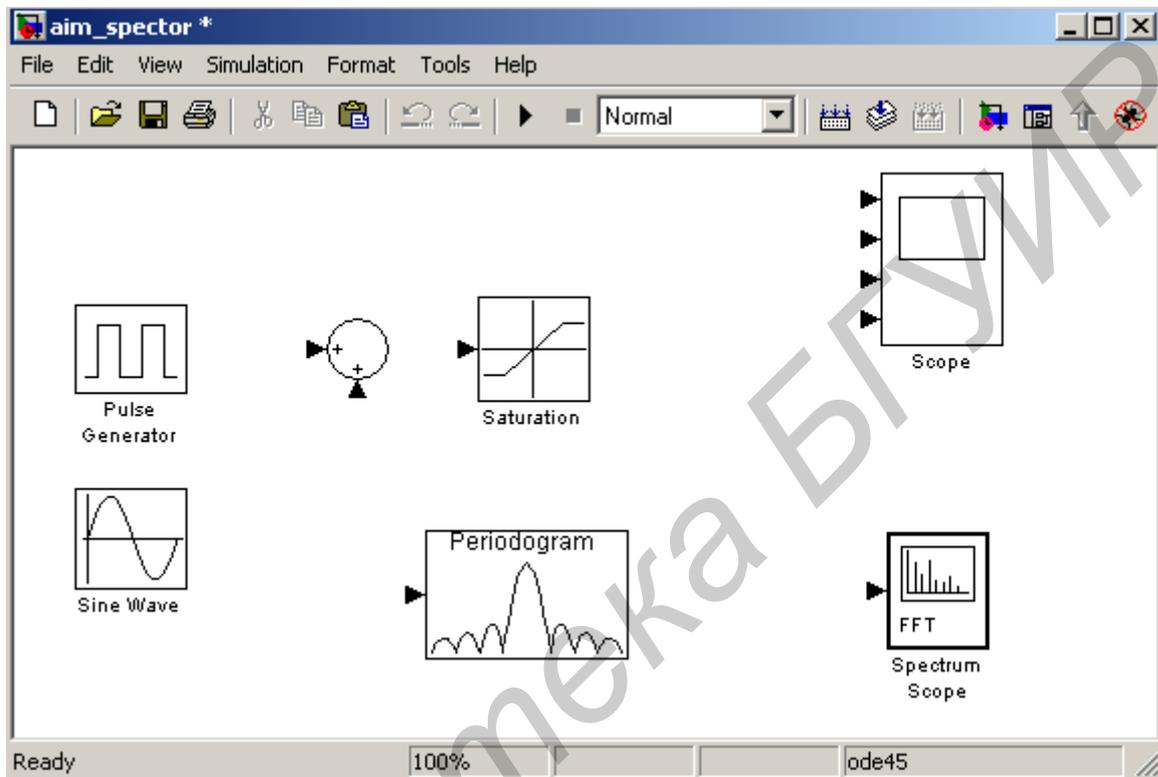


Рис. 8. Окно модели, содержащее блоки

3. 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 рис. 9 показаны генератор прямоугольных импульсов и окно редактирования параметров данного блока. Установите такие же величины амплитуды и периода, как показано на рис. 9. В окне редактирования параметров сумматора все настройки остаются по умолчанию (рис. 10). В окне редактирования параметров генератора синусоидального напряжения установите амплитуду и частоту, такую как показано на рис. 11. В окне редактирования параметров ограничителя установите параметры, как показано на рис. 12. В окне редактирования параметров осциллографа установите параметры, как показано на рис. 13, где строка Number of axes указывает на число входных сигналов, которые будет отображать осциллограф. В нашем случае оно равно четырём, в окне

редактирования анализатора спектра необходимо выставить шаг (Simple time) (рис. 14) и в окне редактирования формирователя спектра тоже необходимо установить шаг (рис. 15).

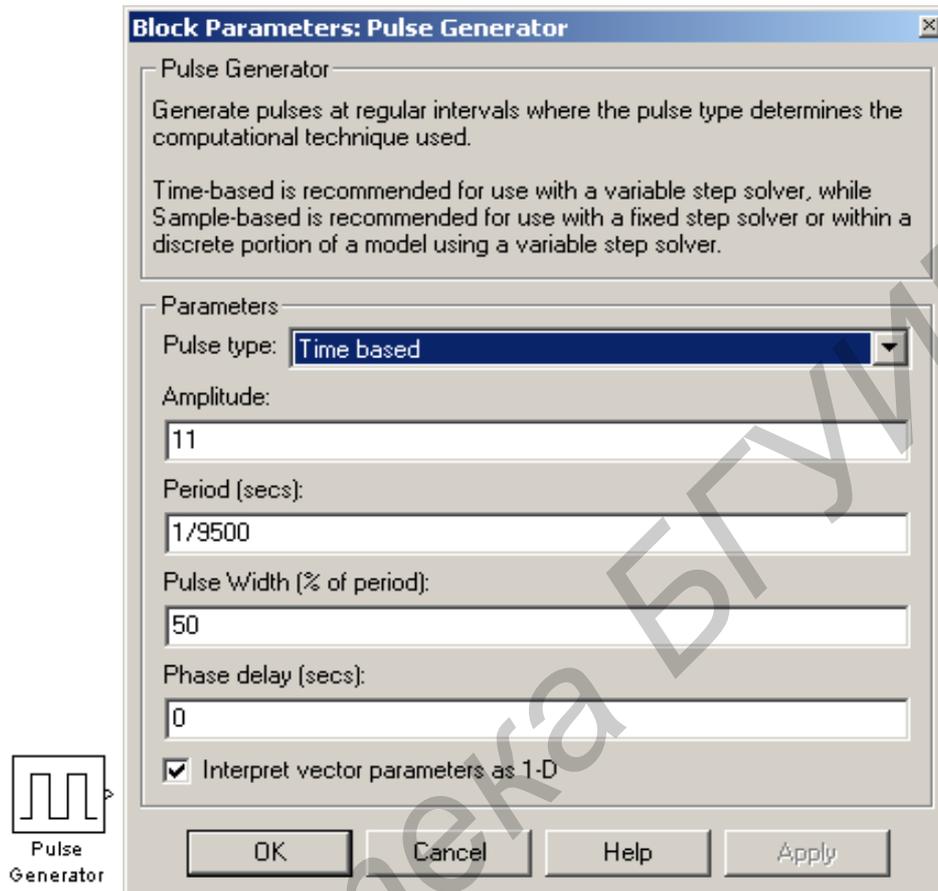


Рис. 9. Генератор прямоугольных импульсов и окно редактирования параметров данного блока

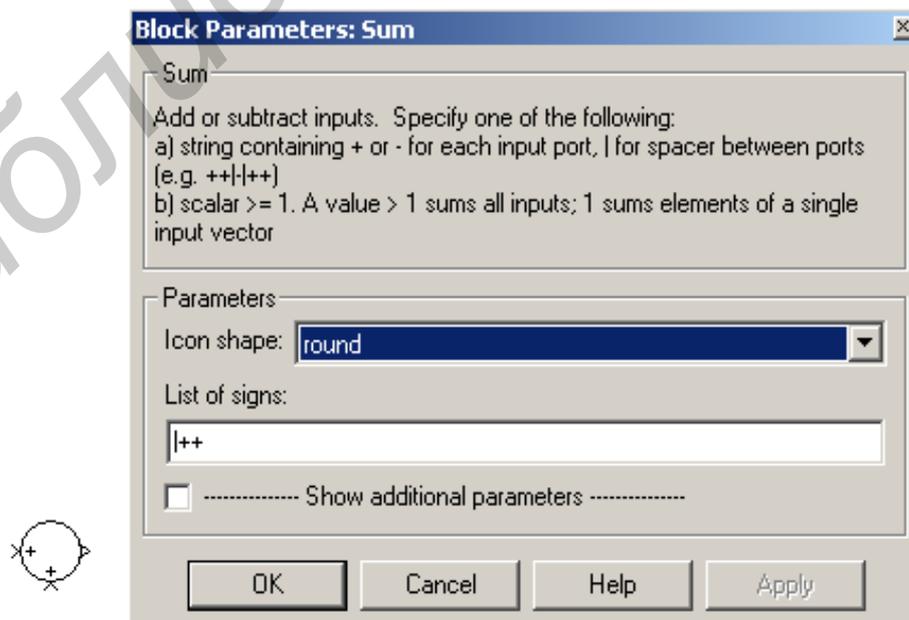


Рис. 10. Сумматор и окно редактирования параметров данного блока

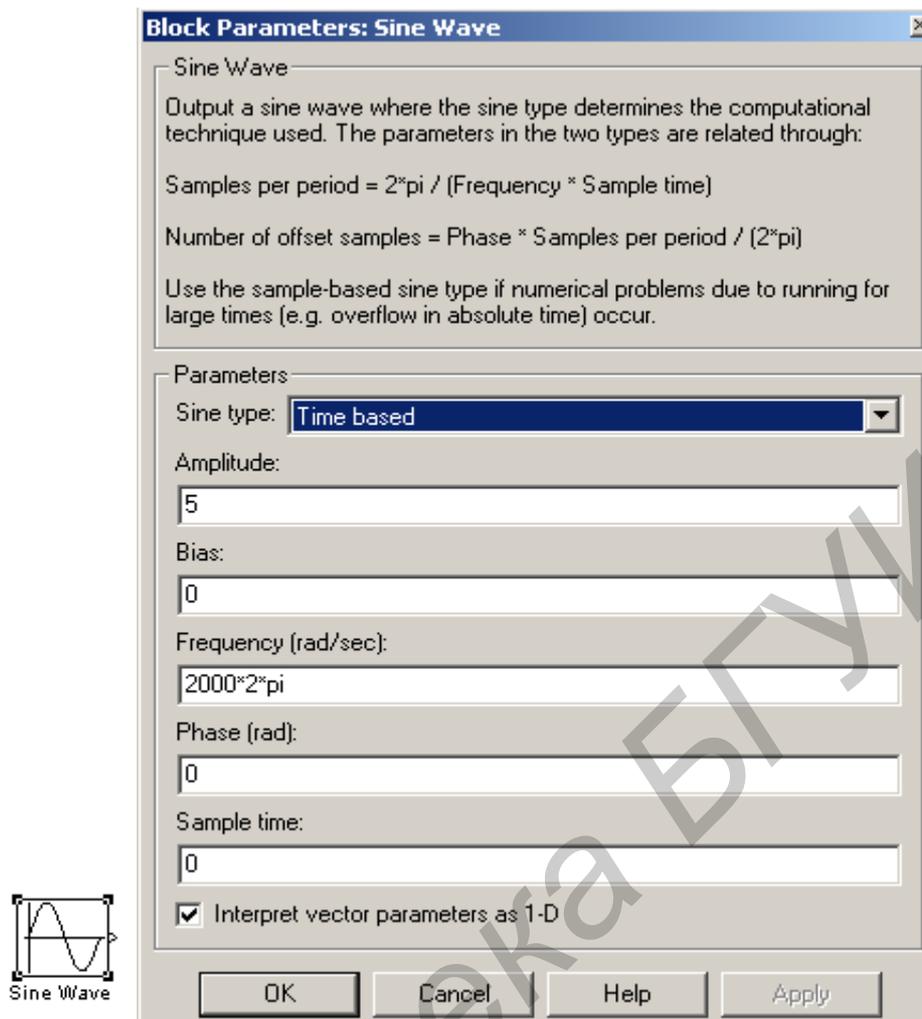


Рис. 11. Генератор синусоидального напряжения и окно редактирования параметров данного блока

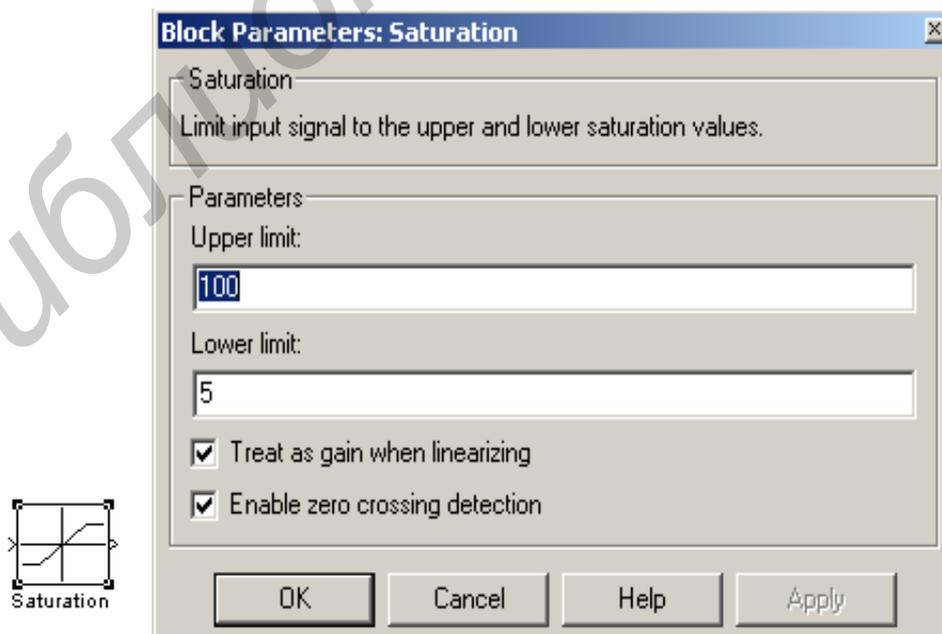


Рис. 12. Ограничитель и окно редактирования параметров данного блока

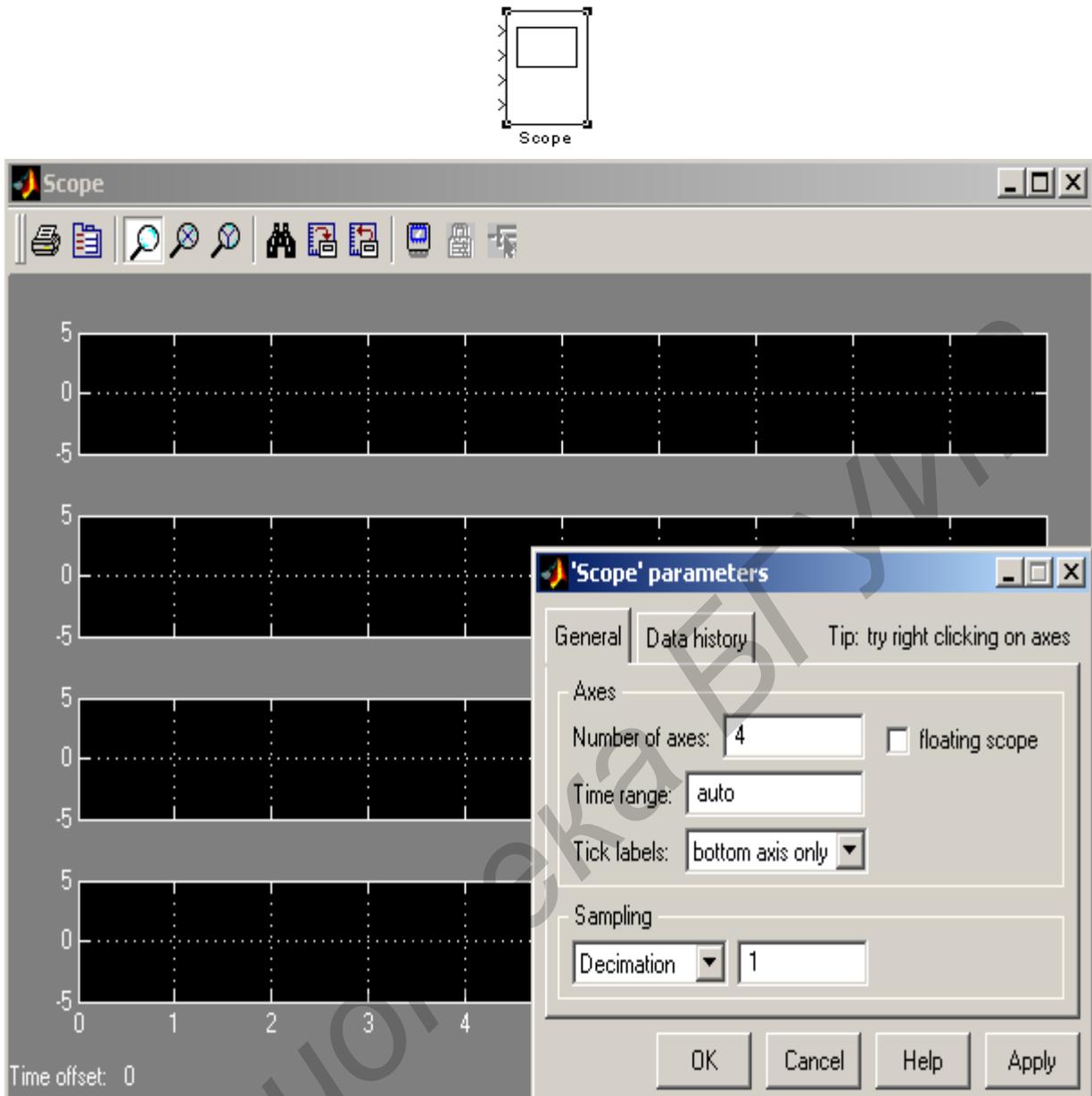


Рис. 13. Осциллограф и окно редактирования параметров данного блока

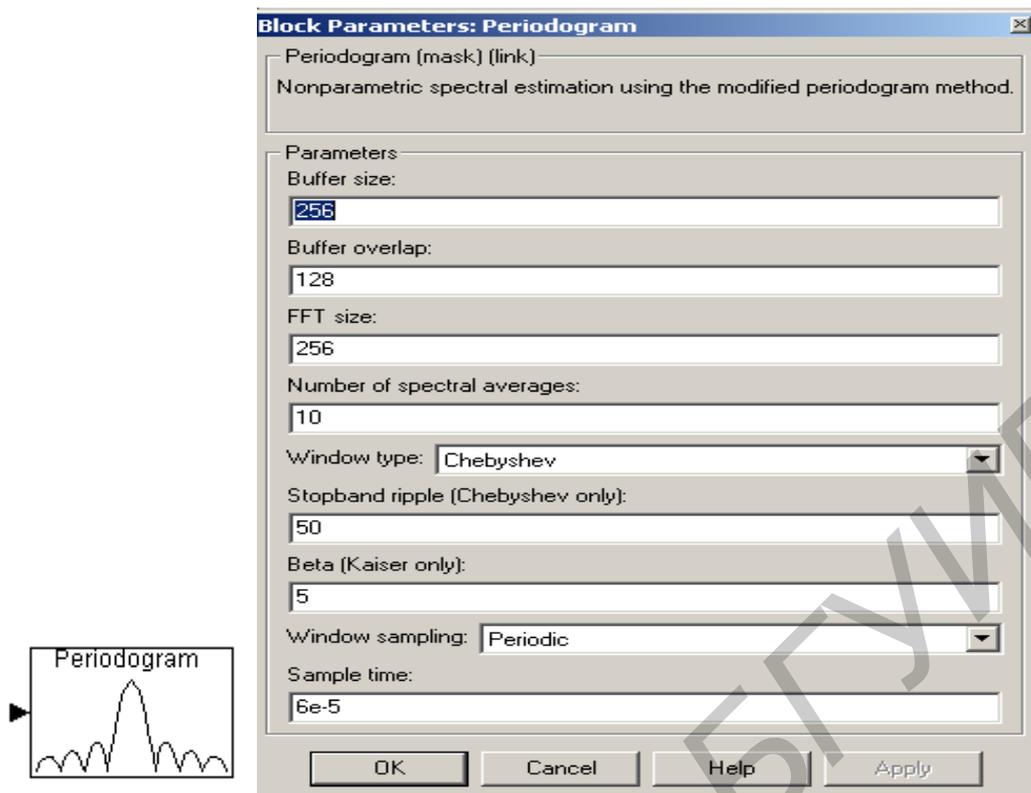


Рис. 14. Анализатор спектра и окно редактирования параметров данного блока

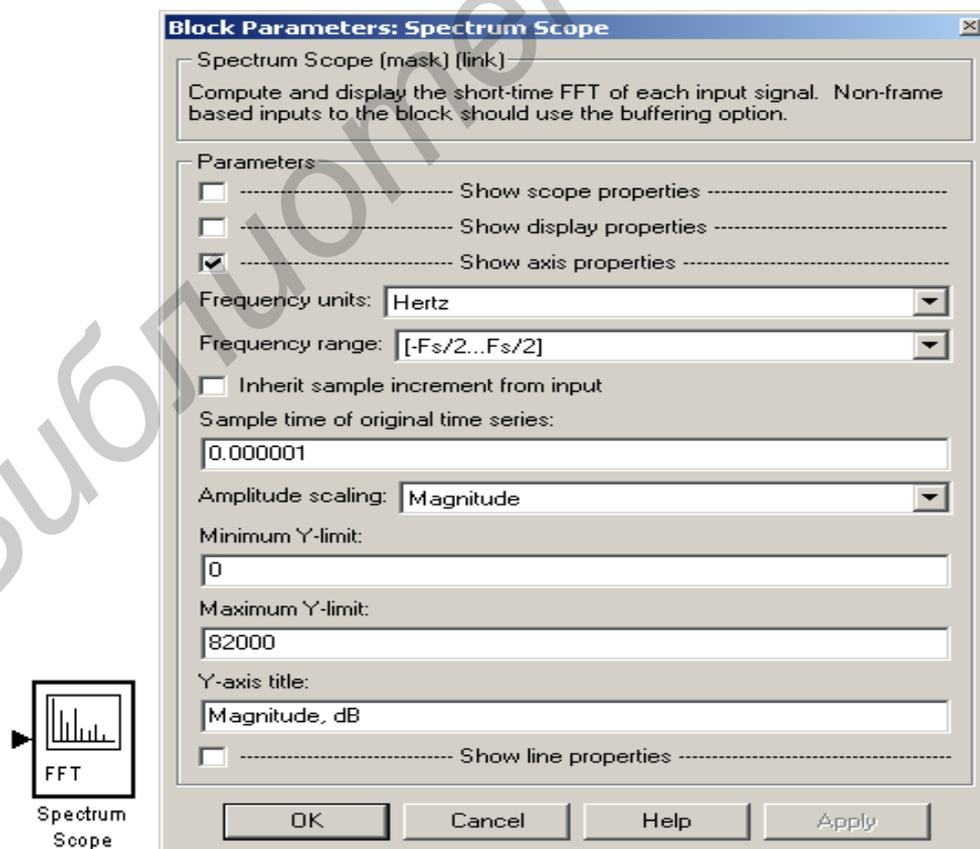


Рис. 15. Формирователь спектра и окно редактирования параметров данного блока

4. 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 ко входу другого блока. После чего 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 рис. 16.

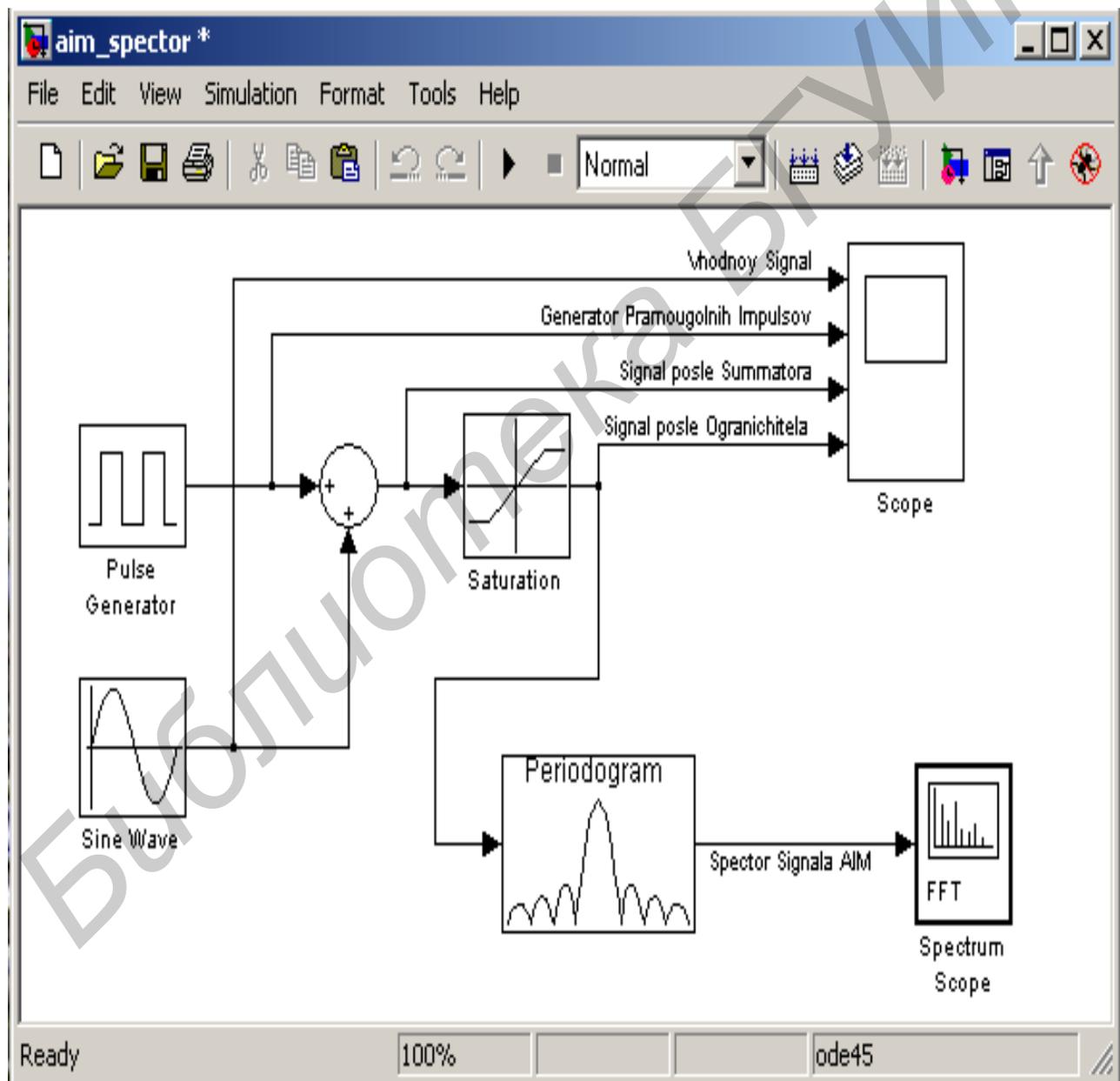


Рис. 16. Схема модели, которая позволяет получить и наблюдать амплитудно-импульсную модуляцию

5. 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. Следует иметь в виду, что имя файла не должно превышать 32 символов, должно начинаться с буквы и не может содержать символы кириллицы и спецсимволы. Это же требование относится и к пути файла (к тем папкам, в которых сохраняется файл). При последующем редактировании схемы можно пользоваться пунктом меню **File/Save**. При повторных запусках программы **Simulink** загрузка схемы осуществляется с помощью меню **File/Open...** в окне обозревателя библиотеки или из основного окна **MATLAB**.

Далее необходимо запустить модель на исполнение, нажав кнопку **Start**  на панели инструментов, после запуска модели на изображении кнопки выводится символ , и ей соответствует уже команда **Pause** (Приостановить моделирование); для возобновления моделирования следует щелкнуть по той же кнопке, поскольку в режиме паузы ей соответствует команда **Continue** (Продолжить).

Чтобы посмотреть осциллограммы в контрольных точках, необходимо нажать левой кнопкой мыши два раза по блоку, который соответствует осциллографу. На экране появится окно осциллографа, на котором будет столько графиков, сколько входов имеет осциллограф. Далее для лучшего восприятия можно установить автоматическое определение осей.

Используя команды меню **Edit/Figure Properties...**, **Edit/Axes Properties...** и **Edit/Current Object Properties...** можно изменить внешний вид окна, осей и самих графиков в соответствии со своими требованиями.

Далее, следуя вышепредложенному примеру, создаём модели других видов модуляции. Набор блоков для односторонней широтно-импульсной модуляции будет выглядеть следующим образом (рис. 17). Параметры блоков представлены на рисунках 18–24.

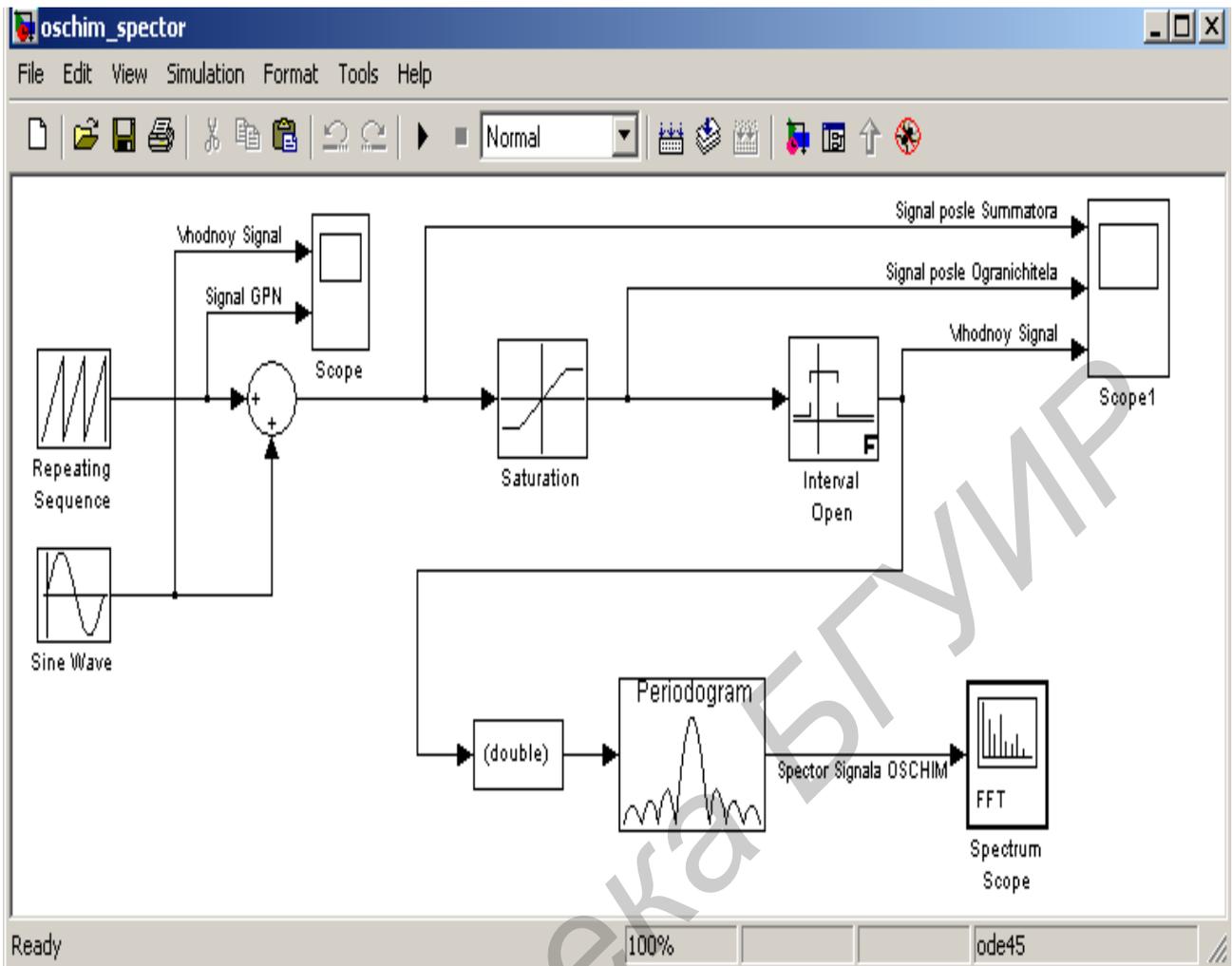


Рис. 17. Схема ОШИМ

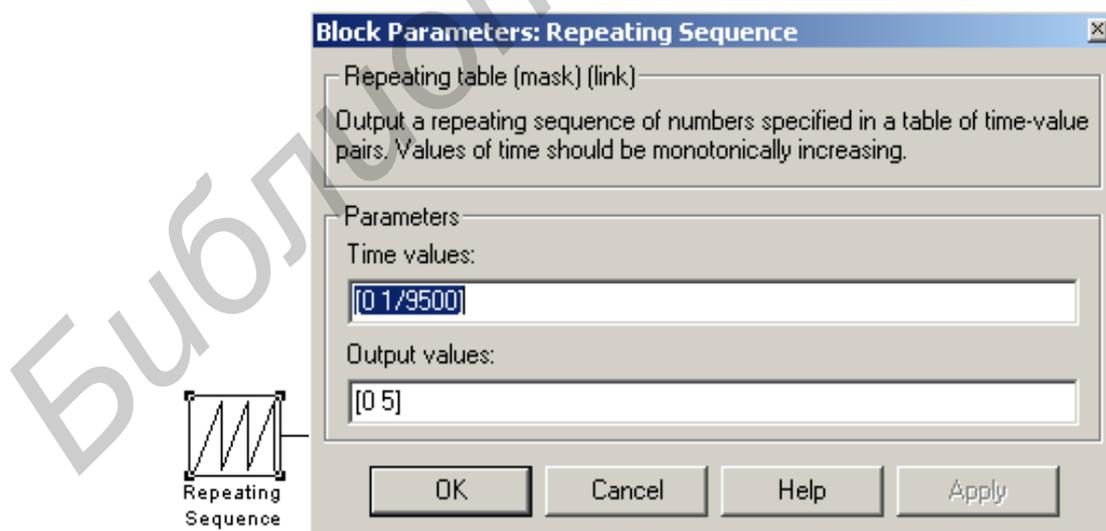


Рис. 18. Генератор пилообразного напряжения и окно редактирования параметров данного блока

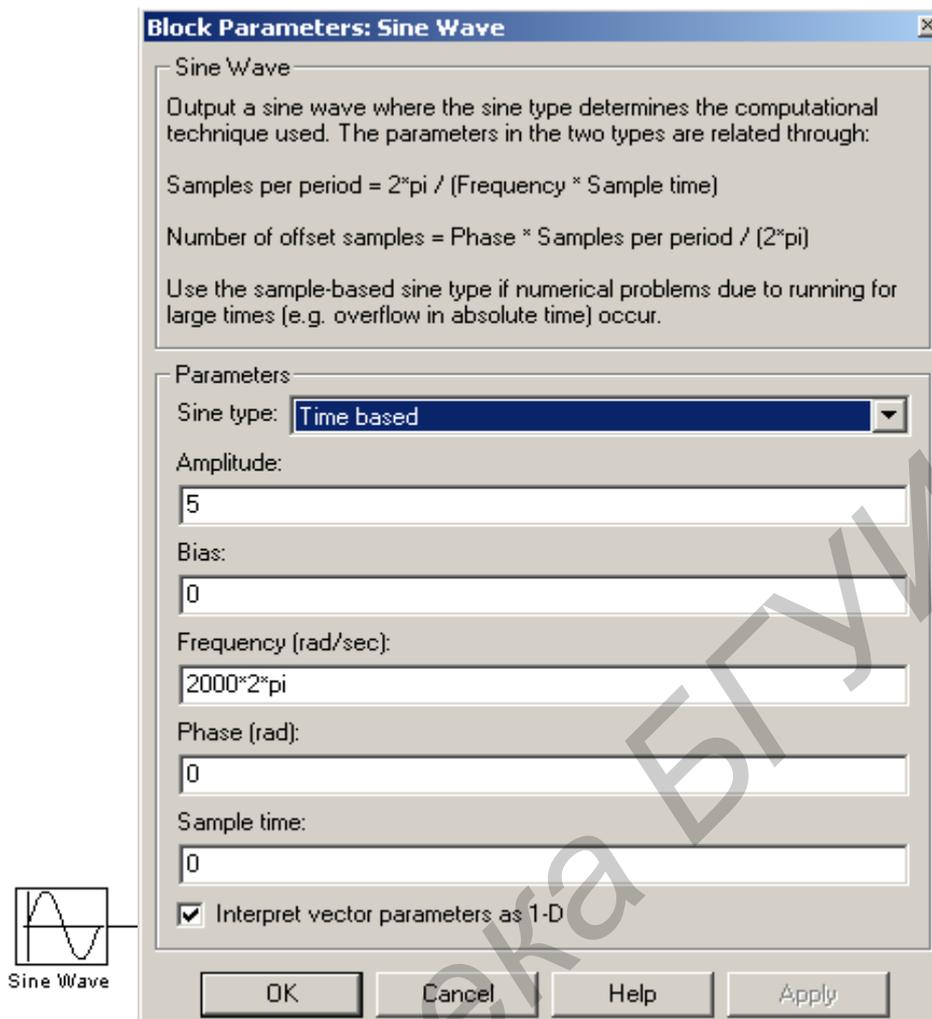


Рис. 19. Генератор синусоидального напряжения и окно редактирования параметров данного блока

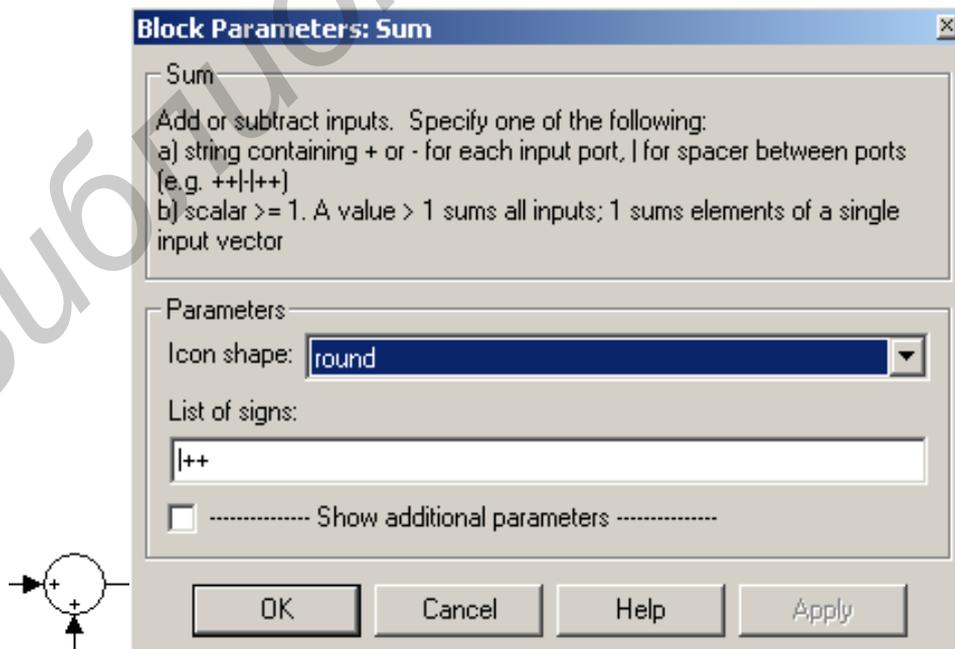


Рис. 20. Сумматор и окно редактирования параметров данного блока

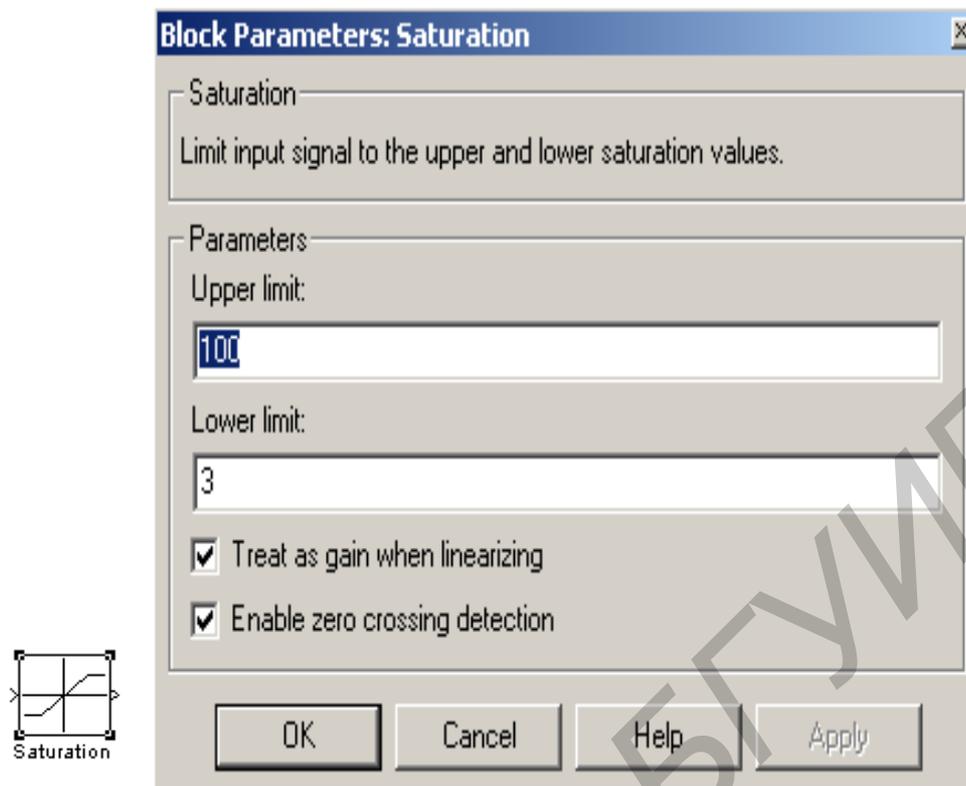


Рис. 21. Ограничитель и окно редактирования параметров данного блока

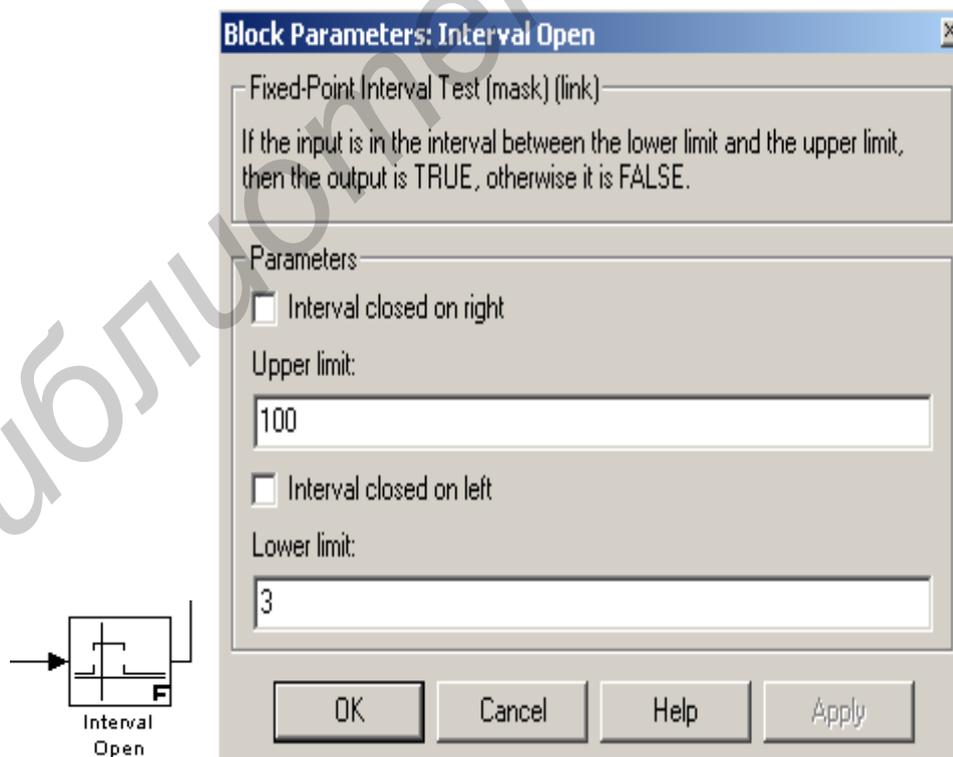


Рис. 22. Формирующая схема и окно редактирования параметров данного блока

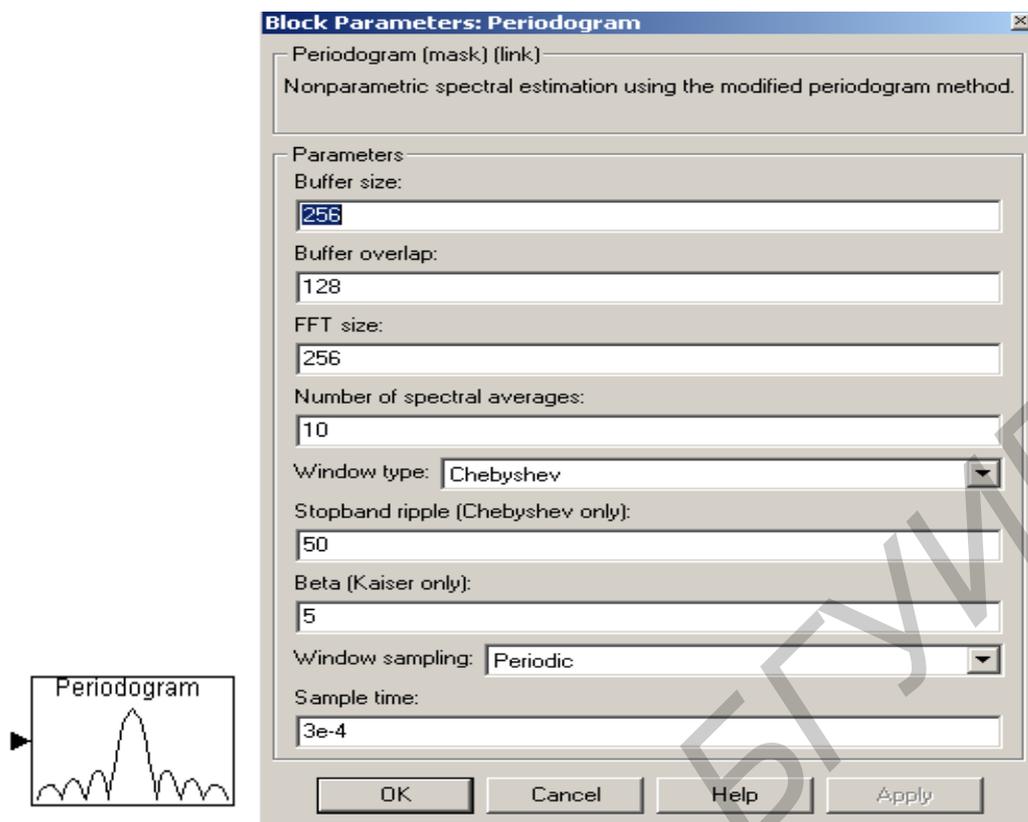


Рис. 23. Анализатор спектра и окно редактирования параметров данного блока

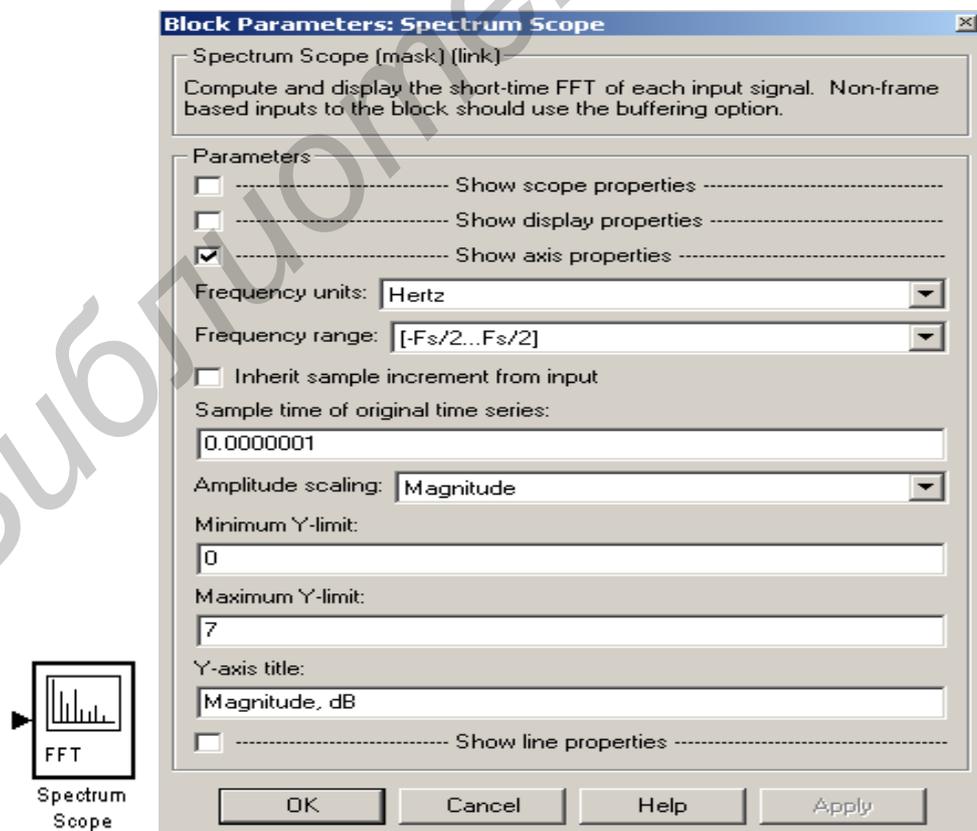


Рис. 24. Формирователь спектра и окно редактирования параметров данного блока

Двусторонняя широтная импульсная модуляция схематично отличается от односторонней тем, что вместо генератора пилообразного напряжения ставится генератор пилы, импульсы которой являются равнобедренными треугольниками. Набор блоков для построения структурной схемы двусторонней широтно-импульсной модуляции будет выглядеть следующим образом (рис. 25). Параметры блоков представлены на рисунках 26–28.

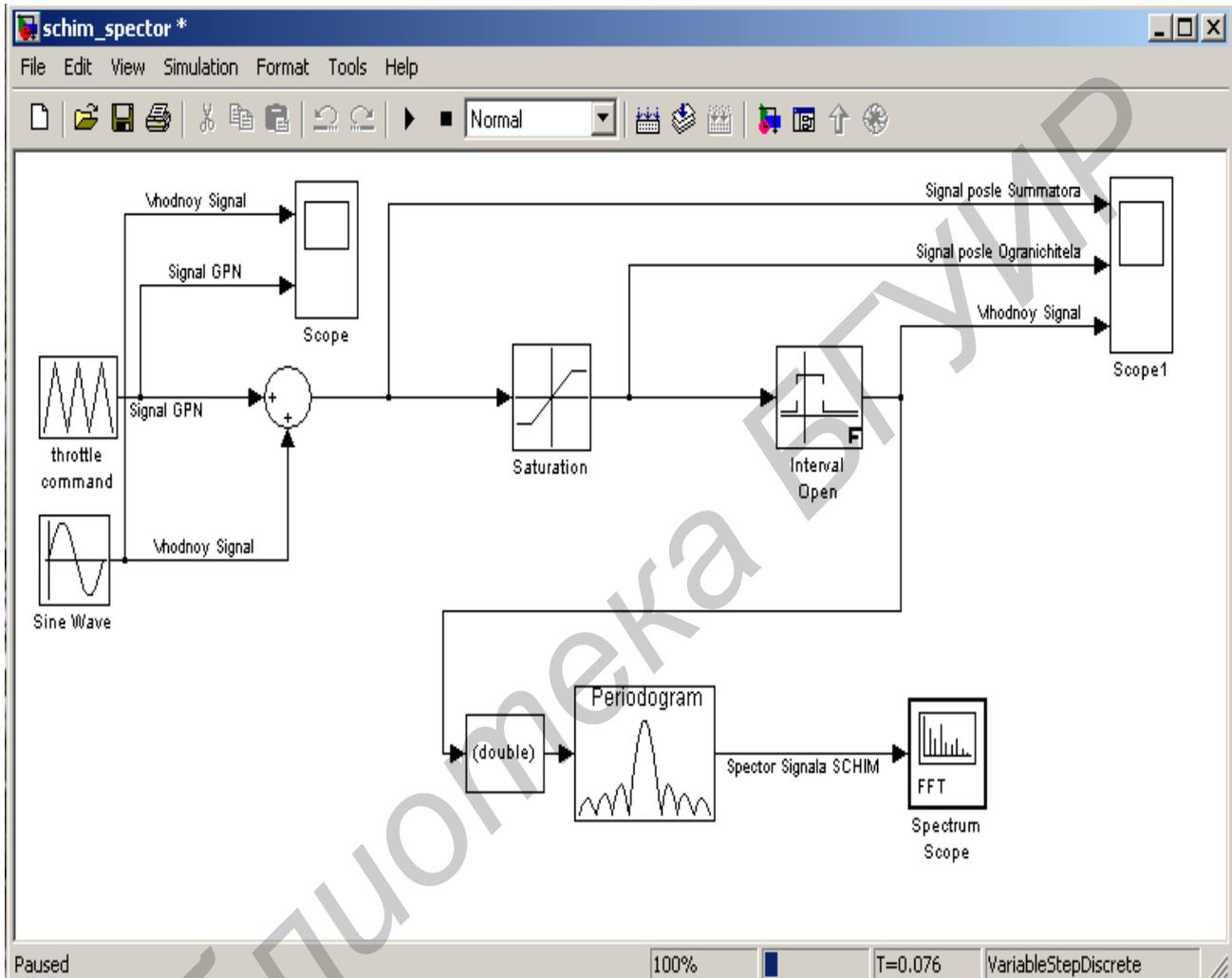


Рис. 25. Схема ШИМ

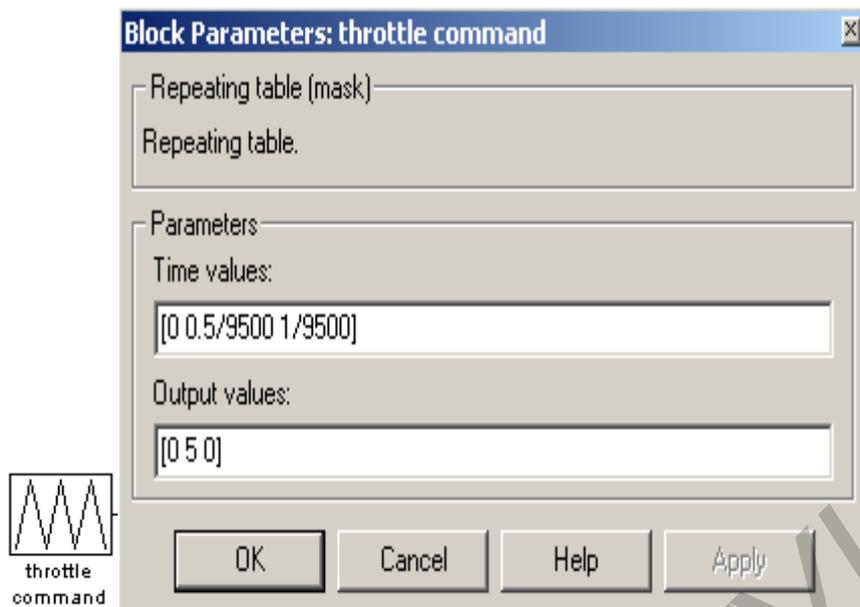


Рис. 26. Генератор пилы для ШИМ и окно для его редактирования

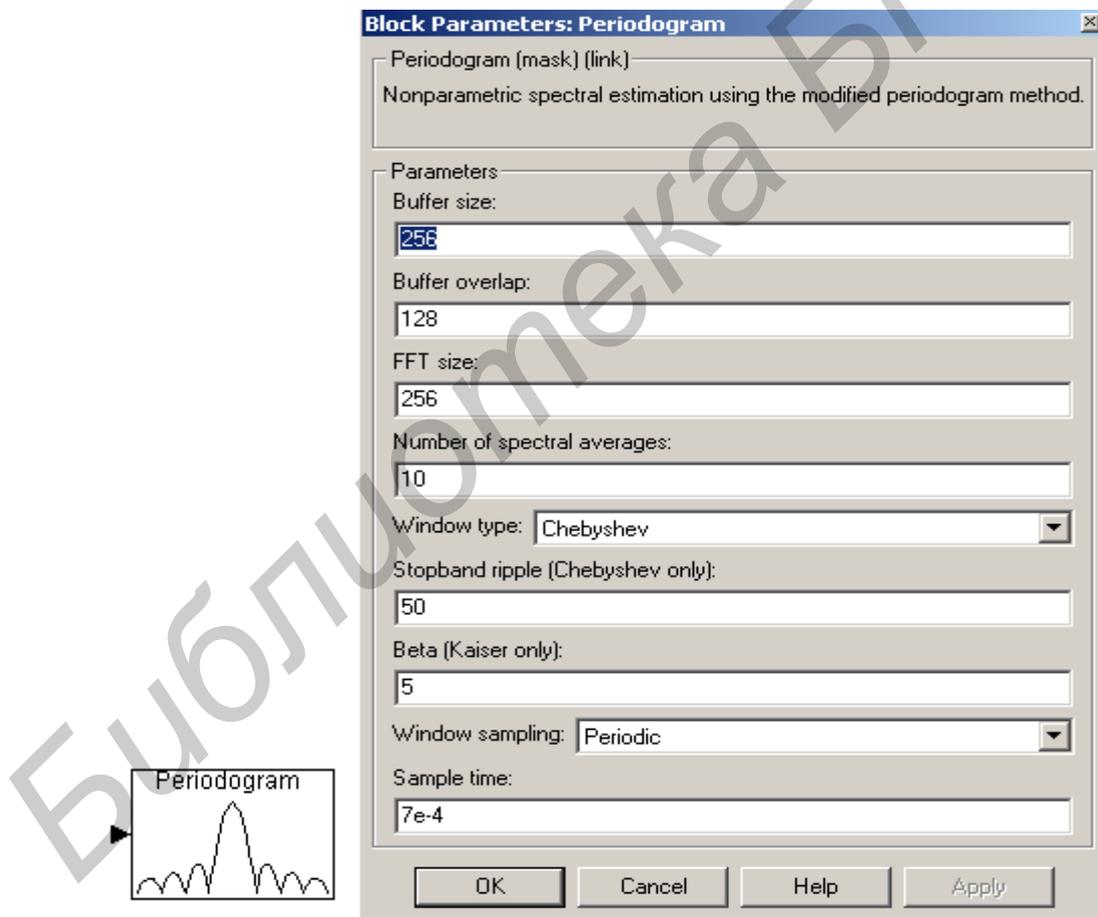


Рис. 27. Анализатор спектра и окно редактирования параметров данного блока.

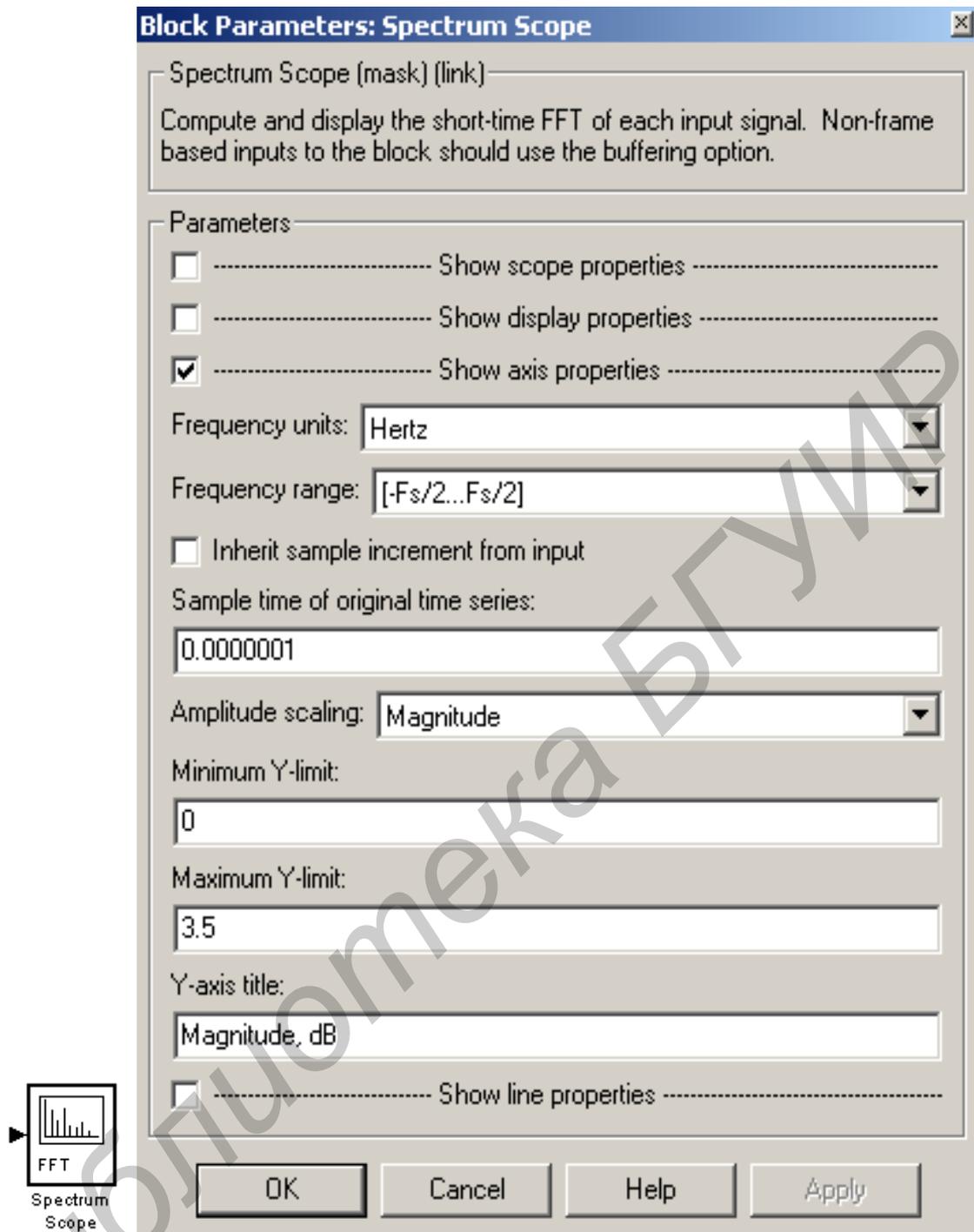


Рис. 28. Формирователь спектра и окно редактирования параметров данного блока

Набор блоков для построения структурной схемы двусторонней широтно-импульсной модуляции будет выглядеть следующим образом – рис. 29. Параметры блоков представлены на рисунках 30,31.

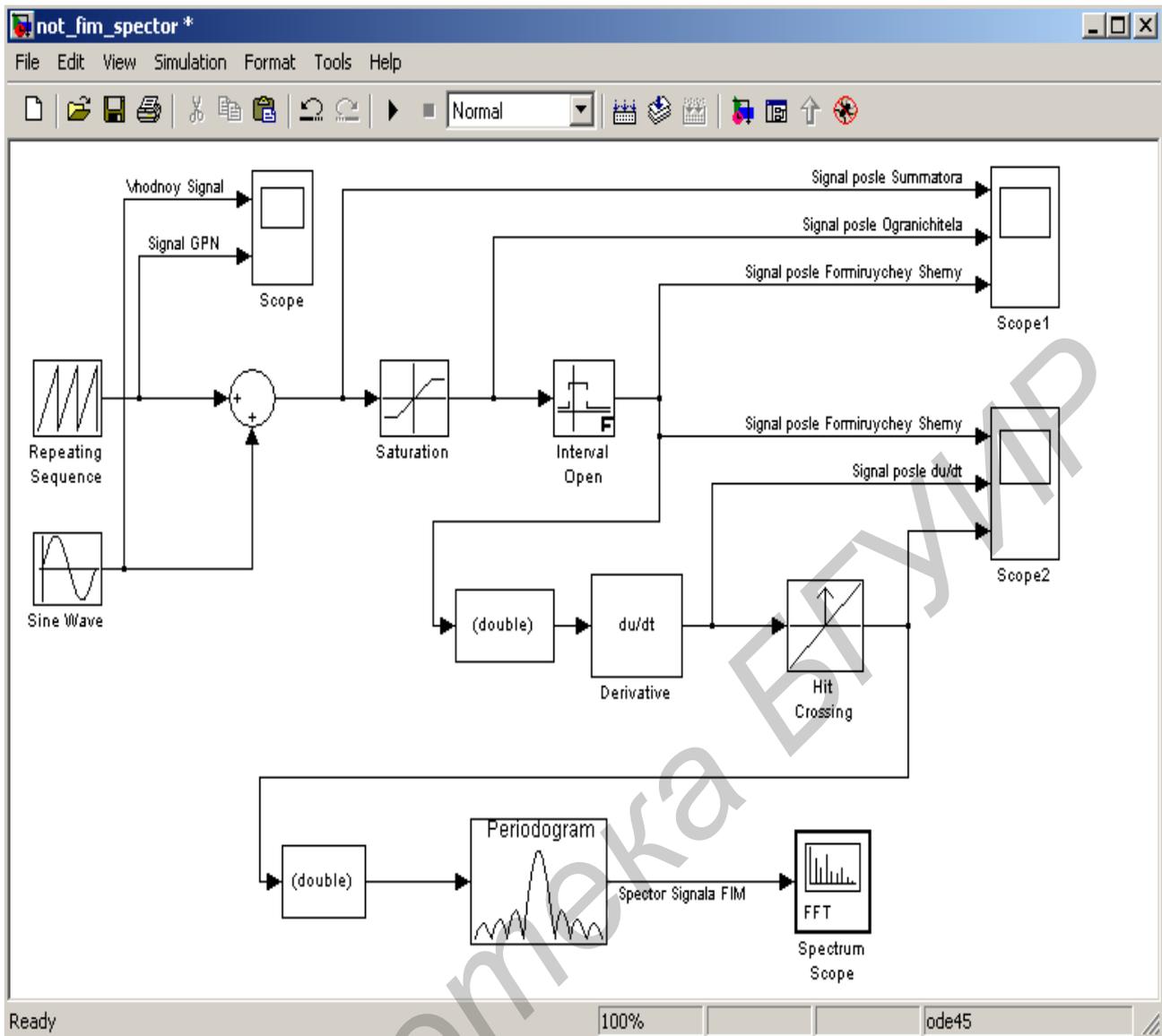


Рис. 29. Схема ФИМ

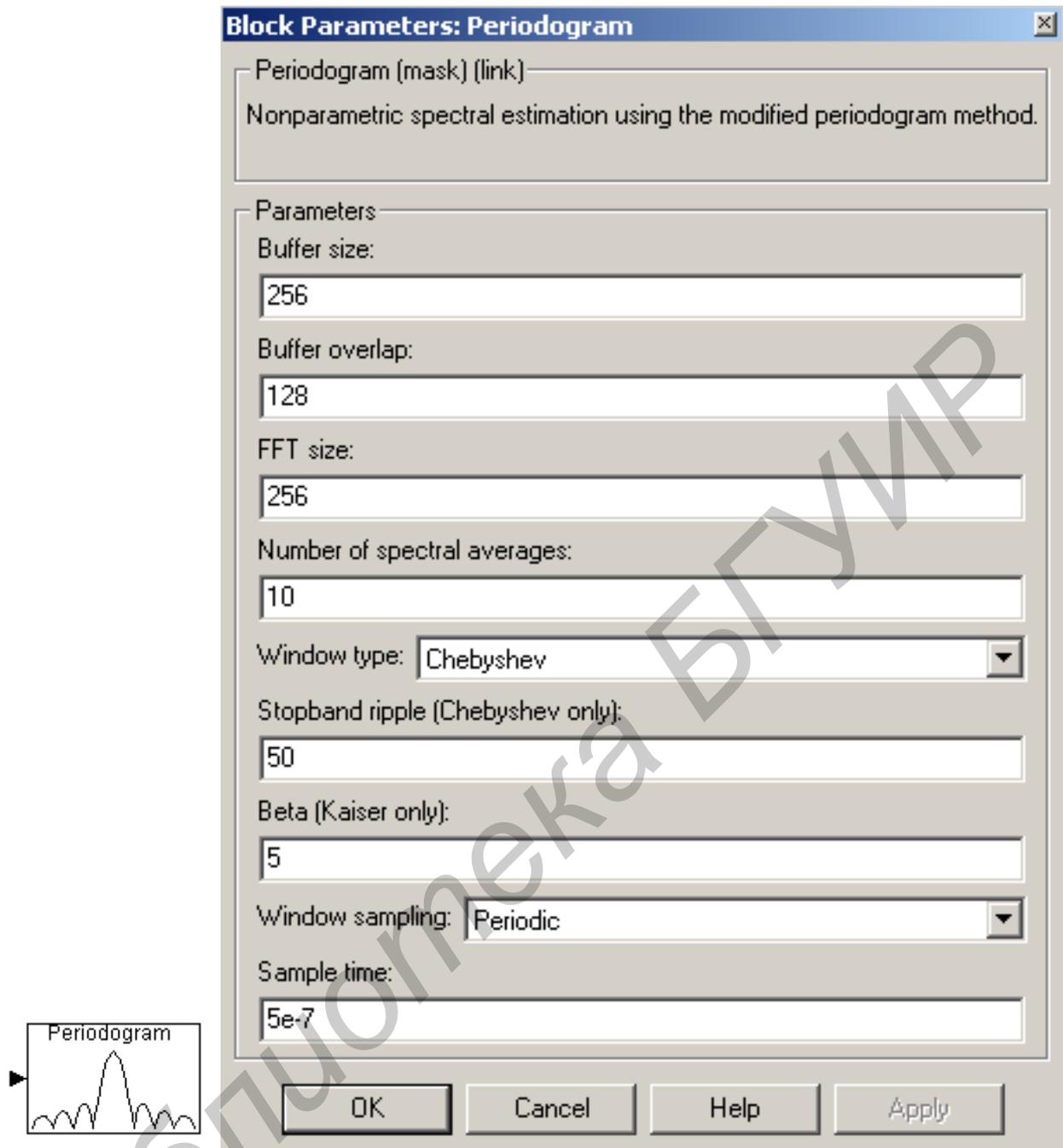


Рис. 30. Анализатор спектра и окно редактирования параметров данного блока

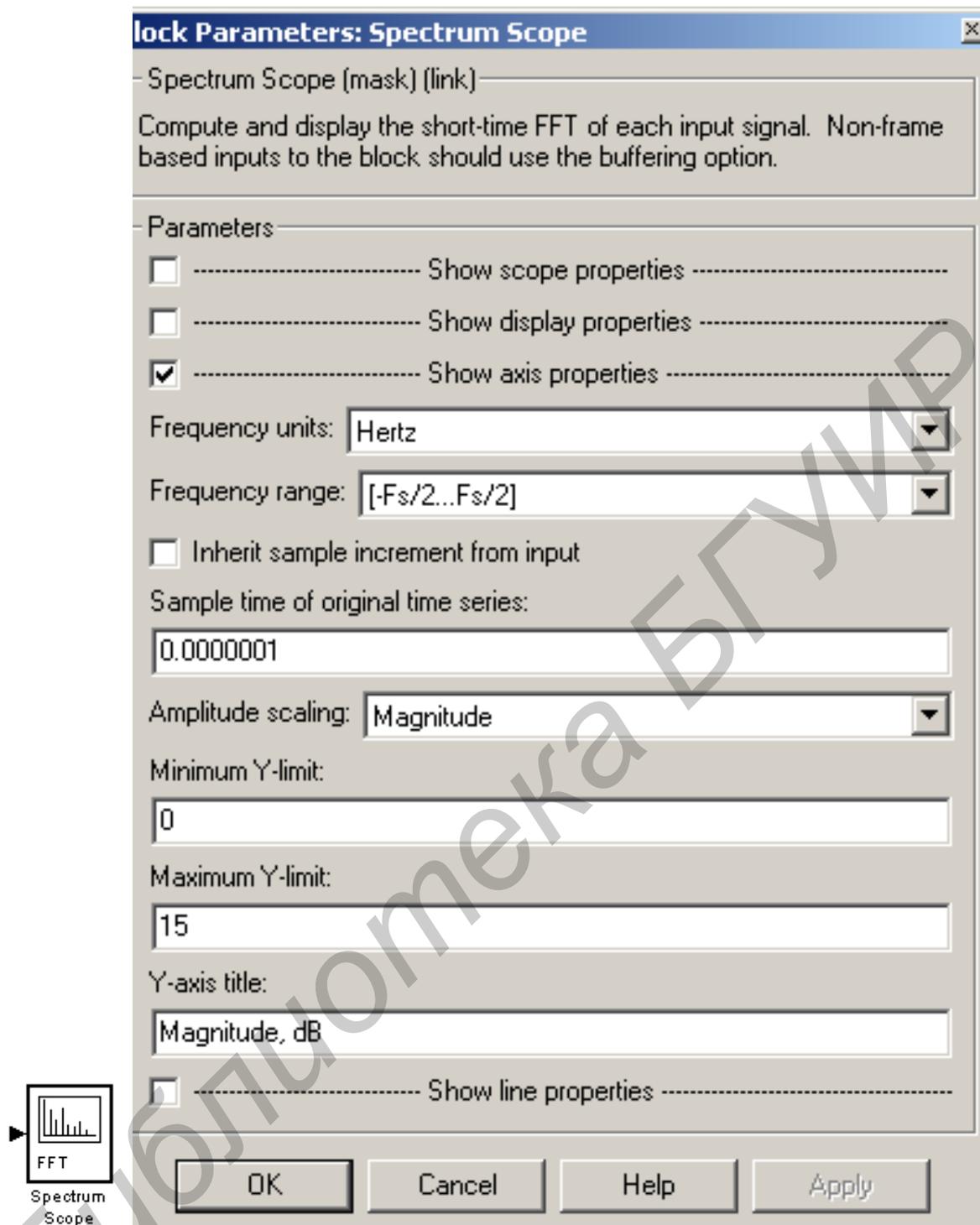


Рис. 31. Формирователь спектра и окно редактирования параметров данного блока

3. ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

Для выполнения работы необходимо запустить вышеописанные модели на исполнение, нажав кнопку **Start**  на панели инструментов, после запуска модели на изображении кнопки выводится символ **||**, и ей соответствует уже команда **Pause** (Приостановить моделирование); для возобновления моделирования следует щелкнуть по той же кнопке, поскольку в режиме паузы ей соответствует команда **Continue** (Продолжить). Чтобы посмотреть осциллограммы в контрольных точках, необходимо нажать левой кнопкой мыши два раза по блоку, который соответствует осциллографу. На экране появится окно осциллографа, на котором будет столько графиков, сколько входов имеет осциллограф. При запуске моделей автоматически открывается окно, демонстрирующее спектры сформированных видов модуляции.

4. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

Отчет должен содержать:

1. Схемы компьютерных моделей формирования видов импульсной модуляции.
2. Спектр и временные эпюры для АИМ.
3. Спектр и временные эпюры для ОШИМ.
4. Спектр и временные эпюры для ШИМ.
5. Спектр и временные эпюры для ФИМ.
6. Выводы о проделанной работе.

5. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Поясните сущность процесса модуляции.
2. Сформулируйте общее понимание и конкретное определение модуляционной характеристики.
3. Что такое индекс модуляции?
4. Запишите и поясните аналитические выражения, отображающие исследуемые виды импульсной модуляции (АИМ, ШИМ, ФИМ).
5. Поясните возможные области применения сформированных сигналов. Конкретизируйте их применимость в медико-биологической практике.
6. Предложите структурные схемы построения, дайте примеры аппаратуры медицинского назначения, использующей подобные типы сигналов.
7. Каковы принципы и техническая реализация модуляций импульсных последовательностей?
8. Охарактеризуйте спектральные свойства модулированных импульсных последовательностей.
9. Опишите способы демодуляции импульсно-модулированных сигналов.
10. Каковы достоинства и недостатки различных видов импульсной модуляции?
11. Дайте сравнительную характеристику помехоустойчивости импульсных видов модуляции и сформированных сигналов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гилевский, С. В. Работа в системах компьютерной математики MATHCAD, MATHEMATICA, MAPLE, MATLAB : учеб. пособие / С. В. Гилевский, А. В. Гринчук. – Минск : РИВШ БГУ, 2001. – 128 с.
2. Дьяконов, В. MATLAB. Обработка сигналов и изображений. Специальный справочник / В. Дьяконов, И. Абраменкова. – СПб. : Питер, 2002. – 608 с.
3. Дьяконов, В. MATLAB. Анализ, идентификация и моделирование систем. Специальный справочник / В. Дьяконов, В. Круглов. – СПб. : Питер, 2002. – 448 с.
4. Пестряков, В. Б. Радиотехнические системы : учебник для вузов / В. Б. Пестряков, В. Д. Кузенков. – М. : Радио и связь, 1985. – 376 с.
5. Баскаков, С. И. Радиотехнические цепи и сигналы : учебник для вузов / С. И. Баскаков. – М. : Высш. шк., 1988. – 448 с.
6. Чердынцев, В. А. Радиотехнические системы / В. А. Чердынцев. – М. : Высш. шк., 1988. – 369 с.
7. Карпушкин, Э. М. Основы теории радиотехнических систем. В 2 ч. Ч. 1. Сигналы и помехи в радиосистемах : учеб. пособие для студ. радиотех. спец. / Э. М. Карпушкин. – Минск : МРТИ, 1993. – 84 с.

СОДЕРЖАНИЕ

1. Цель работы	3
2. Краткие теоретические сведения о системе MATLAB	3
2.1. Основное окно программы MATLAB	3
2.2. Обзорщик разделов библиотеки Simulink	6
2.3. Работа с моделью	9
3. Порядок выполнения работы	27
4. Содержание отчета	27
5. Контрольные вопросы	28
Литература	29

Библиотека БГУИР

Учебное издание

Лущицкий Владимир Владимирович

**ИМПУЛЬСНЫЕ ВИДЫ МОДУЛЯЦИИ
В МНОГОКАНАЛЬНЫХ РТС ПИ**

Методическое пособие
к лабораторной работе по курсам «Радиотехнические системы»
и «Системотехника медицинских электронных систем»
для студентов специальностей I-39 01 01 «Радиотехника»
и I-39 02 03 «Медицинская электроника» всех форм обучения

Редактор Т. Н. Крюкова
Корректор М. В. Тезина

Подписано в печать
Гарнитура «Таймс».
Уч.-изд. л. 1,7.

Формат 60x84 1/16.
Печать ризографическая.
Тираж 100 экз.

Бумага офсетная.
Усл. печ. л.
Заказ 10.

Издатель и полиграфическое исполнение: Учреждение образования
«Белорусский государственный университет информатики и радиоэлектроники»
ЛИ №02330/0056964 от 01.04.2004. ЛП №02330/0131666 от 30.04.2004.
220013, Минск, П. Бровки, 6