

УДК 519.876.5

Н.С. Иванов – студент ФГБОУ ВО «ВГУВТ»

Т.В. Гордяскин – доцент кафедры радиоэлектроники, к.ф.-м.н., ФГБОУ ВО «ВГУВТ»
603951, г. Нижний Новгород, ул. Нестерова, 5

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОЦЕССОВ ПЕРЕДАЧИ ЗВУКОВОГО СООБЩЕНИЯ В РАДИОТЕХНИЧЕСКОМ КАНАЛЕ СВЯЗИ В MATLAB SIMULINK

Ключевые слова: радиотехнический канал связи, моделирование, амплитудная модуляция, детектирование, программная среда Matlab Simulink.

Проводится моделирование преобразования звукового сообщения в программе Matlab Simulink

При изучении объектов профессиональной деятельности студентами специальности «Техническая эксплуатация транспортного радиооборудования» важную роль играет знание базовых принципов формирования, передачи и приема радиотехнических сигналов, поэтому целесообразно эти процессы изучать на модели радиотехнического канала связи.[1]

1. Классическая модель радиотехнического канала связи:



Рисунок 1. Радиотехнический канал связи

Рассмотрим работу каждого компонента канала радиосвязи подробнее. От источника сообщения подается речевой сигнал (человеческий голос), который преобразуется в электромеханические колебания низкой частоты в диапазоне от 20 Гц до 20 кГц. Далее сигнал поступает в блок модуляции, где низкочастотный звуковой сигнал в виде огибающей накладывается на высокочастотный несущий сигнал для перевода сигнала в область высоких частот. После блока модуляции сигнал усиливается и передается на передающую антенну, которая излучает сигнал в среду распространения. Приемник из множества сигналов выделяет сигнал заданной частоты, который затем поступает в блок детектора, где происходит процесс, обратный модуляции. В этом процессе извлекается полезная информация, содержащаяся в огибающей амплитуды

низкочастотного сообщения. Этот сигнал подается на регистрирующее устройство (динамик) из которого получатель и слышит принятый сигнал.

1.1. Объект исследования – радиотехнический сигнал звукового диапазона частот

Модель схемы канала радиосвязи в Matlab Simulink представлена на рисунке 2. [1]

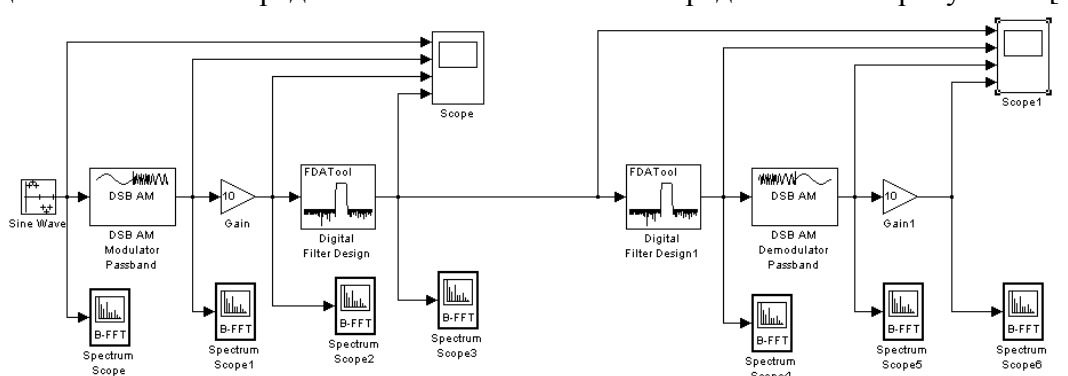


Рисунок 2. Модель радиотехнического канала связи в Matlab Simulink

Схема передатчика состоит из генератора, задающего синусоидальное колебание (Sine Wave), модулятора (DSB AM Modulator Passband), усилителя (Gain) и полосового фильтра (Digital Filter Design). Все модули радиотехнического канала связи обрабатывают дискретный сигнал с единой частотой дискретизации, значение которой определяется в соответствии с теоремой Котельникова ($F_{\text{дискр}} \geq 2F_{\text{верх.}}$).

Схема приемника состоит из полосового фильтра (Digital Filter Design 1), демодулятора (DSB AM Demodulator Passband), усилителя (Gain 1) и окончательного устройства (To Audio Device).

Так как основной задачей радиотехнического канала связи является передача сигнала через радиотехнический канал без потери качества, то, анализируя осциллограмму и спектр выходного сигнала на приемной стороне канала связи, можно сделать вывод о качестве доставленного получателю сигнала (звукового сообщения).

Рассмотрим передачу гармонического сигнала звукового диапазона частот с частотой дискретизации $f_d=44,1$ кГц, частотой передаваемого сообщения $f_u=1$ кГц и несущей $f_n=12$ кГц.

Осциллограммы и спектры на входах и выходах радиотехнических средств канала связи (на Рис. 3).

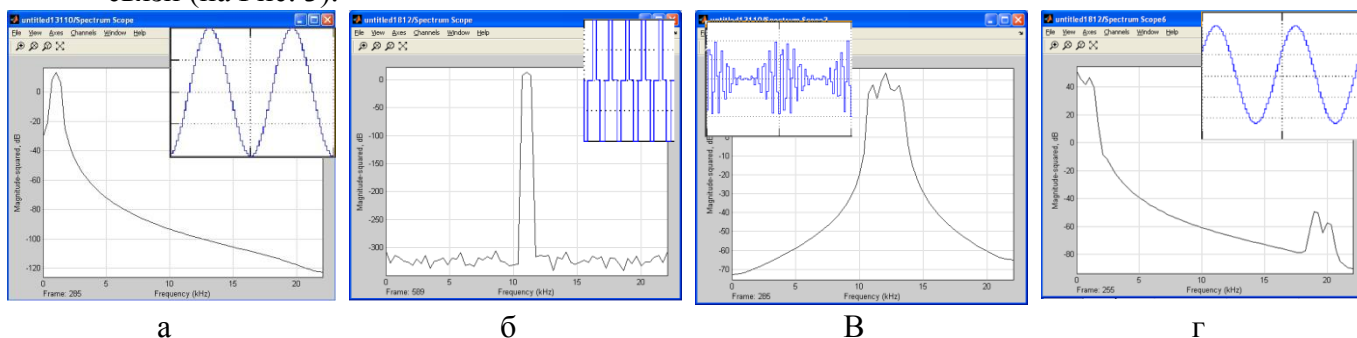


Рисунок 3. а) Осциллограмма и спектр управляющего сигнала на входе передатчика; б) осциллограмма и спектр несущего сигнала передатчика ($f_n=12$ кГц); в) осциллограмма и спектр на выходе передатчика с амплитудной модуляцией; г) осциллограмма и спектр на выходе приемника

В рассмотренной модели канала связи (рис. 2) в среде распространения помеха отсутствует, поэтому сигнал на входе приемника совпадает с сигналом на выходе передатчика (рис.3.в).

Детектирование АМ – сигнала в приемном устройстве производится для выделения из высокочастотного сигнала, несущего в себе информацию, низкочастотной информационной огибающей, которая в дальнейшем поступает на оконечное устройство.

На выход приемника сигнал прошел практически без искажений.

2. Рассмотрим процесс передачи речевого сообщения на частоте несущего сигнала 12 кГц.

Для эффективной передачи речевого сообщения верхняя частота его спектра f_{max} должна быть значительно меньше частоты несущего сигнала $f_n=12\text{кГц}$, поэтому необходимо звуковое сообщение ограничить частотой (пусть $f_{max}=2\text{кГц}$).

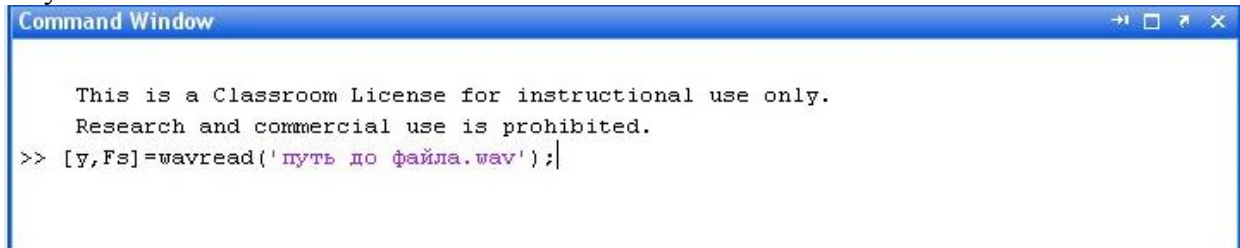
Для моделирования в Matlab Simulink речевое сообщение необходимо подготовить. [2-4]

1. Перед началом работы «нарезать» аудиофайл (5-10 сек) в программе Audacity и сохранить её в формате “wav”.

Wav- формат файла-контейнера для хранения записи оцифрованного аудиопотока. Этот контейнер, как правило, используется для хранения несжатого звука в импульсно-кодовой модуляции.

2. В программном пакете Matlab в рабочем поле(workspace) вызвать функцию **wavread**.

[y,fs]=wavread('путь до файла.wav'); **Важно:** Путь к файлу не должен содержать русских букв.



```
Command Window  
  
This is a Classroom License for instructional use only.  
Research and commercial use is prohibited.  
>> [y,fs]=wavread('путь до файла.wav');|
```

Рисунок 4. Пример вызова функции wavread в рабочем поле Matlab

Пример: [y,fs]=wavread (“C:\rabota\music\narezka.wav”)

Y – Значение сигнала.

Fs – Частота дискретизации (44100 Гц).

3. Вызвать функцию sptool (Signal processing toolbooks).

В рабочем поле ввести команду “sptool”. Открывается окно:

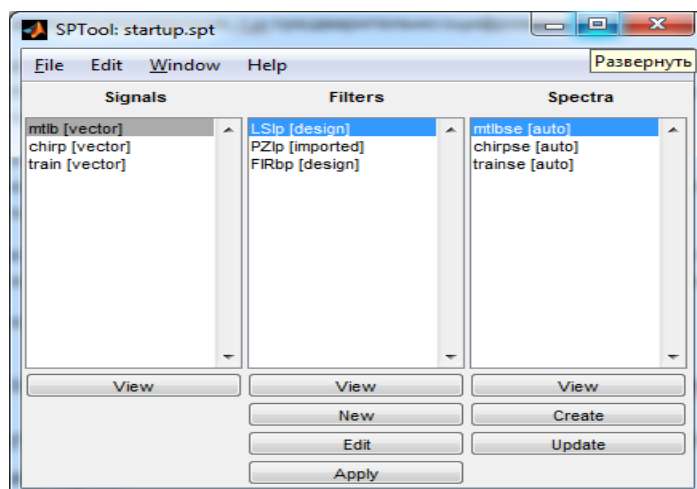


Рисунок 5. Окно sptool

Добавить аудиозапись в sptool.
 В меню File выбрать Import...From Workspace...

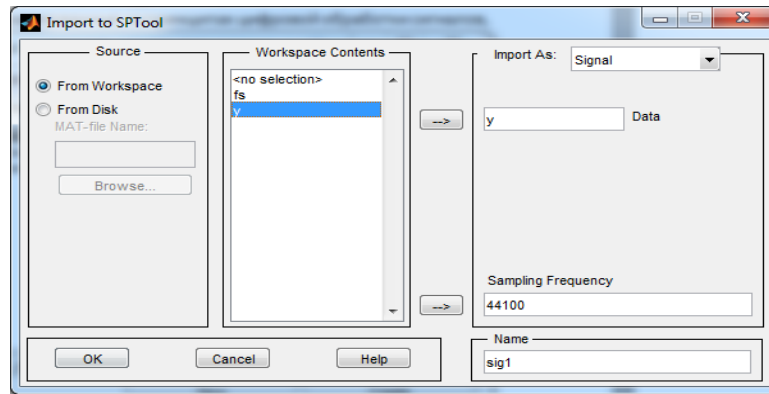


Рисунок 6. Окно выбора Import to SPTool

Выбрать переменную (Content) “y” и добавить её значение в “Data”.
 Выбрать переменную “Fs” и добавить её значение в “Sampling Frequency”. Нажать ОК.

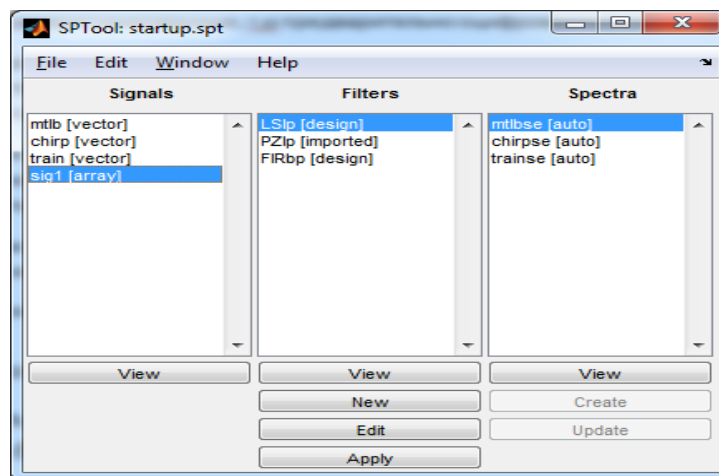


Рисунок 7. Рабочее окно SPTool
 В столбце Signals появился новый сигнал (sig1 [array]).

Передача звукового сообщения при использовании амплитудной модуляции
 (модель канала связи приведена на рисунке 11).

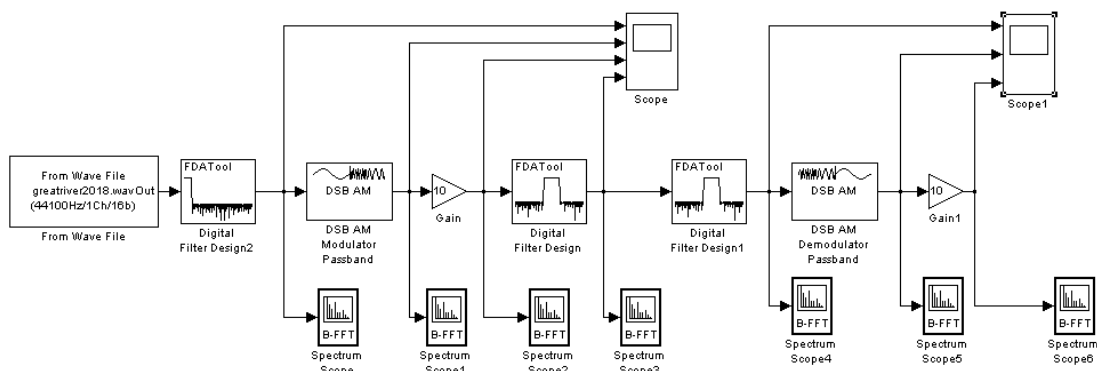
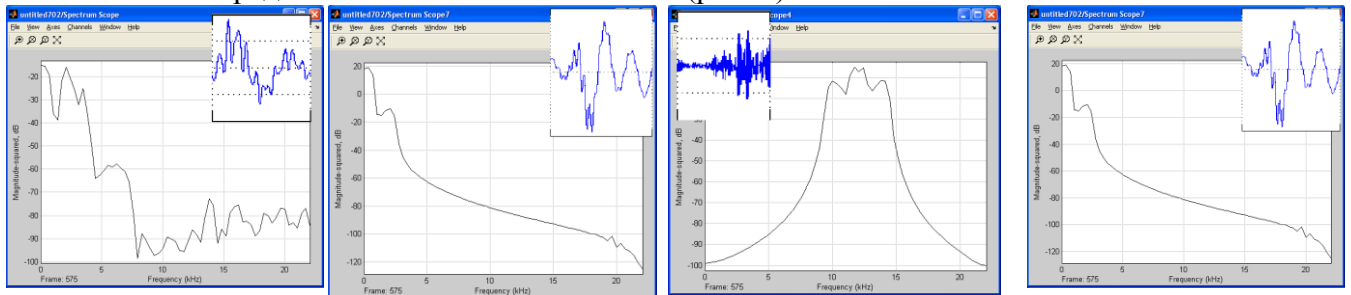


Рисунок 8. Модель канала связи при передаче звукового сообщения

По сравнению со схемой (рисунок 2) появились 2 новых блока: From Wave File и Digital Filter Design 2. Первый блок задает речевой сигнал, загруженный в программу Matlab, в формате wav. Фильтр низкой частоты производит подавление высокочастотных

составляющих на частотах выше 2 кГц. Все остальные процессы происходят аналогично, как и в схеме радиотехнического канала связи (рис. 2).



а

б

в

г

Рисунок 9. а) Осциллограмма и спектр на входе передатчика; б) осциллограмма и спектр входного сигнала на выходе ФНЧ передатчика; в) осциллограмма и спектр сигнала на выходе передатчика с использованием амплитудной модуляции на частоте несущего колебания ($f_n=12$ кГц); г) осциллограмма и спектр на выходе приемника модуляции

Исследование влияния помехи в канале при передаче звукового сигнала.

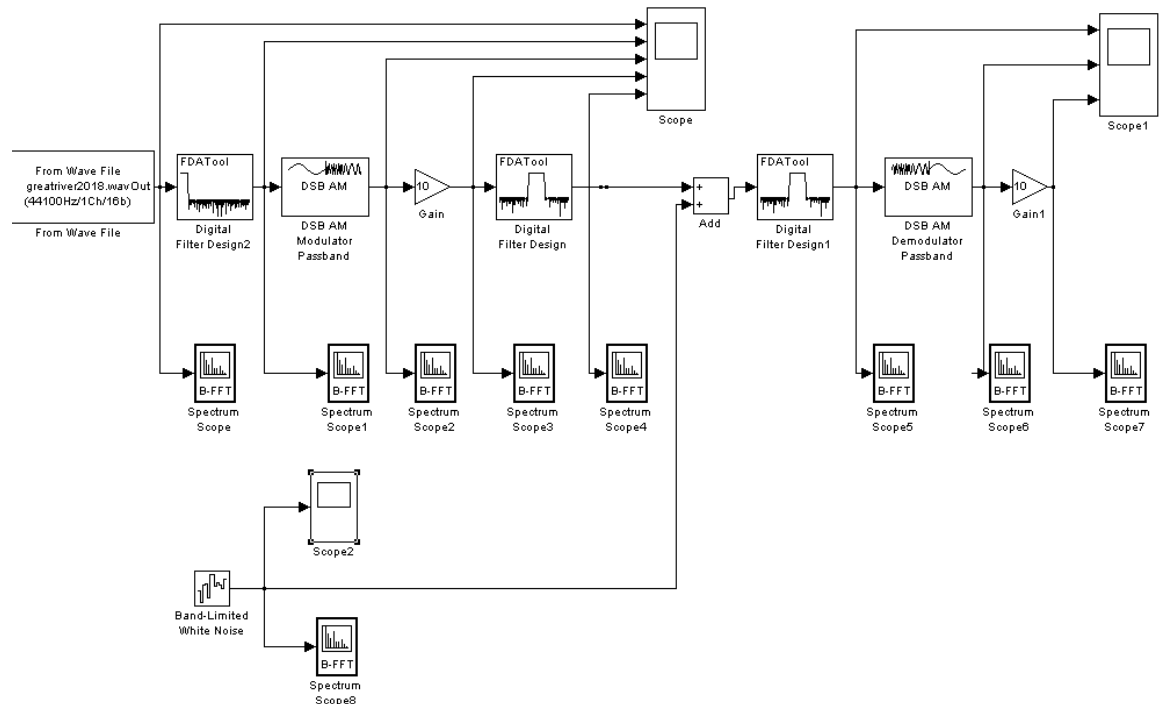
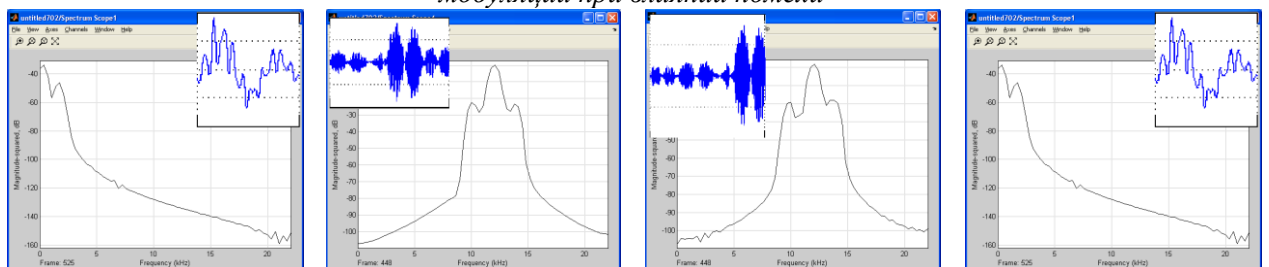


Рисунок 10. Модель схемы передачи звукового сообщения при использовании амплитудной модуляции при влиянии помехи



а

б

в

г

Рисунок 11. а) Осциллограмма и спектр на входе передатчика; б) осциллограмма и спектр на выходе передатчика при использовании амплитудной модуляции; в) осциллограмма и спектр на входе приемника при влиянии помехи на сигнал; г) осциллограмма и спектр на выходе приемника при влиянии помехи

Методика проведенных исследований может быть использована при разработке лабораторных работ по дисциплинам «Радиотехнические цепи и сигналы», «Прикладные задачи цифровой обработки сигналов». Внедрение данной методики в учебный процесс

позволит закрепить студентам фундаментальные знания по теории радиотехнических цепей и сигналов и цифровой обработки.

Список литературы:

- [1]. Гордяскина Т.В., Ипатов А.А., Ипатова Н.В. Исследование процесса преобразования сигналов в радиотехническом канале связи с использованием программной среды Matlab Simulink R2009B. Вестник Волжской государственной академии водного транспорта. Выпуск 51. Изд-во ФГБОУ ВО «ВГУВТ». Н. Новгород, 2017г. С.30-39.
- [2]. Гордяскина Т.В., Ипатов А.А., Филинова Н.В. Основы цифровой фильтрации сигналов звукового диапазона в программном пакете MatlabR2007B. Труды 17-го международного научно-промышленного форума "Великие реки-2015"(19-22 мая 2015 г.) [Электронный ресурс]. <http://вф-река-море.рф/2015/PDF/32.pdf>
- [3]. Филинова Н.В., Ипатов А.А., Гордяскина Т.В. Цифровая обработка детерминированных сигналов в программной среде Simulink Matlab R2009. Труды 18-го международного научно-промышленного форума "Великие реки-2016". (17-20 мая 2016 г.) [Электронный ресурс]. <http://вф-река-море.рф/2016/PDF/37.pdf>
- [4]. Ипатова Н.В., Ипатов А.А., Гордяскина Т.В. Исследование процесса преобразования сигналов в радиотехническом канале связи с использованием программной среды Matlab Simulink R2009B. Вестник Волжской государственной академии водного транспорта. Выпуск 51.– Н. Новгород: Изд-во ФГБОУ ВО «ВГУВТ», 2017г. – С. 30-36.

MODELING OF SOUND TRANSMISSION IN RADIO COMMUNICATION CHANNEL IN MATLAB SIMULINK

Ivanov N.S. – student of the Volga state university of water transport
Gordyaskina T.V. – candidate of physical and mathematical Sciences

Keywords: radio communication channel, modulation, amplitude modulation, detection, software environment Simulink Matlab.

Modeling of transformation of the sound message in the program Matlab Simulink.