Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Сибирский государственный университет геосистем и технологий»
(СГУГиТ)

Е. А. Усанькова, А. С. Попова

# ТЕОРИЯ ИНФОРМАЦИИ, ДАННЫЕ, ЗНАНИЯ

Утверждено редакционно-издательским советом университета в качестве
практикума для обучающихся по направлению подготовки
09.03.02 Информационные системы и технологии (уровень бакалавриата)

Новосибирск
СГУГиТ
2025

УДК 004.6
У74

Рецензент: кандидат технических наук, доцент НГТУ *В. С. Карманов*
кандидат технических наук, доцент, СГУГиТ *Т. Ю. Бугакова*

**Усанькова, Е. А.**
У 74 Теория информации, данные, знания : практикум / Е. А. Усанькова, А. С. Попова. – Новосибирск : СГУГиТ, 2025. – 37 с. – Текст : непосредственный.
ISBN 978-5-907998-18-6

Практикум подготовлен кандидатом технических наук, доцентом Е. А. Усаньковой и ассистентом А. С. Поповой на кафедре специальных устройств, инноватики и метрологии СГУГиТ.

В практикуме приведены методические рекомендации по проведению лабораторных работ по дисциплине «Теория информации, данные, знания».

Практикум предназначен для обучающихся по направлению подготовки 09.03.02 Информационные системы и технологии (уровень бакалавриата).

Рекомендовано к изданию кафедрой специальных устройств, инноватики и метрологии, Ученым советом Института оптики и технологий информационной безопасности СГУГиТ.

Печатается по решению редакционно-издательского совета СГУГиТ

УДК 004.6

ISBN 978-5-907998-18-6 

## СОДЕРЖАНИЕ

Введение ........................................................................................................ 4
Лабораторная работа № 1. Представление периодических импульсных сигналов рядом Фурье ........................................................................ 5
Лабораторная работа № 2. Спектральная функция плотности $S(\omega)$ прямоугольного непериодического импульса ........................................ 9
Лабораторная работа № 3. Вычисление автокорреляционной функции прямоугольного радиоимпульса .................................................... 11
Лабораторная работа № 4. Корреляционная функция цифровых сигналов ........................................................................................................ 17
Лабораторная работа № 5. Определение плотности вероятности $p(x)$ случайного процесса $x(t)$ ........................................................................ 19
Лабораторная работа № 6. Определение корреляционной функции случайного процесса .............................................................................. 23
Лабораторная работа № 7. Представление случайного сигнала рядом Котельникова .............................................................................................. 25
Лабораторная работа № 8. Информация в дискретных сообщениях ......... 27
Заключение ................................................................................................... 33
Вопросы к экзамену по дисциплине «Теория информации, данные, знания» для обучающихся по направлению подготовки 09.03.02 Информационные системы и технологии (уровень бакалавриата) ............ 34
Библиографический список.......................................................................... 36

# ВВЕДЕНИЕ

В условиях стремительного развития информационных технологий и увеличения объемов данных, с которыми сталкиваются специалисты в различных областях, становится особенно актуальным изучение теории информации, данных, знаний и методов работы с ними. Информация сегодня является одним из ключевых ресурсов, определяющих успех организаций и эффективность принятия решений. Понимание основ теории информации, а также умение обрабатывать и интерпретировать данные становятся необходимыми навыками для профессионалов в самых разных сферах – от бизнеса до науки и образования.

Лабораторный практикум по дисциплине «Теория информации, данные, знания» направлен на углубленное изучение ключевых понятий и методов, связанных с информацией и данными. В ходе выполнения лабораторных работ, представленных в практикуме, обучающиеся получат возможность применить полученные знания на практике. Это позволит им развить навыки работы с реальными данными и научиться извлекать из них полезную информацию.

Основной целью лабораторного практикума является формирование у обучающихся целостного представления о взаимосвязи между данными, информацией и знаниями. Участники изучат основные концепции теории информации, такие как энтропия, кодирование и передача данных. Они также познакомятся с методами сбора, обработки и анализа данных, что позволит им лучше понять процесс преобразования необработанных данных в структурированную информацию.

Практические задания позволят участникам применять теоретические знания на практике: анализировать наборы данных, визуализировать результаты и делать выводы на основе полученной информации.

В результате прохождения лабораторного практикума обучающиеся смогут не только углубить свои знания в области теории информации и обработки данных, но и развить критическое мышление и аналитические способности. Эти навыки будут полезны им не только в учебе, но и в будущей профессиональной деятельности.

## Лабораторная работа № 1
## ПРЕДСТАВЛЕНИЕ ПЕРИОДИЧЕСКИХ ИМПУЛЬСНЫХ СИГНАЛОВ РЯДОМ ФУРЬЕ

### Задачи

1. Выполните анализ периодической последовательности прямоугольных импульсов.

1.1. По номеру варианта *n*, полученному у преподавателя, определите из табл. 1.1 значение скважности q и круговой частоты $\omega_1$.

*Таблица 1.1*

Исходные данные для выполнения работы

| Номер вар. | *Q* | $\omega_1$, рад/с | Номер вар. | *Q* | $\omega_1$, рад/с |
|---|---|---|---|---|---|
| 1 | 3,24 | 47,25 | 26 | 8,50 | 69,22 |
| 2 | 6,52 | 97,50 | 27 | 6,72 | 78,59 |
| 3 | 5,93 | 14,45 | 28 | 2,30 | 19,44 |
| 4 | 7,44 | 15,12 | 29 | 3,59 | 37,96 |
| 5 | 1,87 | 70,93 | 30 | 4,48 | 78,27 |
| 6 | 5,46 | 91,65 | 31 | 2,99 | 42,48 |
| 7 | 6,40 | 86,40 | 32 | 6,18 | 75,45 |
| 8 | 1,27 | 48,98 | 33 | 1,81 | 57,64 |
| 9 | 2,97 | 40,13 | 34 | 3,22 | 15,46 |
| 10 | 2,57 | 85,95 | 35 | 3,66 | 55,25 |
| 11 | 2,13 | 57,30 | 36 | 3,27 | 27,58 |
| 12 | 7,99 | 66,90 | 37 | 4,64 | 36,8 |
| 13 | 4,61 | 31,55 | 38 | 3,71 | 43,73 |

*Окончание табл. 1.1*

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 14 | 1,95 | 25,24 | 39 | 4,33 | 70,44 |
| 15 | 2,66 | 6,61 | 40 | 3,38 | 52,07 |
| 16 | 1,10 | 18,37 | 41 | 6,92 | 26,17 |
| 17 | 4,06 | 70,24 | 42 | 4,95 | 55,52 |
| 18 | 2,40 | 35,10 | 43 | 6,51 | 82,64 |
| 19 | 9,42 | 33,96 | 44 | 3,32 | 68,07 |
| 20 | 6,13 | 43,25 | 45 | 7,75 | 32,49 |
| 21 | 7,36 | 52,37 | 46 | 5,71 | 26,68 |
| 22 | 2,33 | 24,84 | 47 | 2,42 | 96,02 |
| 23 | 2,18 | 25,34 | 48 | 16,99 | 88,59 |
| 24 | 5,80 | 12,99 | 49 | 6,23 | 50,21 |
| 25 | 1,68 | 41,16 | 50 | 3,74 | 20,70 |

1.2. Определите 11 первых значений коэффициентов $u_n$ $(n = 0, 1, 2, \dots, 10)$, считая $E = 1$ В, по нижеследующим формулам, и внесите их в соответствующую строку $u_n$ табл. 1.2.

$$u_0 = \frac{E}{q}; \tag{1.1}$$

$$u_n = \frac{2E}{n\pi} \sin\frac{n\pi}{q}, \tag{1.2}$$

где $n = 1, 2, \dots$

*Таблица 1.2*

Вычисленные значения $\omega$, $u_n$ и $\varphi_n$

| $\omega$ | 0 | $\omega_1$ | $2\omega_1$ | … | $10\omega_1$ |
|---|---|---|---|---|---|
| $u_n$ | $u_0$ | $u_1$ | $u_2$ | … | $u_{10}$ |
| $\varphi_n$ | $\varphi_0$ | $\varphi_1$ | $\varphi_2$ | … | $\varphi_{10}$ |

1.3. Построить график амплитудо-частотной характеристики (АЧХ) в виде гистограммы по значениям $\omega$ и $u_n$ согласно рис. 1.1.

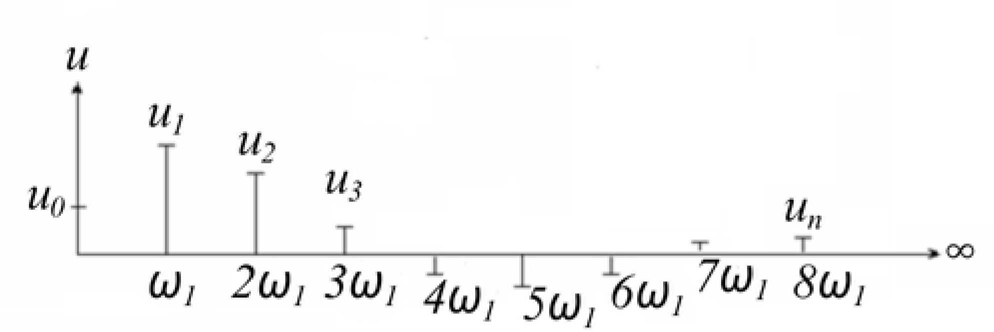



Рис. 1.1. АЧХ

1.4. Постройте фазо-частотную характеристику (ФЧХ) периодической последовательности импульсов, как представлено на рис. 1.2, в которой изменение знака $u_n$ эквивалентно сдвигу фазы на $\pi$.

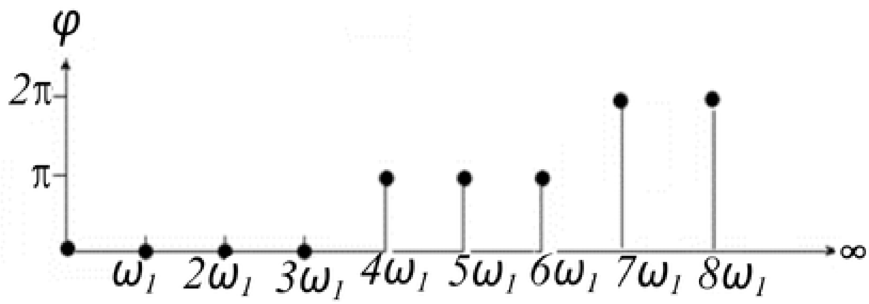



Рис. 1.2. ФЧХ

2. Задача синтеза. Представьте сумму первых 10 гармоник, подставив в виде уравнения

$$u_{10}(t) = u_0 + u_1 \cos(\omega_1 t + \varphi_1) + u_2 \cos(2\omega_1 t + \varphi_2) + \\ + u_3 \cos(3\omega_1 t + \varphi_3) + \cdots + u_{10} \cos(10\omega_1 t + \varphi_{10}) \tag{1.3}$$

по вычисленным в таблице значениям $u_n$ для $\mathrm{u}_0, \mathrm{u}_1, \mathrm{u}_2, \ldots, \mathrm{u}_{10}$, и постройте временную зависимость на периоде T. Данные нужно занести в табл. 1.3, отобразить в виде рис. 1.3 во временном диапазоне одного периода $T = \frac{2\cdot\pi}{\omega_1}$, $\tau = \frac{T}{q}$, используя текущее время $t = n\Delta t - \frac{\tau}{2}$, с шагом $\Delta t = \frac{T}{10}$, где $n = 0, 1, 2, \dots, 10$.

*Таблица 1.3*

Вычисленные значения $U_n(t)$

| $U_0(t)$ | $U_1(t)$ | $U_2(t)$ | $U_3(t)$ | $U_4(t)$ | $U_5(t)$ | $U_6(t)$ | $U_7(t)$ | $U_8(t)$ | $U_9(t)$ | $U_{10}(t)$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | | | | |

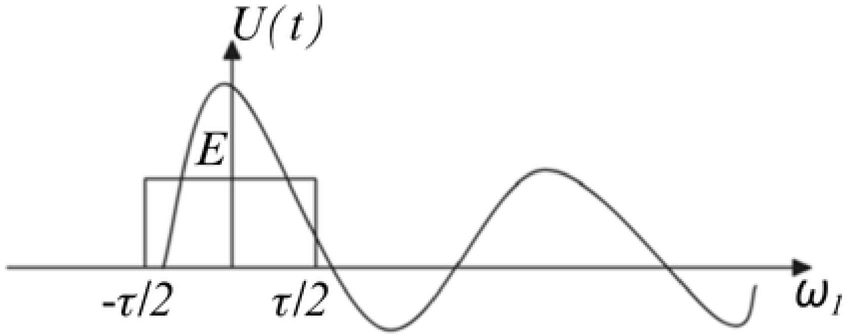



Рис. 1.3. Временной интервал для синтеза сигнала

Вывод: в ходе работы было показано, что использование усеченного ряда Фурье позволяет получить приближенное представление сигнала, при котором обеспечивается минимум среднего квадрата ошибки.

Это подтверждается результатами работы, где было продемонстрировано, как меняется приближение периодической последовательности прямоугольных импульсов и пилообразного сигнала при использовании различного количества членов ряда Фурье.

Таким образом, результаты работы подтверждают возможность применения ряда Фурье для анализа периодических сигналов и эффективности усеченного ряда в качестве инструмента для приближения исходных данных.

# Лабораторная работа № 2

## СПЕКТРАЛЬНАЯ ФУНКЦИЯ ПЛОТНОСТИ $S(\omega)$ ПРЯМОУГОЛЬНОГО НЕПЕРИОДИЧЕСКОГО ИМПУЛЬСА

### Задачи

1. По данным вашего варианта для работы № 1, используя длительность импульса τ, постройте графики АЧХ $S(\omega)$, модуля спектральной функции плотности $S(\omega)$ и ФЧХ прямоугольного непериодического импульса, представленного на рис. 2.1, как функцию частоты ω по формуле

$$S(\omega) = E \cdot \tau \frac{\sin\left(\omega \, {}^{\tau}\!/_{2}\right)}{\omega \, {}^{\tau}\!/_{2}}. \tag{2.1}$$

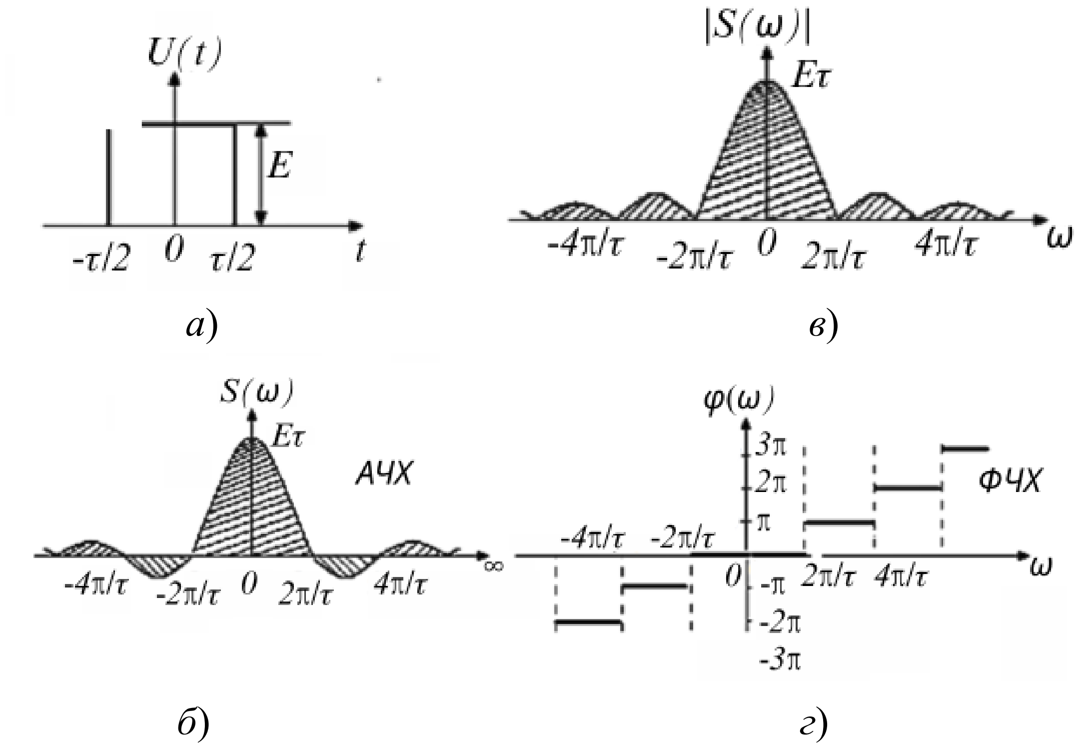



Рис. 2.1. Спектральные представления импульсов:

*а*) временная зависимость одиночного импульса; *б*) $S(\omega)$ АЧХ;

*в*) $S(\omega)$ модуль спектральной плотности; *г*) $\varphi(\omega)$ – ФЧХ

2. Определите значения первых трех частот, для которых $S(\omega) = 0$.

Ответьте письменно на следующие вопросы:

а) для каких целей применяют спектральное представление сигналов?

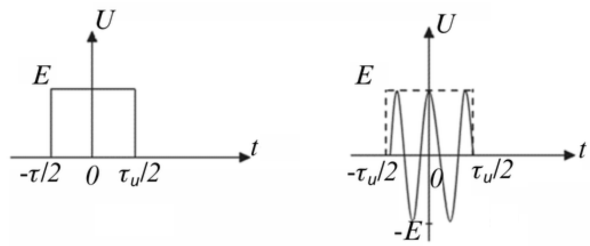
б) каким образом связаны между собой $u(t)$ и $S(\omega)$ в прямом и обратном преобразованиях Фурье?

в) в каких единицах измеряется $S(\omega)$?

Вывод: периодические и непериодические исходящие сигналы имели одни и те же параметры $E$ и $\tau$. Сравнивая графики спектральной плотности амплитуд $Un(\omega)$ видим, что их формы похожи: на одних и тех же интервалах имеется один и тот же знак, и в тех же точках они проходят через 0. Таким образом, можно убедиться, что прямое преобразование Фурье можно использовать.

## Лабораторная работа № 3
## ВЫЧИСЛЕНИЕ АВТОКОРРЕЛЯЦИОННОЙ ФУНКЦИИ ПРЯМОУГОЛЬНОГО РАДИОИМПУЛЬСА

В информационных системах импульсы, представленные на рис. 3.1, принято называть видеоимпульсом и радиоимпульсом соответственно [1].




*а*) *б*)

Рис. 3.1. Информационные импульсы:
*а*) видеоимпульс; *б*) радиоимпульс

Пример 1. Вычислим автокорреляционную функцию (АКФ) сигнала, показанного на рис. 3.2, *а*.

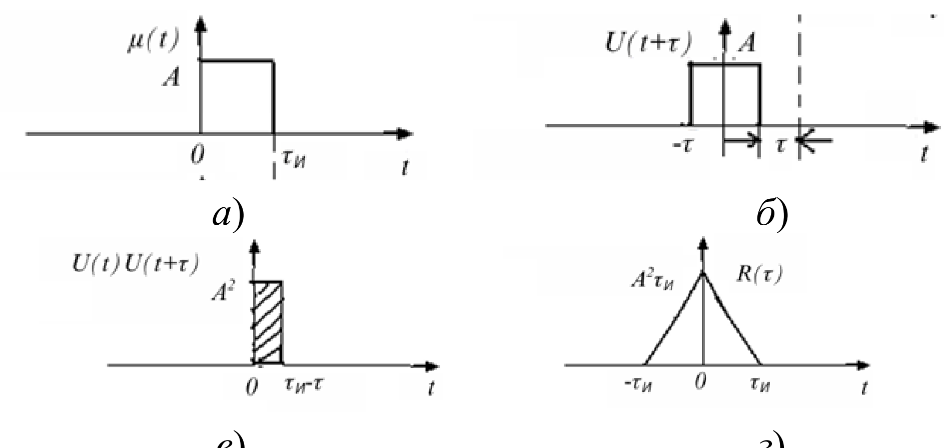



Рис. 3.2. Графики автокорреляционной функции: *а*) прямоугольный импульс; *б*) задержанный по времени прямоугольный импульс; *в*) произведение импульсов; *г*) автокорреляционная функция [2]

*Решение*. Автокорреляционная функция

$$B(\tau) = \int\limits_{-\infty}^{\infty} u(t)u(t+\tau)dt \tag{3.1}$$

определяется интегралом от произведения функции $x(t)$ на ее сдвинутую на время $t = -\tau$ копию. Время сдвига находим из уравнения $t + \tau = 0$. График функции $x(\mathrm{t} + \tau)$ приведен на рис. 3.2, *б*. Площадь, определяемая графиком произведения функций $x(t)\cdot x(t+\tau)$ (рис. 3.2, *в*), равна

$$A^2(\tau_и - \tau) = B(\tau) = \int_{-\infty}^{\infty} \mathrm{x(t)x(t+\tau)dt}. \tag{3.2}$$

Отсюда

$$Д(\tau) = A^2\tau_и\left(1 - \frac{\tau}{\tau_и}\right). \tag{3.3}$$

Функция $B(\tau)$ определяется уравнением прямой (рис. 3.1, *г*). Функция максимальна при $\tau = 0$ и равна нулю при $\tau = \tau_и$. При значениях $\tau > 0$ $R\{\mathrm{x}) \ll -R(0)$. Таким образом, убеждаемся в справедливости 2-го свойства [2]. Чтобы убедиться в справедливости 3-го свойства, аналогично вычислим функцию для отрицательных значений $\tau$:

$$B(-\tau) = \int x(t)x(t-\tau)dt = A^2\tau_и\left(1 - \frac{\tau}{\tau_и}\right). \tag{3.4}$$

Окончательное выражение для автокорреляционной функции:

$$B(\tau) = A^2\tau_и\left(1 - \frac{|\tau|}{\tau_и}\right). \tag{3.5}$$

***Цель работы:*** используя аналогичный подход, определить АКФ радиоимпульса (см. рис. 3.1, *б*) вида

$$u(t) = \begin{cases} 0, & t < -\frac{\tau_и}{2}, \\ E\cos\omega_0 t, & -\frac{\tau_и}{2} \le t \le \frac{\tau_и}{2}, \\ 0, & t > \frac{\tau_и}{2}. \end{cases} \tag{3.6}$$

Зная заранее, что АКФ четна, вычислим интеграл

$$\hat{A}(\tau) = \int_{-\infty}^{\infty} u(t)u(t-\tau)d\tau = E^2 \int_{\frac{-\tau_è}{2}}^{\frac{\tau_è}{2}} \cos(\omega_0 t)\cos\omega_0(t-\tau)d\tau =$$

$$= \frac{E^2}{2}\cos\omega_0\tau\cdot(\tau_è - \tau) + \frac{E^2}{2}\int_{\frac{-\tau_è}{2}}^{\frac{\tau_è}{2}} \cos 2\omega_0\left(t-\frac{\tau}{2}\right)dt, \tag{3.7}$$

откуда получим

$$B(\tau) = \frac{E^2}{2}(\tau_и - |\tau|)\cdot\left[\cos\omega_0\tau + \frac{\sin 2\omega_0(\tau_и - |\tau|)}{2\omega_0(\tau_и - |\tau|)}\right]. \tag{3.8}$$

**Задание**

1. Постройте график АКФ по данным вашего варианта, приведенным в табл. 3.1.

*Таблица 3.1*

Исходные данные для выполнения работы

| Номер варианта | $E$, В | $\tau_и$, МС | $f$, Гц |
|---|---|---|---|
| 1 | 5,6 | 2,8 | 536 |
| 2 | 1 | 0,5 | 3 000 |
| 3 | 8,8 | 5,7 | 263 |

*Продолжение табл. 3.1*

| | | | |
|---|---|---|---|
| 4 | 4,9 | 8 | 188 |
| 5 | 8,9 | 9,8 | 153 |
| 6 | 9,8 | 9,5 | 158 |
| 7 | 5,4 | 3,4 | 441 |
| 8 | 5,5 | 9 | 167 |
| 9 | 0,9 | 1,1 | 1 364 |
| 10 | 6,61 | 1,2 | 1 250 |
| 11 | 2,3 | 5,1 | 294 |
| 12 | 8 | 9 | 167 |
| 13 | 0,2 | 3,9 | 385 |
| 14 | 1 | 3,1 | 484 |
| 15 | 6,3 | 7,1 | 211 |
| 16 | 2 | 7,3 | 311 |
| 17 | 7,4 | 9 | 345 |
| 18 | 6,3 | 10,7 | 546 |
| 19 | 6,6 | 1,7 | 1 240 |
| 20 | 4 | 8 | 564 |
| 21 | 8,3 | 9,4 | 254 |
| 22 | 5,6 | 6,8 | 678 |
| 23 | 3,7 | 7,8 | 765 |
| 24 | 4,6 | 5,7 | 675 |
| 25 | 1 | 4,5 | 452 |
| 26 | 5,3 | 7,2 | 1 000 |
| 27 | 3,3 | 4,9 | 789 |
| 28 | 9,2 | 9,9 | 987 |
| 29 | 5,1 | 4,8 | 477 |
| 30 | 4,3 | 6,4 | 733 |
| 31 | 3,1 | 8,6 | 648 |

*Окончание табл. 3.1*

| | | | |
|---|---|---|---|
| 32 | 1,7 | 4,1 | 400 |
| 33 | 5,2 | 7,3 | 659 |
| 34 | 1,1 | 4,3 | 1 350 |
| 35 | 4,2 | 9,9 | 407 |
| 36 | 2,1 | 4,6 | 870 |
| 37 | 1,6 | 5,2 | 637 |
| 38 | 2,2 | 6,8 | 600 |
| 39 | 4,7 | 8,4 | 689 |
| 40 | 3,1 | 5,8 | 890 |
| 41 | 4,6 | 5,7 | 759 |
| 42 | 6,61 | 2 | 1 250 |
| 43 | 8,8 | 5,7 | 623 |
| 44 | 7,0 | 9 | 543 |
| 45 | 8,9 | 9,5 | 851 |
| 46 | 9,2 | 9,9 | 897 |
| 47 | 5,1 | 4,6 | 475 |
| 48 | 3,2 | 5,1 | 294 |
| 49 | 8,8 | 5,7 | 362 |
| 50 | 1,2 | 3,9 | 385 |

2. Дайте письменно краткие ответы на контрольные вопросы.

Что такое автокорреляционная функция детерминированного сигнала?

Какими свойствами обладает АКФ сигнала? Какой вид имеет АКФ прямоугольного импульса?

Что характеризует энергетический спектр импульсного сигнала?

Как связаны АКФ и энергетический спектр сигнала?

Для каких целей применяют АКФ двух детерминированных сигналов [1]?

Вывод: вычисление автокорреляционной функции прямоугольного радиоимпульса является важной задачей в теории сигналов и обработке радиосигналов. Полученные формулы позволяют анализировать временные характеристики сигнала, такие как длительность импульса, период повторения и фазовые соотношения.

Основные выводы по лабораторной работе включают следующие аспекты.

1. Определение АКФ: автокорреляционная функция описывает степень корреляции между сигналом и его смещенной во времени копией. Для прямоугольного радиоимпульса эта функция позволяет определить временные задержки и интенсивность отраженных сигналов.

2. Свойства АКФ:

- АКФ симметрична относительно начала координат;
- максимальное значение АКФ достигается при нулевом временном сдвиге;
- значение АКФ уменьшается по мере увеличения временного сдвига.

3. Применение АКФ:

- определение временных характеристик сигнала;
- анализ шумовых помех и спектральных свойств сигнала;
- обнаружение скрытых периодичностей и регулярных структур в сигнале.

Таким образом, вычисленная автокорреляционная функция прямоугольного радиоимпульса представляет собой мощный инструмент анализа временных характеристик сигналов, используемый в различных областях науки и техники, включая телекоммуникации, радарные системы и акустику.

## Лабораторная работа № 4
## КОРРЕЛЯЦИОННАЯ ФУНКЦИЯ ЦИФРОВЫХ СИГНАЛОВ

**Задача:** изучить корреляционную функцию цифровых сигналов, играющую ключевую роль в анализе характеристик и распознании закономерностей сигналов. Особое внимание уделить изучению свойств автокорреляционной функции, которая является важным инструментом оценки внутренней структуры сигнала и степени повторяемости его значений во времени.

Вычислить и изобразить графически корреляционную функцию кодовой последовательности прямоугольных импульсов вида, используя формулу [2] и исходные данные из табл. 4.1.

$$B(\mathrm{n}) = \sum_{\mathrm{k}=-\infty}^{\infty} \mathrm{s_k} \cdot \mathrm{s_{k-n}}. \tag{4.1}$$

*Таблица 4.1*

Исходные данные для выполнения работы

| | | | |
|---|---|---|---|
| 1 | (1,1,1,1,1,–1,–1,1,1–1) | 16 | (1,1,1,–1,1,1,1,1,–1) |
| 2 | (–1,1,1,1,1,–1,–1,1,–1,1,–1,1) | 17 | (1,1,–1,1, 1,1,1,1,–1) |
| 3 | (1,–1,1,1,1,–1,–1,1,–1,1) | 18 | (1,–1,1,1,1,1,1,1,–1) |
| 4 | (1,1,–1,1,1,–1,1,–1) | 19 | (1,1,1,–1,–1,–1,1,–1,–1,1,–1) |
| 5 | (1,1,1,1,–1,1,1,–1) | 20 | (–1,–1,1,1, 1,1,–1) |
| 6 | (–1,–1,–1,1,1,–1,1,1, | 21 | (1, 1,–1,–1, 1,+1) |
| 7 | (–1,–1,1,1,1,–1,1,1,–1) | 22 | (1,1,1,1,–1,–1) |
| 8 | (1,–1,–1,–1,1,1,1,1,–1) | 23 | (1,1,–1,1,–1,1) |
| 9 | (1,–1,–1,1,1,1,1,1,–1) | 24 | (1,1,1,1,1,–1,–1,1,1,1,1,–1) |
| 10 | (1,1,–1,–1,1,–1,1,1,1,–1) | 25 | (1,1,–1,–1,–1,–1,1) |
| 11 | (1,1,1,–1,–1,+1,1,1,–1) | 26 | (1,1,1,1,–1,1,1) |
| 12 | (–1,–1,1,–1,1,1,1,1,–1) | 27 | (–1,–1,1,1,–1,1,1) |
| 13 | (1,–1,–1,–1,1,1,1,1,–1) | 28 | (1,–1,1,–1,+1,–1,1) |
| 14 | (1,1,–1,–1,–1,–1) | 29 | (–1,–1,–1,1,1,1,1) |
| 15 | (–1,1,–1,1,1,–1) | 30 | (–1,–1,1,–1,–1, –1,1) |
| 31 | (1,1,1,1,–1,1,1–1,1) | 32 | (–1,–1,1,1,1,–1,1,1) |
| 33 | (1,–1,1,1,–1,–1,1,1,) | 34 | (–1,–1,–1,1,1,1,1,1) |
| 35 | (–1,–1,1,–1,–1,–1,1) | 36 | (1,1,1,–1,–1,–1,1,1,1–1) |

*Окончание табл. 4.1*

| | | | |
|---|---|---|---|
| 37 | (–1,1,–1,1,1–1,–1,–1) | 38 | (–1,1–1,–1,1,1,–1,–1,–1) |
| 39 | (1,1,1,–1–1,1,1,1,–1) | 40 | (1,1,1–1,1,–1,–1,1) |
| 41 | (1,–1,1,1,1,–1,–1,1,–1,1) | 42 | (1,1,1,1,1,–1,–1,1,1,1,1,–1) |
| 43 | (1,1,–1,1,1,–1,1,–1) | 44 | (1,1,–1,–1,–1,–1,1) |
| 45 | (1,1,1,–1,–1,1,1,–1) | 46 | (1,1,–1,1,–1,1,–1) |
| 47 | (–1,–1,–1,1,1,–1,1,1) | 48 | (–1,–1,1,1,–1,1, –1) |
| 49 | (–1,–1,1,1,1,–1,1,1,–1) | 50 | (1,1,1,–1,–1,–1,1) |

Основные положения и выводы работы состоят в следующем.

1. Показано, что АКФ имеет ряд значимых свойств: нормированность, четность и максимум в нуле, что подтверждает ее способность адекватно отражать внутреннюю структуру цифрового сигнала.

2. Проанализированы подходы к эффективному расчету АКФ, подчеркнуты преимущества быстрых алгоритмов корреляции и спектрального подхода с использованием преобразований Фурье.

3. Продемонстрировано практическое использование АКФ для обнаружения скрытых закономерностей, определения уровня шума и анализа детерминированности сигналов.

Таким образом, работа доказала значимость корреляционного анализа в обработке цифровых сигналов и предоставила полезные рекомендации по использованию автокорреляционной функции для повышения эффективности обработки и интерпретации сигналов.

## Лабораторная работа № 5
## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПЛОТНОСТИ ВЕРОЯТНОСТИ *p*(*x*) СЛУЧАЙНОГО ПРОЦЕССА *x*(*t*)

**Задача:** определить плотность вероятности p($x$) случайного процесса $x(t)$. Показать, как плотность вероятности позволяет описать вероятностные свойства случайного процесса, определяя вероятность нахождения случайной величины в конкретном диапазоне значений.

### *Общие теоретические сведения*

Плотность вероятности является одной из важнейших характеристик случайного процесса (рис. 5.1), с использованием которой можно определить основные статистические параметры:

– математическое ожидание $m_x = \int_{-\infty}^{\infty} xp(x)dx;$

– дисперсию $D_x = \sigma_x^2 = \int_{-\infty}^{\infty} (\mathrm{x} - \mathrm{m_x})^2 p(x)dx$

и др.

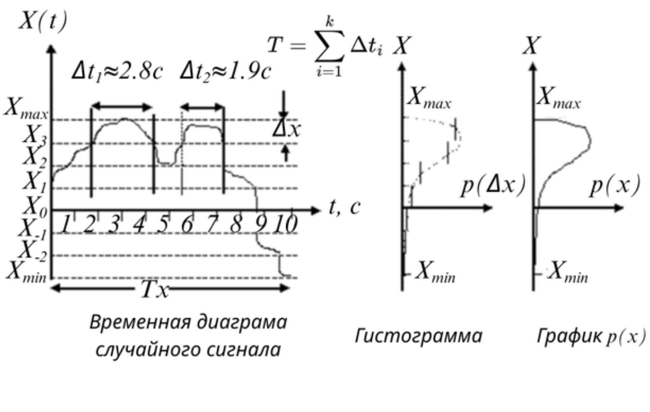



Рис. 5.1. Представление плотности вероятности $p(x)$ случайного процесса $x(t)$

Здесь $T$ – длительность реализации:

$$\Delta x = \frac{x_{max} - x_{min}}{7}; \tag{5.1}$$

$$p(x) = \lim_{\Delta x \to 0} \frac{P[x < x(t) \le x + \Delta x]}{\Delta x} = \lim_{\Delta x \to 0} \frac{1}{\Delta x}\left[\lim_{T_x \to \infty} \frac{T}{T_x}\right] \tag{5.2}$$

или

$$p(x) \approx \frac{T}{T_x \cdot \Delta x}. \tag{5.3}$$

## *Порядок выполнения работы*

По данным номера вашего варианта, представленного в табл. 5.1, постройте график.

*Таблица 5.1*

Исходные данные для выполнения работы

| Номер вар. | $x(t)$ | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $t$, с | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 1. | 2,2 | –4,8 | 4,6 | –1,0 | 1,7 | 0,1 | 1,7 | 2,7 | –3,3 | –4,0 | –0,3 |
| 2. | –3,7 | –4,1 | –4,8 | –1,7 | 1,6 | –0,3 | 4,9 | 4,8 | –0,9 | –2,6 | 3,9 |
| 3. | 4,2 | 3,9 | 2,2 | –2,2 | –1,0 | –1,7 | 4,1 | –1,1 | –4,0 | –1,7 | –1,0 |
| 4. | 4,6 | 1,4 | –3,7 | –3,1 | –3,3 | –4,9 | –0,4 | 1,1 | –2,5 | 2,6 | 2,7 |
| 5. | 3,2 | 0,2 | –4,1 | 1,2 | –0,6 | –0,3 | –4,4 | 3,8 | 3,5 | 4,2 | 4,8 |
| 6. | –3,0 | –3,2 | 1,4 | 3,1 | –0,3 | –1,5 | –0,2 | 3,7 | 4,9 | 3,7 | –1,7 |
| 7. | 3,6 | 2,7 | 2,3 | –4,6 | 0,0 | 2,8 | –4,0 | 3,8 | –0,6 | 2,9 | 1,9 |
| 8. | 0,3 | –0,2 | 2,3 | –4,0 | –3,0 | 1,9 | –1,5 | –2,7 | –0,8 | 2,5 | 4,2 |
| 9. | 1,3 | 3,4 | –3,9 | –3,8 | 3,9 | –3,5 | –1,4 | 1,6 | –4,0 | 1,1 | 1,2 |
| 10. | 3,0 | –2,0 | 2,8 | 4,5 | 2,3 | 0,0 | 3,8 | –2,6 | 0,5 | 1,0 | 0,1 |
| 11. | –0,5 | 0,4 | 1,7 | 4,8 | –1,3 | 0,8 | 3,3 | –0,7 | 1,0 | 2,6 | 0,8 |
| 12. | –0,1 | –2,7 | 0,8 | –2,5 | 1,1 | –4,5 | 3,7 | 0,2 | –2,6 | –1,7 | 1,8 |
| 13. | 2,5 | –5,0 | 4,2 | 1,8 | 2,1 | –1,2 | –2,3 | 5,0 | –0,7 | –1,2 | 0,8 |
| 14. | 2,4 | –1,9 | 3,7 | –4,7 | 0,4 | –1,1 | –1,8 | 0,7 | 3,7 | –0,2 | –4,0 |
| 15. | 4,9 | 3,4 | 4,2 | 1,6 | 0,4 | –1,0 | 0,1 | 2,5 | –2,5 | 2,1 | –4,6 |
| 16. | 0,7 | –4,6 | –3,1 | 3,3 | –0,3 | –0,6 | 2,6 | –1,5 | –2,5 | –2,9 | 2,9 |

*Окончание табл. 5.1*

| | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 17. | 1,4 | –1,2 | 2,9 | 2,8 | 3,3 | 0,2 | 3,5 | 2,8 | –2,8 | 1,8 | 1,0 |
| 18. | –3,4 | 3,9 | 0,6 | 4,9 | 3,4 | 0,3 | 1,5 | 1,5 | 2,5 | 2,0 | –4,7 |
| 19. | –0,4 | 4,7 | –1,8 | –0,9 | –0,9 | –3,3 | –1,3 | –2,3 | 2,6 | 4,9 | 1,1 |
| 20. | 4,0 | –2,5 | –0,5 | –4,2 | –2,2 | –2,1 | 2,6 | –2,0 | –0,7 | –2,2 | 2,3 |
| 21. | 4,6 | 4,0 | 0,7 | 1,8 | 1,6 | –4,0 | –2,3 | –1,1 | –3,8 | –3,3 | –3,5 |
| 22. | 2,7 | 3,3 | 1,6 | 1,4 | –3,1 | 0,4 | –1,7 | 2,8 | 0,6 | 2,2 | 3,3 |
| 23. | 3,0 | –2,8 | 1,7 | –3,0 | 3,0 | 3,3 | –4,2 | –2,7 | 2,3 | –4,1 | –3,7 |
| 24. | –1,3 | 4,5 | –4,4 | –1,7 | 3,7 | –1,9 | –1,6 | –1,4 | 0,3 | 3,1 | –3,6 |
| 25. | 1,0 | –0,9 | 3,0 | 2,2 | –2,1 | 4,9 | 4,3 | 4,4 | 3,9 | 4,2 | –0,1 |
| 26. | –2,5 | 1,1 | –2,5 | –2,5 | 1,8 | –3,9 | –0,9 | 3,1 | 0,9 | –3,6 | –3,0 |
| 27. | 3,0 | –3,9 | –2,7 | –3,0 | 4,7 | 4,8 | –4,5 | –4,0 | 1,4 | –4,4 | 2,5 |
| 28. | –1,6 | 4,9 | 4,5 | 4,1 | 0,5 | 0,1 | 3,0 | –1,1 | 2,2 | –3,2 | 1,8 |
| 29. | 3,9 | 4,2 | –4,0 | 4,2 | –3,5 | –0,9 | 0,3 | 4,2 | –1,5 | 2,3 | 2,4 |
| 30. | –3,7 | –3,9 | –3,4 | –3,6 | –1,2 | 2,4 | –3,6 | 1,5 | 0,2 | 0,8 | 3,0 |
| 31. | 4,1 | 3,8 | 2,2 | –2,1 | –1,5 | –1,7 | –1 | 0,5 | 1,2 | –4,0 | –1,0 |
| 32. | –3,4 | 1,4 | 3,3 | –0,3 | –1,3 | –0,2 | 3,7 | 4,9 | 3,7 | 1,3 | –0,7 |
| 33. | 2,7 | 2,3 | –4,6 | –2,0 | 0,0 | 2,8 | 4,2 | –0,6 | 3,0 | 1,9 | 0,5 |
| 34. | 0,3 | –0,2 | 0,0 | 2,3 | –4,0 | –3,0 | 1,9 | –1,5 | –2,7 | –0,8 | 2,5 |
| 35. | –0,1 | –2,7 | 0,8 | –2,3 | 1,5 | –4,7 | 3,6 | 0,4 | –3,1 | –1,9 | 1,8 |
| 36. | 2,2 | –1,8 | 3,7 | –4,8 | 0,3 | –1,5 | –1,9 | 0,5 | 3,7 | –0,4 | –4,0 |
| 37. | 3,0 | –2,0 | 2,8 | 4,5 | 2,4 | 0,0 | 3,8 | –2,7 | 0,6 | 1,0 | 0,3 |
| 38. | 2,0 | 1,6 | 1,1 | 0,0 | –0,4 | –1,3 | –3,1 | 0,0 | 1,6 | 1,8 | 3,1 |
| 39. | 1,5 | –0,7 | –2,1 | –4,1 | 1,6 | 3,1 | 0,4 | 0,0 | –3,1 | –1,7 | 0,7 |
| 40. | 1,3 | 3,4 | 3,9 | –3,8 | 3,9 | –3,5 | –1,4 | 1,6 | –4,0 | 1,1 | 1,2 |
| 41. | 1,1 | 3,6 | 4,0 | –3,5 | 0,5 | –1,0 | 2,5 | –2,7 | –4,8 | 4,8 | 1,4 |
| 42. | –0,2 | –1,5 | 4,0 | –3,9 | 0,2 | –1,0 | 3,0 | –4,5 | 0,2 | 1,3 | 2,5 |
| 43. | –1,5 | 0,1 | 0,0 | 3,1 | –5,0 | –0,6 | 1,0 | 2,3 | 4,5 | 0,3 | 0,1 |
| 44. | 2,5 | 1,0 | -3,1 | 0,6 | 4,0 | 1,1 | –3,5 | 2,1 | 0,6 | 1,8 | 0,2 |
| 45. | –0,1 | –2,7 | 0,8 | –2,3 | 1,5 | –4,7 | 3,6 | 0,4 | –3,1 | –1,9 | 2,0 |
| 46. | 4,6 | 3,8 | 2,2 | –2,1 | –1,3 | –1,7 | –1 | 0,5 | 1,2 | –4,0 | –1,0 |
| 48 | 1,6 | –1,2 | 2,9 | 2,8 | 3,3 | 0,4 | 3,5 | 2,8 | –2,6 | 1,8 | 1,0 |
| 49. | –3,4 | 3,9 | –0,6 | 4,9 | 3,6 | 0,3 | 1,7 | 1,5 | 2,5 | 2,0 | –4,7 |
| 50 | –0,8 | 4,7 | –1,8 | –0,9 | –0,9 | –3,5 | –1,3 | –2,3 | 2,6 | 4,9 | 1,2 |

1. Вычислите $\Delta x = \frac{x_{\max} - x_{\min}}{7}$.

2. Определите для каждого поддиапазона $\Delta x$ значения $T = \sum_{i=1}^{k} \Delta t_i$ и вычислите по формуле $p(x) \approx \frac{T}{T_x \cdot \Delta x}$.

3. Постройте график ступенчатой функции плотности вероятности для каждого поддиапазона, затем соедините плавной линией середины отрезков $p(x)$.

Основные выводы, полученные в результате выполненной работы, сводятся к следующему.

1. Охарактеризовать случайный процесс.

2. Представить методику расчета плотности вероятности, изучить основные подходы к расчету плотности вероятности, среди которых особое внимание уделено способам численного интегрирования функций распределения и использованию эмпирической плотности вероятности на основе наблюдаемых данных.

3. Оценить важность полученных результатов.

4. Написать общий вывод по работе, представив письменно ответы на следующие контрольные вопросы:

а) что такое плотность вероятности случайного процесса?

б) описать основные свойства плотности вероятности;

в) записать нормальное распределение (гауссовское распределение);

г) записать методы оценки плотности вероятности;

д) определить плотность вероятности нормального распределения с параметрами нормального распределения с параметрами $m = 0$, $\sigma = 1$.

## Лабораторная работа № 6
## ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОРРЕЛЯЦИОННОЙ ФУНКЦИИ СЛУЧАЙНОГО ПРОЦЕССА

1. По данным вашего варианта, представленного в работе № 5, необходимо изобразить график длительности сигнала, как показано на рис. 6.1.

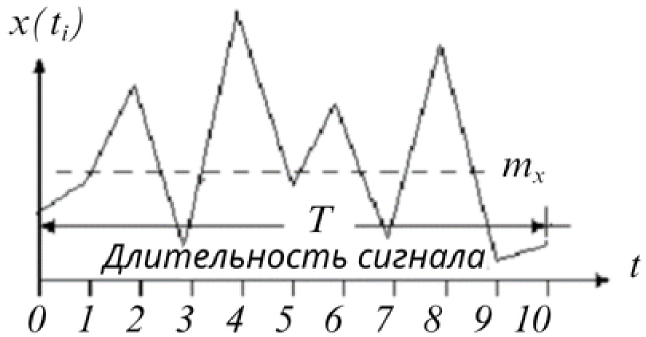



Рис. 6.1. Длительность сигнала

Вычислите из 11 заданных значений $x(t_i)$ среднее $m_x$

$$m_x = \frac{\sum_{i=0}^{10} x(t_i)}{11}. \quad (6.1)$$

Затем определите центрированные значения $x_0(t)$ по формуле

$$x_0(t_i) = x(t_i) - m_x. \quad (6.2)$$

2. Для расчета корреляционной функции $B(\tau)$ воспользуйтесь формулой

$$B(\tau) = \int_{-\infty}^{\infty} x_0(t) \cdot\, x_0\,(t-\tau)dt, \quad (6.3)$$

методом, аналогичным при построении корреляционной функции цифрового сигнала.

Постройте графики корреляционной функции $B(\tau)$, как показано на рис. 6.2.

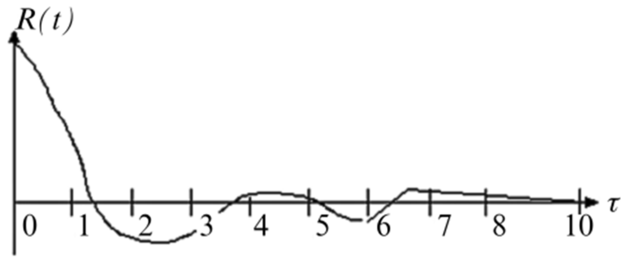



Рис. 6.2. Корреляционная функция $B(\tau)$

3. В ходе выполнения лабораторной работы определить корреляционную функцию случайного процесса путем вычисления среднего значения $m_i$ и центрированных значений $x_0(t)$. Используя формулу (6.3), построить график корреляционной функции $B(\tau)$, который позволяет оценить степень зависимости значений сигнала в разные моменты времени. Интерпретировать полученные данные.

4. Написать общий вывод по работе, представив письменно ответы на контрольные вопросы:

а) дать определение корреляционной функции;

б) написать общую формулу корреляционной функции цифровых сигналов;

в) для чего нужны автокорреляционные функции в цифровом сигнале?

г) записать различия между автокорреляционной функцией и кросс-корреляцией.

## Лабораторная работа № 7
## ПРЕДСТАВЛЕНИЕ СЛУЧАЙНОГО СИГНАЛА РЯДОМ КОТЕЛЬНИКОВА

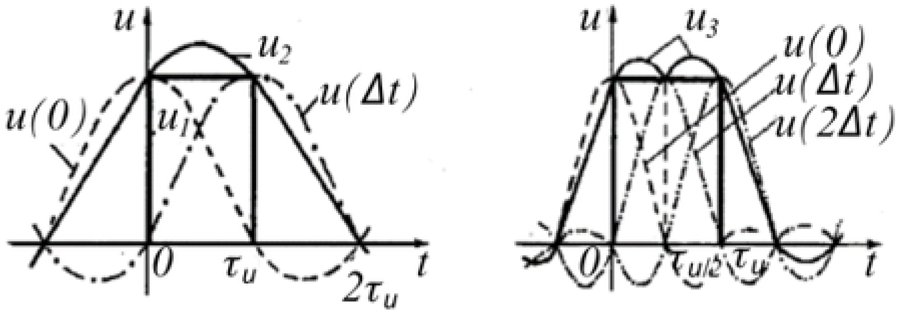
### Задание

Представить рядом Котельникова (рис. 7.1) первые четыре значения случайного сигнала из лабораторной работы № 5 по данным вашего варианта. С этой целью считать $\Delta t = 1c$, а $F_B = \frac{1}{2\Delta t}$.

В качестве образца воспользуйтесь приведенным ниже примером:

$$u(t) = \sum_{k=0}^{N} u(k\Delta t)\frac{\sin\omega_B(t-k\Delta t)}{\omega_B(t-k\Delta t)}. \tag{7.1}$$

Здесь $N = \frac{T_u}{\Delta t}$ – число отсчетов.




*а*) *б*)

Рис. 7.1. Представление прямоугольного импульса отсчетами: *а*) двумя; *б*) тремя

**Пример.** Представить аналитически рядом Котельникова прямоугольный импульс напряжения с единичной амплитудой и длительностью $\tau_u$ для двух случаев: 1 – спектр аппроксимирующей функции ограничен верхней частотой $F_{в1} = \frac{1}{(2\tau_u)}$; 2 – спектр аппроксимирующей функции ограничен верхней частотой $F_{в2} = \frac{1}{\tau_u}$.

**Решение.** Для первого из рассматриваемых случаев интервал дискретизации $\Delta t = \frac{1}{(2F_{в1})}$, а значит, импульс будет представлен всего двумя отсчетными значениями – в начале и в конце импульса. Подставив в формулу (7.1) требуемые значения амплитуды и длительности импульса, запишем математическую модель аппроксимирующей функции

$$u_2(\mathrm{t}) = \frac{\sin(\pi t/\tau_u)}{\pi t/\tau_u} + \frac{\sin[\pi(t-\tau_u)/\tau_u]}{\pi(t-\tau_u)/\tau_u}\ . \qquad (7.2)$$

Во втором случае импульс дискретизируется тремя равными производными в моменты времени $t = 0$, $\tau_u/2$ и $\tau_u$, т. е. в начале, середине и конце импульса. Тогда

$$u_3(t) = \frac{\sin(2\pi t/\tau_u)}{2\pi t/\tau_u} + \frac{\sin[2\pi(t-\tau_u/2)/\tau_u]}{2\pi(t-\tau_u/2)/\tau_u} + \frac{\sin[2\pi(t-\tau_u)/\tau_u]}{2\pi(t-\tau_u)/\tau_u}. \qquad (7.3)$$

Вывод: в ходе лабораторной работы было проведено представление случайного сигнала рядом Котельникова для первых четырех значений, используя интервал дискретизации $\Delta t = 1c$ и верхнюю частоту $F_B = \frac{1}{2\Delta t}$. На примере прямоугольного импульса продемонстрированы два случая аппроксимации: с двумя и тремя отсчетами. Результаты, выраженные формулами (7.2) и (7.3), подтвердили, что увеличение числа отсчетов улучшает точность восстановления сигнала, что соответствует теореме Котельникова и подчеркивает ее практическую значимость для обработки сигналов.

# Лабораторная работа № 8
# ИНФОРМАЦИЯ В ДИСКРЕТНЫХ СООБЩЕНИЯХ

## Задание

*Цель работы.* Научиться практически определять количество информации в дискретных сообщениях различного вида.

*Теоретическое обоснование.* Количество информации, содержащееся в дискретном сообщении $I$, можно найти из соотношения

$$I = n \cdot H,$$

где $n$ – число символов в сообщении;

$H$ – энтропия источника сообщений, т. е. среднее количество информации, приходящееся на один символ сообщения.

Энтропия источника сообщения определяется из основного соотношения теории информации, которое для практического использования преобразуется к наиболее простому и удобному виду в зависимости от свойств дискретного источника сообщений.

В случае если символы источника сообщения появляются равновероятно и взаимно независимо, то для подсчета энтропии такого рода сообщений используют формулу Хартли

$$I = n \cdot \log_2 m (\text{бит}); \qquad H_1 = \log_2 m (\text{бит / символ}),$$

где $m$ – объем алфавита источника дискретных сообщений.

Если же символы источника сообщения генерируются с различными вероятностями, но взаимно независимы, то используют формулу Шеннона

$$I = -n \cdot \sum_{i=1}^{m} P_{ai} \cdot \log_2 P_{ai} (\text{бит}),$$

$$H_2 = -\sum_{i=1}^{m} P_{ai} \cdot \log_2 P_{ai} \left( {}^{\text{бит}}\!/_{\text{символ}} \right),$$

где $P_{ai}$ – вероятность появления символа $a_i$.

В случае же неравновероятного появления символов источника сообщения и наличия статистических зависимостей между соседними символами энтропию такого рода источника можно определить с помощью формулы Шеннона с условными вероятностями

$$H_2 = -\sum_{i=1}^{m} P_{ai} \cdot \sum_{i=1}^{m} P\left( {a_j}/{a_i} \right) \cdot \log_2 P\left( {a_j}/{a_i} \right) \left( \text{бит}/\text{символ} \right),$$

где $P\left( {a_j}/{a_i} \right)$ – условная вероятность появления символа *aj* после символа *ai.*

## Содержание работы

Вычислить среднее количество информации, которое приходится на один символ источника дискретных сигналов (энтропию) в трех ситуациях:

а) при условии равновероятного и независимого появления каждого символа (обозначается как $H1$);

б) когда символы появляются с разной частотой, однако остаются взаимно независимыми (этот показатель обозначаем как $H2$);

в) в ситуации, когда символы имеют неодинаковые шансы появления и связаны статистическими закономерностями с ближайшими символами (такой случай назовем $H3$).

Источником дискретных сообщений является система с объемом алфавита $m = 34$ (это соответствует количеству знаков русской письменности: 33 буквы плюс пробел). Для моделирования статистики используем генераторы случайных чисел.

Далее потребуется измерить количество информации в отдельном сообщении, состоящем из вашего полного имени (фамилия, имя, отчество), исходя из предположения, что буквы генерируются случайно и независимо друг от друга, но с разными шансами появления. Здесь важно предварительно рассчитать энтропию исходника сообщений (текста на русском языке) – обозначим этот показатель как $H4$. Вероятностное распределение символов определите посредством анализа небольшого отрывка обычного русскоязычного текста минимальной длины 300 символов.

Следующим этапом станет создание программы (или использование готового шаблона) для автоматического вычисления энтропии выбранного ранее текста.

Программа должна:

– установить эмпирическое распределение символов;

– построить график выявленного распределения;

– провести контроль верности вычисленных распределений, суммируя вероятности появления каждого символа (должна получиться единица);

– высчитать энтропию ($H5$) по методу Шеннона;

– сопоставить автоматически полученное значение энтропии ($H5$) с результатом ручного расчета ($H4$);

– измерить количество символов в полном имени (учитывая также пробелы) и определить заключенное в нем количество информации.

## Выполнение работы

Работа выполняется на персональном компьютере в программном средстве Mathcad.

**1а.** Используя формулу Хартли, найти энтропию указанного источника дискретных сообщений ($H1$).

**1б. С**моделировать закон распределения символов дискретного источника сообщений, используя оператор *rnd* ($A$), который генерирует случайные числа из диапазона $[0, A]$ с помощью самостоятельно разработанной программы или предложенной в качестве примера:

$m :=34$ – задание объема алфавита ($m$);

$i :=1, 2,...m$ – $i$ – порядковый номер символа алфавита;

$r(i) :=rnd\,(1)$ – генерирование 34 случайных чисел в интервале от 0 до 1;

$l{:=}\sum_i r(i)$ – нахождение суммы всех 34 сгенерированых случайных чисел $r_i$;

$P(i) := \dfrac{r(i)}{l}$ – $P(i)$ – вероятность появления $i$-го символа ($a_i$).

Проверить правильность вычислений путем проверки полноты группы, найдя сумму всех $P(i)$ при $i = 1, 2...m$.

Построить график закона распределения $P(i)$. Используя формулу Шеннона, определить энтропию смоделированного источника дискретных сообщений ($H2$).

**1в.** Смоделировать матрицу условных вероятностей появления символа $aj$ после символа $a_i$ путем генерирования соответствующей матрицы случайных чисел и ее соответствующей нормировки по строкам и столбцам с помощью самостоятельно разработанной программы или использовать программу, предложенную в качестве примера:

$m := 34$ – задание объема алфавита ($m$);

$\left.\begin{array}{l} i := 1, 2, ..m \\ j := 1, 2, ..m \end{array}\right\}$ – порядковый номер символа алфавита;

$r(i, j) := rnd(1)$ – генерирование матрицы (34×34) случайных чисел в интервале от 0 до1;

$W_i := \sum_i r(i, j)$ – нахождение суммы элементов в каждой строке матрицы $r(i, j)$;

$S(i, j) := \frac{r(i, j)}{W_i}$ – нормировка по строкам матрицы $r(i, j)$ с целью получения суммы элементов в каждой строке, равной 1;

$U_j := \sum_i S(i, j)$ – нахождение сумм элементов в каждом столбце матрицы $S(i, j)$;

$PP(i, j) := \frac{S(i, j)}{U_j}$ – нормировка по столбцам матрицы $S(i, j)$ с целью получения суммы элементов в каждом столбце равной 1.

Полученные значения элементов матрицы $PP(i, j)$ приближенно можно считать условными вероятностями появления символа под номером $j$ после $i$-го символа.

Используя формулу Шеннона с условными вероятностями, определить энтропию смоделированного источника дискретных сообщений ($H3$).

**2.** Определить вероятность появления в избранном тексте каждого символа (буквы) $P_i$ путем деления числа появлений в избранном тексте этого символа ($a_i$) на общее число символов (не менее 300), входящих в сообщение. В случае если какой-либо символ (из $m$ = 34) в сообщении не встретился, считать, что он встретился 1 раз, иначе может возникнуть неопределенность в формуле Шеннона. Отсутствие в исследуемом сообщении какого-либо символа из состава алфавита источника сообщений свидетельствует лишь о том, что анализируемое сообщение не содержит достаточного числа символов (недостаточно длинное), чтобы появились все символы, входящие в алфавит.

Построить график закона распределения символов (букв) избранного источника сообщения.

Проверить правильность полученного закона распределения путем проверки полноты группы, для чего найти сумму вероятностей появления каждого символа. По формальному признаку, присущему полной группе событий, эта сумма должна быть равна 1.

С помощью формулы Шеннона найти энтропию (Н4) дискретного источника сообщений (текста на русском языке). Подсчитав число символов в ваших фамилии, имени и отчестве (включая пробелы), найти количество информации, содержащейся в этом сообщении.

**3.** С помощью предложенного образца программы разработать свою или использовать предложенную для нахождения энтропии дискретного сообщения, в качестве которого использовать выбранный ранее текст (п. 2).

Для этого:

1) разработать программу для определения закона распределения символов дискретного сообщения (букв);

2) построить график полученного закона распределения символов дискретного сообщения (букв);

3) проверить правильность полученного закона распределения символов дискретного сообщения (букв), для чего найти сумму вероятностей появления каждого символа;

4) с помощью формулы Шеннона найти энтропию (*H4*) дискретного источника сообщений (текста на русском языке).

5) сравнить полученное значение энтропии (*H4*) со значением, подсчитанным вручную (*H3*);

6) подсчитать число символов в сообщении, соответствующее вашим фамилии, имени и отчеству (включая пробелы), и найти количество информации, содержащейся в этом сообщении.

## Контрольные вопросы

1. Что такое дискретизация сигнала?

2. Для каких источников дискретных сообщений применимы формулы Хартли, Шеннона?

3. Как осуществляется выбор шага дискретизации ?

4. Какие типы квантования применяются на практике?

5. Дайте определение термину «шаг квантования».

6. Какой вид эффекта оказывает влияние на увеличение количества бит и качество цифрового сигнала?

# ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Практикум по дисциплине «Теория информации, данные, знания» стал важным этапом в освоении ключевых концепций и методов работы с информацией и данными. В ходе выполнения практических заданий обучающиеся получили возможность не только углубить свои теоретические знания, но и применить их на практике, что является неотъемлемой частью образовательного процесса.

Одной из основных задач практикума было формирование у обучающихся целостного представления о взаимосвязи между данными, информацией и знаниями. Обучающиеся научились различать данные и информацию, а также осознали важность правильной интерпретации данных для принятия обоснованных решений.

Практическая часть лабораторного практикума позволила участникам работать с реальными наборами данных, что способствовало развитию навыков анализа и визуализации полученной информации. Использование современных инструментов для обработки данных, таких как Excel, дает возможность обучающимся ознакомиться с актуальными методами анализа и научиться применять их в различных контекстах. Это не только повысило уровень их компьютерной грамотности, но и подготовило к реальным вызовам, с которыми они могут столкнуться в своей профессиональной деятельности.

Таким образом, практикум «Теория информации, данные, знания» стал важным шагом на пути к формированию компетентных специалистов в области информационных технологий.

## ВОПРОСЫ К ЭКЗАМЕНУ ПО ДИСЦИПЛИНЕ «ТЕОРИЯ ИНФОРМАЦИИ, ДАННЫЕ, ЗНАНИЯ» ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО НАПРАВЛЕНИЮ ПОДГОТОВКИ 09.03.02 ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ И ТЕХНОЛОГИИ (УРОВЕНЬ БАКАЛАВРИАТА)

1. Основные понятия и определения ТИДЗ. Информация. Передача информации. Данные. Сообщение. Мера информации. Скорость передачи информации. Пропуская способность канала. Сигнал.

2. Классификация информационных процессов.

3. Спектральное представление периодических сигналов рядами Фурье.

4. Расчет спектра периодической последовательности прямоугольных импульсов. Задача анализа.

5. Расчет спектра периодической последовательности прямоугольных импульсов. Задача синтеза.

6. Спектральное представление непериодических сигналов. Прямое и обратное преобразование Фурье.

7. Функция спектральной плотности прямоугольного импульса.

8. Корреляционный анализ. Автокорреляционная функция. Ее свойства.

9. Автокорреляционная функция прямоугольного импульса.

10. Взаимокорреляционная функция двух сигналов.

11. Числовые характеристики случайных процессов.

12. Стационарные эргодические случайные процессы. Их числовые характеристики.

13. Модуляция сигналов. Виды модуляции.

14. Амплитудная модуляция.

15. Спектр амплитудно-модулированного сигнала.

16. Векторная диаграмма АМ-сигнала.

17. Угловая модуляция. Частотная модуляция.

18. Угловая модуляция. Фазовая модуляция.
19. Преимущества УМ перед АМ.
20. Цифровое представление сигналов.
21. Дискретизация непрерывных сигналов. Теорема Котельникова.
22. Представление рядом Котельникова прямоугольного импульса.
23. АЦП.
24. ЦАП.
25. Аналоговые системы связи. Функциональная схема.
26. Цифровые системы связи. Функциональная схема.
27. Основные понятия теории информационных систем.
28. Определение понятия «информационная система» (основные законодательные международные документы и документы РФ).
29. Задачи теории систем. Направления развития теории систем.
30. Понятие «система».
31. Основные понятия, характеризующие строение и функционирование систем.
32. Классификация ИС.
33. Большие системы.
34. Системный подход и системный анализ.
35. Закономерности систем.
36. Качественные методы описания систем.
37. Количественные методы описания систем.
38. Кибернетический подход к описанию систем.
39. Агрегатное описание ИС.
40. Динамическое описание ИС.
41. Информационные модели принятия решений.
42. Проектирование ИС.

# БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Березкин Е. Ф. Основы теории информации и кодирования : учеб. пособие. – 3-е изд., стер. – СПб. : Лань, 2022. – 320 с.

2. Затонский А. В. Информационные технологии: разработка информационных моделей и систем : учеб. пособие. – М. : РИОР : ИНФРА-М, 2020. – 344 с.

3. Попов И. Ю., Блинова И. В. Теория информации. – 3-е изд., стер. – СПб. : Лань, 2022. – 160 с.

4. Душин В. К. Теоретические основы информационных процессов и систем. – 5-е изд. – М. : Дашков и К, 2018. – 348 с.

*Учебное издание*

**Усанькова** Екатерина Александровна

**Попова** Анастасия Сергеевна

# ТЕОРИЯ ИНФОРМАЦИИ, ДАННЫЕ, ЗНАНИЯ

Редактор *О. В. Георгиевская*

Компьютерная верстка *Я. А. Лесных*

Изд. лиц. ЛР № 020461 от 04.03.1997.
Подписано в печать 14.11.2025. Формат 60 × 84 1/16.
Усл. печ. л. 2,15. Тираж 115 экз. Заказ 149.
Гигиеническое заключение
№ 54.НК.05.953.П.000147.12.02. от 10.12.2002.

Издательско-полиграфический центр СГУГиТ
630108, Новосибирск, ул. Плахотного, 10.

Отпечатано в издательско-полиграфическом центре СГУГиТ
630108, Новосибирск, ул. Плахотного, 8.