

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Локтионова Оксана Геннадьевна

Должность: проректор по учебной работе

Дата подписания: 10.09.2024 00:10:40

Уникальный программный ключ:

0b817ca911e6668abb13a5d426d39e5f1c11eabbf73e943df4a4851fda56d089

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Юго-Западный государственный университет»
(ЮЗГУ)

Кафедра космического приборостроения и систем связи

УТВЕРЖДАЮ

Проректор по учебной работе

« 9 » 09



ЦИФРОВАЯ ОБРАБОТКА ДАННЫХ

Методические указания
по выполнению практических работ
для студентов, обучающихся по группе направлений подготовки
11.00.00 «Электроника, радиотехника и связь»

Курск 2024

УДК 654:004.7 (075.8)

Составители: И.Г. Бабанин, Е.Ю.Бабанина

Рецензент

Доктор технических наук, старший научный сотрудник,
заведующий кафедрой *В.Г. Андронов*

Цифровая обработка данных: методические указания по выполнению практических работ / Юго-Зап. гос. ун-т; сост.: И.Г. Бабанин, Е.Ю. Бабанина. - Курск, 2024.- 17 с.

Полученные знания в результате выполнения практических работ дадут возможность сформировать целостную картину информационного взаимодействия в современных сетях, что является фундаментом для изучения остальных дисциплин профессионального цикла учебного плана, а также могут быть использованы в будущей профессиональной деятельности выпускника, связанной с сетевыми технологиями.

Предназначены для студентов, обучающихся по группе направлений подготовки 11.00.00 «Электроника, радиотехника и связь».

Методические указания составлены с использованием материалов: Системы связи. Подвижные системы связи. Задачи: учебно-методическое пособие [Электронный ресурс] / сост. Н. М. Боев. – Электрон. дан. – Красноярск: Сиб. федер. ун-т.

Текст печатается в авторской редакции

Подписано в печать *9.04* Формат 60×84/16.
Усл. печ. л. *299*. Уч-изд. л. *28*. Тираж 100 экз. Заказ. *613* Бесплатно
Юго-Западный государственный университет.
305040, г. Курск, ул. 50 лет Октября, 94

1. Практическая работа №1 «Формирование данных и сигналов, фильтрация сигналов»

Реализуйте следующий набор функций в MATLAB:

а) функцию генерации матрицы случайных символов `out` для передачи по каналу связи

$$\text{function [out] = data_gen (x, y, n),} \quad (1.1)$$

где: `x` и `y` – размер матрицы;

`n` – количество возможных значений символа (от 0 до `n – 1`);

б) функцию формирования сигнала с квадратурной амплитудной манипуляцией на нулевой промежуточной частоте

$$\text{function [out] = mod_qam (data, constellation),} \quad (1.2)$$

где: `out` – комплексный выходной сигнал модулятора;

`data` – данные для передачи по каналу связи;

`constellation` – точки созвездия квадратурной амплитудной манипуляции;

в) функцию, выполняющую формирование спектра сигнала при помощи фильтра с характеристикой корень из приподнятого косинуса

$$\text{function [out] = filter_tx (in, order, n, rf),} \quad (1.3)$$

где: `out` – комплексный выходной сигнал формирующего фильтра;

`in` – комплексный входной сигнал формирующего фильтра;

`order` – порядок фильтра;

`n` – коэффициент повышения частоты дискретизации;

`rf` – коэффициент скругления характеристики фильтра;

г) функцию, выполняющую согласованную фильтрацию сигнала при помощи фильтра с характеристикой корень из приподнятого косинуса

$$\text{function [out] = filter_rx (in, order, n, rf),} \quad (1.4)$$

где: `out` – комплексный выходной сигнал согласованного фильтра;
`in` – комплексный входной сигнал согласованного фильтра;
`order` – порядок фильтра;
`n` – коэффициент понижения частоты дискретизации;
`rf` – коэффициент скругления характеристики фильтра.

Для каждой из функций создайте программу, формирующую входные данные и обрабатывающую выходные данные функции. Постройте временные диаграммы входных и выходных сигналов, убедитесь в их соответствии теоретическим данным. Отобразите спектр сигнала на выходе формирующего фильтра. Сформируйте отчет[1].

2. Практическая работа №2 «Формирование сигналов с частотной, фазовой, амплитудной и квадратурной модуляциями»

Реализуйте следующий набор функций в MATLAB:

а) функцию формирования сигнала с частотной манипуляцией

$$\text{function [out, t] = mod_fsk (data, n, f, q, p), \quad (2.1)$$

где: `out` – выходной сигнал модулятора,

`t` – вектор временных отсчетов;

`data` – данные для передачи по каналу связи;

`n` – позиционность манипуляции;

`f` – вектор значений частот манипуляции (в соответствии с позиционностью);

`q` – количество выборок на один период гармонического колебания с наименьшей частотой;

`p` – количество периодов несущего колебания на один символ данных;

б) функции формирования сигнала с двоичной фазовой манипуляцией и четырехпозиционной фазовой манипуляцией на несущей частоте

$$\text{function [out, t] = mod_bpsk (data, f, q, p), \quad (2.2)$$

$$\text{function [out, t] = mod_qpsk (data, f, q, p),} \quad (2.3)$$

где: out – выходной сигнал модулятора,

t – вектор временных отсчетов;

data – данные для передачи по каналу связи;

f – несущая частота;

q – количество выборок на один период гармонического колебания;

p – количество периодов несущего колебания на один символ данных;

в) функцию формирования сигнала с амплитудной манипуляцией на несущей частоте

$$\text{function [out, t] = mod_ask (data, n, f, q, p),} \quad (2.4)$$

где: out – выходной сигнал модулятора,

t – вектор временных отсчетов;

data – данные для передачи по каналу связи;

n – позиционность манипуляции;

f – несущая частота;

q – количество выборок на один период гармонического колебания;

p – количество периодов несущего колебания на один символ данных.

Для каждой из функций создайте программу, формирующую вектор входного воздействия и обрабатывающую выходные данные функции. Отобразите на графиках временные зависимости всех сигналов, убедитесь в правильности работы функций. Получите спектры выходных сигналов модуляторов. По полученным данным сформируйте отчет [1].

3. Практическая работа №3 «Моделирование шумов в канале связи»

Реализуйте следующий набор функций в MATLAB:

а) функцию генерации белого гауссова шума

$$\text{function [out]} = \text{wgnoise_gen (x, y, m, d),} \quad (3.1)$$

где: out – массив значений выборок шума;
 x и y – размер матрицы;
 m – математическое ожидание;
 n – дисперсия шума;

б) на основе функции wgnoise_gen создайте функцию, добавляющую аддитивный белый гауссов шум с нулевым математическим ожиданием к сигналу

$$\text{function [out]} = \text{add_awgn (in, snr),} \quad (3.2)$$

где: out – аддитивная смесь сигнала и шума;
 in – входной сигнал;
 snr – отношение сигнал/шум (дБ).

Сгенерируйте несколько векторов белого гауссова шума с нулевым математическим ожиданием и единичной дисперсией размерностью 10^3 , 10^4 , 10^5 и 10^6 . Без использования встроенных функций MATLAB для каждого из векторов рассчитайте математическое ожидание и дисперсию, постройте графики плотности вероятности и функции распределения, отобразите спектр шумового сигнала. Напишите программу, выполняющую моделирование процесса искажения полезного сигнала в канале шумами:

а) при помощи функции data_gen сформируйте вектор из 10^8 двоичных символов. Приведите вектор данных к биполярному виду (замените нулевые значения на -1);

б) используя функцию add_awgn сформируйте не менее 40 векторов аддитивной смеси для различных отношений сигнал/шум в диапазоне от -40 дБ до +40 дБ;

в) проведите сравнения каждого из значений полученных векторов с нулем. В случае, если значение больше нуля, замените его на 1, иначе замените его на -1;

г) выполните сравнение принятых векторов данных с переданными, подсчитайте количество ошибок.

Постройте график зависимости количества ошибок при передаче информации от отношения сигнал/шум в канале связи. По

результатам работы сформируйте отчет, содержащий программы и графики[1].

4. Практическая работа №4 «Квадратурный перенос спектра»

Реализуйте следующий набор функций в MATLAB:

а) генератор комплексного сигнала

$$\text{function [out] = complex_gen (a, f, ph0, t),} \quad (4.1)$$

где: out – выходной комплексный сигнал генератора;

a – амплитуда колебаний;

f – частота колебаний;

ph0 – начальная фаза колебаний (рад.);

t – вектор временных отсчетов;

б) на основе функции complex_gen создайте функцию переноса спектра полезного сигнала путем домножения на комплексный сигнал гетеродина с единичной амплитудой, нулевой начальной фазой и заданной частотой

$$\text{function [out] = freq_conv (in, f, t),} \quad (4.2)$$

где: out – выходной комплексный сигнал преобразователя частоты;

in – входной сигнал преобразователя частоты;

f – частота колебаний;

t – вектор временных отсчетов;

в) на основе функции freq_conv создайте функцию, выполняющую квадратурную модуляцию сигнала путем сложения действительной и мнимой составляющих комплексного выходного сигнала функции переноса спектра

$$\text{function [out] = quad_mod (in, f, t),} \quad (4.3)$$

где: out – выходной вещественный сигнал преобразователя частоты;

in – входной комплексный сигнал преобразователя частоты;
 f – частота колебаний;
 t – вектор временных отсчетов.

Создайте мультигармонический сигнал с частотами и амплитудами гармонических колебаний, указанными в таблице 1. Количество выборок сигнала рассчитать исходя из частоты дискретизации 10 МГц и длительности сигнала 1 сек. Постройте графики сигнала во временной и спектральной областях. Используя функцию `freq_conv`, выполните перенос спектра сигнала на частоту 1 МГц в положительную область частот и в отрицательную область частот. Постройте графики выходного сигнала преобразователя частоты во временной и спектральной областях. Сформируйте отчет.

Таблица 1 – Исходные данные для формирования мультигармонического колебания

Вариант	Частота и амплитуда колебаний (кГц)			
	1	2	3	4
0	$A = 0,1; f = 10$	$A = 0,6; f = 29$	$A = 0,1; f = 35$	$A = 0,2; f = 60$
1	$A = 0,2; f = 11$	$A = 0,3; f = 28$	$A = 0,3; f = 37$	$A = 0,2; f = 63$
2	$A = 0,3; f = 12$	$A = 0,2; f = 27$	$A = 0,4; f = 39$	$A = 0,1; f = 66$
3	$A = 0,2; f = 13$	$A = 0,8; f = 26$	$A = 0,1; f = 41$	$A = 0,1; f = 69$
4	$A = 0,7; f = 14$	$A = 0,1; f = 25$	$A = 0,1; f = 43$	$A = 0,1; f = 72$
5	$A = 0,2; f = 15$	$A = 0,2; f = 24$	$A = 0,2; f = 45$	$A = 0,4; f = 75$
6	$A = 0,1; f = 16$	$A = 0,3; f = 23$	$A = 0,3; f = 47$	$A = 0,3; f = 78$
7	$A = 0,5; f = 17$	$A = 0,3; f = 22$	$A = 0,1; f = 49$	$A = 0,1; f = 81$
8	$A = 0,6; f = 18$	$A = 0,1; f = 21$	$A = 0,1; f = 51$	$A = 0,2; f = 84$
9	$A = 0,4; f = 19$	$A = 0,2; f = 20$	$A = 0,3; f = 53$	$A = 0,3; f = 88$

Сформируйте два вектора случайных данных по 1000 символов при помощи функции `data_gen` согласно таблице 2.

Выполните повышение частоты дискретизации сигнала данных таким образом, чтобы на один символ данных приходилось 100 выборок сигнала при частоте дискретизации 10 МГц. Выполните перенос спектра сигнала на 1 МГц при помощи функции `freq_conv`, передавая в качестве реальной части аргумента in функции `freq_conv` первый вектор данных, в качестве мнимой части аргумента in – второй вектор данных.

Таблица 2 – Исходные данные для формирования векторов случайных данных

Вариант	Число возможных значений для первого вектора, n	Число возможных значений для второго вектора, n
0	1	5
1	2	6
2	4	7
3	8	11
4	16	12
5	32	13
6	3	14
7	9	15
8	20	17
9	10	18

Постройте спектр и временные зависимости выходного сигнала преобразователя частоты. Сформируйте отчет. Выполните модуляцию сигнала при помощи функции `quad_mod`. Частота несущего колебания – 1 МГц. Постройте спектр и осциллограмму выходного сигнала модулятора. Сформируйте отчет[1].

5. Практическая работа №5 «Демодуляция сигнала»

Реализуйте функцию расчета метрик между принимаемым сигналом и точками опорного сигнального созвездия

$$\text{function [metrics, symbol] = demodulator (in, constellation), (5.1)}$$

где: `metrics` – матрица метрик между принимаемым сигналом и опорным созвездием;

`symbol` – символ, соответствующий точке созвездия с минимальной метрикой;

`in` – входной комплексный сигнал; `constellation` – матрица опорного созвездия.

Метрики рассчитываются как евклидово расстояние на комплексной плоскости между принимаемой точкой и точками опорного созвездия для заданного вида модуляции. Принятым символом считается символ, соответствующий точке опорного созвездия, наиболее близко расположенной к точке принимаемого

сигнала. В таблице 3 приведены исходные данные для моделирования процесса передачи информации по каналу связи.

Таблица 3 – Исходные данные для моделирования процесса передачи информации по каналу связи

Вариант	Вид манипуляции	Позиционность созвездия (количество точек)	Порядок созвездия (2^N)
0	Фазовая	2	1
1	Фазовая	4	2
2	Фазовая	8	3
3	Амплитудная	2	1
4	Амплитудная	4	2
5	Квадратурная амплитудная	16	4
6	Квадратурная амплитудная	32	5
7	Квадратурная амплитудная	64	6
8	Квадратурная амплитудная	256	8
9	Квадратурная амплитудная	1024	10

Напишите программу, выполняющую моделирование процесса формирования сигнала, передачи по каналу связи и согласованного приема:

а) сформируйте вектор данных для передачи по каналу связи при помощи функции `data_gen`, количество символов – не менее 10^6 ;

б) согласно таблице 3 создайте вектор сигнального созвездия;

в) используя функцию `mod_qam`, сформируйте сигнал на нулевой промежуточной частоте;

г) выполните формирование спектра сигнала с использованием функции `filter_tx`. Порядок фильтра – 80; коэффициент скругления – 0,4; коэффициент повышения частоты дискретизации – 8;

д) добавьте к передаваемому сигналу шум при помощи функции `add_awgn`, отношение сигнал/шум выберите равным 100 дБ;

е) используя функцию `filter_rx`, выполните согласованную фильтрацию сигнала, параметры фильтра должны быть аналогичны фильтру передатчика;

ж) подайте выходной сигнал согласованного фильтра на демодулятор (функция `demodulator`);

з) сравните вектор переданных данных с выходным вектором демодулятора, подсчитайте количество ошибок;

и) проведите моделирование работы системы связи при различных отношениях сигнал/шум в диапазоне от -40 до +40 дБ (не менее 40 точек). Постройте зависимость количества ошибок при передаче информации от отношения сигнал/шум;

к) при помощи встроенных в MATLAB функций `eyediagram` и `scatterplot` построьте глазковые диаграммы и диаграммы рассеяния сигналов передатчика и приемника.

По результатам работы сформируйте отчет, содержащий программы и графики. Проанализируйте полученные результаты[1].

6. Практическая работа №6 «Корреляционный прием сигналов»

Реализуйте следующий набор функций в MATLAB:

а) функцию расчета взаимной корреляции двух векторов

$$\text{function [corr] = corellation (in1, in2, dt),} \quad (6.1)$$

где: `corr` – значение взаимной корреляции;

`in1` – первый входной вектор;

`in2` – второй входной вектор;

`dt` – шаг интегрирования (по умолчанию равен 1);

б) на основе функции `correlator` реализуйте функцию расчета корреляционной зависимости двух векторов

$$\text{function [corr] = correlator (in1, in2, dt),} \quad (6.2)$$

где: `corr` – корреляционная зависимость векторов `in1` и `in2`;

`in1` – первый входной вектор;

`in2` – второй входной вектор;

`dt` – шаг интегрирования (по умолчанию равен 1).

Для проверки работы созданных функций постройте автокорреляционный график для нескольких периодов гармонического колебания и для 10^6 выборок белого гауссова шума. Постройте график автокорреляционной функции (АКФ) для сигналов Баркера согласно таблице 4

Таблица 4 – Исходные данные для расчета АКФ

Вар.	Последовательность Баркера	
	1	2
0	+1 -1	+1 +1 +1 +1 +1 -1 -1 +1 +1 -1 +1 -1 +1
1	+1 +1	+1 +1 +1 -1 -1 -1 +1 -1 -1 +1 -1
2	+1 +1 -1	+1 +1 +1 -1 -1 +1 -1
3	+1 -1 +1 +1	+1 +1 +1 +1 +1 -1 -1 +1 +1 -1 +1 -1 +1
4	+1 -1 -1 -1	+1 +1 +1 -1 -1 -1 +1 -1 -1 +1 -1
5	+1 +1 +1 -1 +1	+1 -1 -1 -1
6	+1 +1 +1 -1 -1 +1 -1	+1 +1 +1 +1 +1 -1 -1 +1 +1 -1 +1 -1 +1
7	+1 +1 +1 -1 -1 -1 +1 -1 -1 +1 -1	+1 -1 +1 +1
8	+1 +1 +1 +1 +1 -1 -1 +1 +1 -1 +1 -1 +1	+1 +1 +1 -1 -1 +1 -1
9	+1 +1 +1 +1 +1 -1 -1 +1 +1 -1 +1 -1 +1	+1 +1 +1 -1 -1 +1 -1

Составьте программу, выполняющую передачу информации по каналу связи с прямым расширением спектра:

а) при помощи функции `mod_bpsk` сформируйте модулированный сигнал для передачи последовательности Баркера согласно таблице 4 (вторая колонка). Несущая частота – 1 МГц; количество выборок на один период гармонического колебания – 8; количество периодов гармонического колебания на один символ – 10;

б) выполните инверсию последовательность Баркера и повторите пункт а);

в) создайте функцию формирования колебания с двоичной фазовой манипуляцией и расширением спектра кодом Баркера

$$\text{function [out]} = \text{mod_bpsk_barker} (\text{data}, \text{s1}, \text{s2}), \quad (6.3)$$

где: `out` – выходной сигнал модулятора;

`data` – данные для передачи;

`s1` – вектор сигнала передачи единицы (пункт а);

`s2` – вектор сигнала передачи нуля (пункт б);

г) сформируйте вектор данных для передачи по каналу связи при помощи функции `data_gen`, количество символов – не менее 10^6 ;

д) добавьте к передаваемому сигналу шум при помощи функции `add_awgn`, отношение сигнал/шум выберите равным 100 дБ;

е) создайте функцию демодуляции сигнала с двоичной фазовой манипуляцией и расширением спектра кодом Баркера

$$\text{function [out] = dem_bpsk_barker (in, s1, s2), \quad (6.4)}$$

где: `out` – выходной сигнал демодулятора, данные;

`in` – входной сигнал демодулятора;

`s1` – вектор сигнала передачи единицы (пункт а);

`s2` – вектор сигнала передачи нуля (пункт б);

Демодуляция сигнала должна осуществляться с использованием функции `correlator`. Рассчитайте значения корреляционного интеграла для каждого передаваемого символа с векторами сигналов передачи нуля и единицы (пункт а и б). Решение о приеме символа принимается на основе сравнения с нулем выражения (`correlation (signal, s1, 1) – correlation (signal, s2, 1)`).

ж) сравните вектор переданных данных с выходным вектором демодулятора, подсчитайте количество ошибок. Проведите моделирование работы системы связи при различных отношениях сигнал/шум в диапазоне от -40 до +40 дБ (не менее 40 точек). Постройте зависимость количества ошибок при передаче информации от отношения сигнал/шум;

з) выполните моделирование согласно задаче 5 для двоичной фазовой манипуляции. По результатам работы сформируйте отчет, содержащий программы, графики и спектры сигналов. Проанализируйте полученные результаты, сравните характеристики работы системы без расширения спектра и с расширением спектра[1].

7. Практическая работа №7 «Расширение спектра методом быстрой псевдослучайной перестройки частоты»

Напишите программу, реализующую метод расширения спектра путем быстрой псевдослучайной перестройки несущей частоты. В таблице 5 приведены исходные данные по вариантам.

Таблица 5 – Исходные данные для реализации метода расширения спектра путем быстрой псевдослучайной перестройки несущей частоты

Вариант	Несущая частота, МГц			
	1	2	3	4
0	1,0	1,1	1,2	1,3
1	1,0	0,9	1,2	1,1
2	0,8	1,0	1,2	1,4
3	1,0	1,01	1,02	1,03
4	1,0	1,5	1,0	1,5
5	0,6	0,9	1,2	1,5
6	0,8	0,82	1,0	0,98
7	1,0	0,98	0,99	1,01
8	1,2	1,1	1,3	1,0
9	1,4	1,3	1,1	1,2

Ход выполнения работы:

а) создайте функцию генерации несущего колебания с быстрой перестройкой рабочей частоты

$$\text{function [out]} = \text{gen_fhss} (f1, f2, f3, f4, n, p), \quad (7.1)$$

где: out – выходной сигнал генератора;

t – вектор временных отсчетов;

f1, f2, f3, f4 – частоты генератора в порядке их изменения;

n – общее количество отсчетов сигнала на весь период генерации;

p – число периодов гармонического колебания с наименьшей частотой;

б) сгенерируйте при помощи функции gen_fhss сигнал несущего колебания длительностью в один период перестройки рабочей частоты;

в) сформируйте вектор данных для передачи по каналу связи при помощи функции `data_gen`, количество символов – не менее 10^6 ;

г) реализуйте функцию модуляции и демодуляции сигнала аналогично заданию б);

в) выполните моделирование работы системы связи при различных мощностях шума в канале, постройте графики зависимостей количества ошибок от отношения сигнал/шум. По результатам работы сформируйте отчет, содержащий программы, графики и спектры сигналов. Проанализируйте полученные результаты и сравните их с результатами задания б[1].

8. Практическая работа №8 «Частотное разделение сигналов»

Составьте программу в MATLAB, реализующую принцип частотного разделения сигналов нескольких абонентов:

а) при помощи функции `data_gen` сгенерируйте вектор данных для каждого абонента (не менее 10^5);

б) при помощи функций `mod_bpsk`, `mod_qpsk`, `mod_ask` и `mod_fsk` сформируйте для каждого абонента модулированный сигнал (несущая частота – табл. 6; не менее 8 выборок на один период несущего колебания; не менее 8 периодов несущего колебания на один символ). Скорость передачи данных для каждого абонента может быть разной, с учетом выделенной полосы частот. Сложите сигналы от каждого абонента и добавьте шум при помощи функции `add_awgn`;

в) реализуйте функцию корреляционного приема сигналов для каждого абонента (аналогично заданию б). Проведите моделирование работы системы связи при различных отношениях сигнал/шум.

По результатам работы сформируйте отчет, содержащий программы, графики и спектры сигналов. Проанализируйте полученные результаты[1].

Таблица 6 – Исходные данные для реализации системы с частотным разделением сигналов абонентов

Вариант	Индивидуальная частота абонента, МГц			
	1	2	3	4
Модуляция	Двоичная фазовая	Квадратурная фазовая (QPSK)	Двоичная амплитудная	Двоичная частотная
0	0,9	1,1	1,2	1,3
1	0,8	0,9	0,95	1,1
2	1,01	1,015	1,03	1,04
3	0,95	0,97	0,98	1,03
4	0,8	0,82	0,86	0,89
5	0,9	0,95	1,0	1,05
6	1,0	1,2	1,35	1,6
7	0,8	0,85	0,95	1,05
8	0,98	1,0	1,01	1,02
9	0,8	0,9	1,0	1,02

9. Практическая работа №9 «Кодовое разделение сигналов»

Напишите в MATLAB функцию, генерирующую матрицу Адамара n-го порядка и возвращающую заданную строку этой матрицы (функцию Уолша)

$$\text{function [out]} = \text{gen_walsh} (n, i), \quad (9.1)$$

где: out – значения функции Уолша;
 n – порядок матрицы Адамара;
 i – номер возвращаемой строки.

Убедитесь во взаимной ортогональности строк матрицы Адамара 64-го порядка при помощи функции correlation. В таблице 7 приведены исходные данные для реализации системы с кодовым разделением сигналов.

На основе исходных данных (таблица 7) реализуйте систему передачи информации для нескольких абонентов с кодовым разделением сигналов:

а) сформируйте сигналы для каждого абонента при помощи функций gen_walsh и mod_bpsk (несущая частота – 1 МГц; 10 выборок на один период несущего колебания; 10 периодов несущего колебания на один символ);

Таблица 7 – Исходные данные для реализации системы с кодовым разделением сигналов абонентов

Вариант	Индивидуальный код абонента (номер строки матрицы Адамара 64-го порядка)			
	1	2	3	4
0	1	21	41	51
1	2	22	42	52
2	3	23	43	53
3	4	24	44	54
4	5	25	45	55
5	6	26	46	56
6	7	27	47	57
7	8	28	48	58
8	9	29	49	59
9	10	30	50	60

б) сгенерируйте массив случайных данных для каждого абонента при помощи функции `data_gen` (не менее 10^4 символов) и сформируйте сигнал передатчика для каждого абонента (аналогично заданию б). Сложите сигналы от каждого абонента и добавьте шум при помощи функции `add_awgn`;

в) реализуйте функцию корреляционного приема сигналов для каждого абонента. Проведите моделирование работы системы связи при различных отношениях сигнал/шум. По результатам работы сформируйте отчет, содержащий программы, графики и спектры сигналов. Проанализируйте полученные результаты[1].

10. Список использованных источников

- 1) Системы связи. Подвижные системы связи. Задачи: учебно-методическое пособие [Электронный ресурс] / сост. Н. М. Боев. – Электрон. дан. – Красноярск: Сиб. федер. ун-т, 2013.
- 2) Сергиенко, А. Б. Цифровая обработка сигналов. – СПб.: БХВ- Петербург, 2011. – 768 с.