

А. В. ДОЛГОВА, А. В. ЕРОШЕНКО, Л. Н. ТРОФИМОВА

КОДИРОВАНИЕ ИНФОРМАЦИИ

ОМСК 2020

Министерство транспорта Российской Федерации
Федеральное агентство железнодорожного транспорта
Омский государственный университет путей сообщения

А. В. Долгова, А. В. Ерошенко, Л. Н. Трофимова

КОДИРОВАНИЕ ИНФОРМАЦИИ

Утверждено методическим советом университета
в качестве учебно-методического пособия
к выполнению самостоятельной работы

Омск 2020

УДК 004.22 (075.8)
ББК 32.811.4я73
Д64

Кодирование информации: Учебно-методическое пособие к выполнению самостоятельной работы / А. В. Долгова, А. В. Ерошенко, Л. Н. Трофимова; Омский гос. ун-т путей сообщения. Омск, 2020. 32 с.

Учебно-методическое пособие разработано в соответствии с рабочими программами дисциплин информационного профиля с учетом требований ФГОС ВО последнего поколения.

Содержит основы кодирования информации. Рассмотрены различные способы кодирования текстовой, графической, звуковой информации. Приведены практические рекомендации и примеры решения задач кодирования различных видов информации, исходные данные к индивидуальным заданиям.

Предназначено для самостоятельной работы студентов всех направлений подготовки (специальностей) очной и заочной форм обучения, изучающих дисциплины информационного профиля.

Библиогр.: 3 назв. Табл. 10. Рис. 3.

Рецензенты: доктор техн. наук, профессор В. Н. Горюнов;
канд. техн. наук, доцент А. А. Лаврухин.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Введение	5
1. Общие понятия	6
2. Кодирование текстовой информации.....	12
3. Кодирование графической информации.....	15
3.1. Кодирование монохромного изображения	16
3.2. Кодирование цветного изображения.....	18
4. Кодирование звуковой информации	20
4.1. Кодирование звуковой информации	20
4.2. Форматы звуковой информации.....	24
5. Контрольные вопросы.....	24
6. Примеры тестовых вопросов.....	25
7. Задания	26
Библиографический список.....	31

ВВЕДЕНИЕ

Для обмена информацией с другими людьми человек использует естественные языки (русский, английский, китайский и др.). В основе каждого языка лежит алфавит – набор символов, применяемых в языке. Например, алфавит русского языка содержит 33 знака кириллицы, английский язык состоит из 26 знаков латиницы.

Алфавит могут составлять цифры, символы, формулы, ноты, изображения элементов электрических или логических схем и т. п. Для обработки информации с применением электронно-вычислительных машин (ЭВМ) наряду с естественными языками были разработаны и формальные (язык математики, системы счисления, компьютерные языки программирования и др.). Знаки, составляющие алфавит, могут иметь различную физическую природу. Например, для представления информации с использованием языка в письменной форме используются знаки, которые являются изображениями на бумаге или других носителях, в устной речи в качестве знаков языка используют различные звуки (фонемы), а при обработке текста на компьютере знаки представляются в виде последовательностей электрических импульсов (компьютерных кодов).

Современный компьютер может обрабатывать числовую, текстовую, графическую, звуковую и видеоинформацию. В связи с тем, что многие составляющие ЭВМ могут хранить и распознавать одно из двух различных состояний, для представления перечисленных выше видов информации в компьютере применяется алфавит, состоящий из двух символов (0 и 1).

Кодирование информации является важнейшим разделом информатики. Данное учебно-методическое пособие представляет основы кодирования текстовой, графической и звуковой информации, соответствующие теоретической части дисциплины «Информатика», изучаемой студентами ОмГУПСа всех направлений подготовки (специальностей) очной и заочной форм обучения.

1. ОБЩИЕ ПОНЯТИЯ

Для автоматизации работы с данными, относящимися к различным типам, важно унифицировать форму их представления, для этого используются приемы **кодирования**, т. е. преобразования данных любого типа в код. Например, при вводе символа алфавита в компьютер путем нажатия соответствующей клавиши на клавиатуре происходит автоматическое кодирование символа, т. е. преобразование его в компьютерный код. При выводе символа на экран монитора или принтер происходит обратный процесс – **декодирование**, когда из компьютерного кода символ преобразуется в его графическое изображение.

Вся информация, которая вводится в компьютер, преобразуется в последовательность электрических сигналов. Информацию о наличии сигнала принято условно обозначать «1», а о его отсутствии – «0». Такой способ кодирования информации называется **двоичным** и применяется в компьютере по причине того, что многие составляющие ЭВМ могут хранить и распознавать одно из двух различных состояний:

электромагнитные реле (замкнуто / разомкнуто), которые использовались в конструкциях первых ЭВМ;

участок поверхности магнитного носителя информации (намагничен / размагничен);

участок поверхности компакт-диска (отражает / не отражает лазерный луч).

Информация о сигнале, уровень которого может принимать только два значения – «0» или «1», называется одним **битом** (от англ. *BI*nary *digi*T – двоичная цифра – 0 или 1) и является наименьшей единицей измерения информации.

Схематично процесс преобразования данных в любой форме из внешнего представления в двоичный код изображен на [рис. 1](#).

Все виды информации в компьютере хранятся в виде логических последовательностей нулей и единиц, называемых **машинным языком**.

Внутреннее представление информации в ЭВМ основывается на сопоставлении каждому из кодируемых элементов (символ, число, точка, звук) определенной группы двоичных знаков. При кодировании информации следует пользоваться равномерными кодами, т. е. последовательностями двоичных групп равной длины. Это значит, что любой знак, число, символ из условий конкретной задачи кодируется одинаковым числом битов. В таком случае декодирование информации будет однозначным. Если при кодировании применяются неравномерные коды, т. е. каждый символ будет кодироваться разным числом битов, то

в таком случае однозначное декодирование информации может быть затруднительным или даже невозможным.

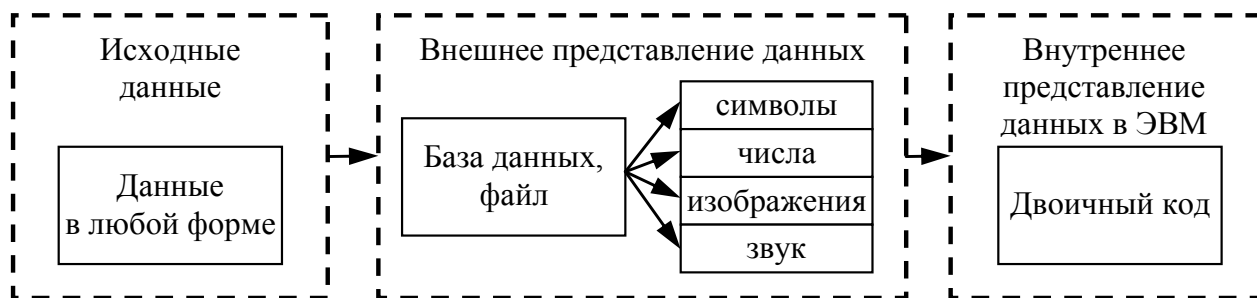


Рис. 1. Преобразование данных в ЭВМ

Минимальное количество битов, необходимых для кодирования одного символа из алфавита, содержащего множество неповторяющихся символов N , определяется по формуле:

$$i = \log_2 N, \quad (1)$$

где N – общее количество символов (мощность) алфавита.

Поскольку один бит является наименьшей единицей информации, получаемый результат округляется до ближайшего большего целого числа.

Для кодирования информации в компьютере помимо двоичной применяются также восьмеричная и шестнадцатеричная системы счисления. Представление чисел в различных системах счисления приведено в табл. 1.

Числа из двоичной системы счисления в восьмеричную или шестнадцатеричную системы счисления можно переводить, применяя следующий алгоритм:

- 1) разбить набор двоичных цифр в группы справа налево:
по три цифры (*триада*) для перевода в восьмеричную систему счисления;
по четыре цифры (*тетрада*) для перевода в шестнадцатеричную систему счисления;
- 2) если это необходимо, то первую неполную триаду (тетраду) слева дополнить недостающими нулями;
- 3) по табл. 1 выполнить замену каждой группы цифр на восьмеричную (шестнадцатеричную) цифру.

Таблица 1

Представление чисел в различных системах счисления

Десятичная	Двоичная				Восьмеричная	Шестнадцатеричная
	номера разрядов					
	3	2	1	0		
0	0	0	0	0	0	0
1	0	0	0	1	1	1
2	0	0	1	0	2	2
3	0	0	1	1	3	3
4	0	1	0	0	4	4
5	0	1	0	1	5	5
6	0	1	1	0	6	6
7	0	1	1	1	7	7
8	1	0	0	0	10	8
9	1	0	0	1	11	9
10	1	0	1	0	12	A
11	1	0	1	1	13	B
12	1	1	0	0	14	C
13	1	1	0	1	15	D
14	1	1	1	0	16	E
15	1	1	1	1	17	F

Рассмотрим примеры решения задач кодирования символьной последовательности различной длины.

Пример 1. Закодируйте слово РАМА, составленное из набора символов А, Р, И, М, с использованием двоичного кода. Запишите результат в восьмеричной системе счисления.

Решение.

Количество символов в заданном наборе (А, Р, И, М) $N = 4$.

Пронумеруем каждый из этих символов в порядке их следования в условии задачи (начиная с нуля). Порядковый номер каждого символа представляет собой его десятичный код:

Символ	А	Р	И	М
Десятичный код	0	1	2	3

По формуле (1) определим количество битов i , которое необходимо для кодирования одного символа рассматриваемого набора: $i = \log_2 4 = 2$ бита. Таким образом, для кодирования каждого символа данного набора достаточно только двух разрядов (нулевого и первого) в двоичной системе счисления (см. табл. 1). Переведем десятичный код каждого символа в двоичную систему счисления по табл. 1:

Символ	А	Р	И	М
Десятичный код	0	1	2	3
Двоичный код	00	01	10	11

Закодируем слово РАМА, используя двоичный код соответствующих символов:

Символ	Р	А	М	А
Двоичный код	01	00	11	00

Тогда двоичное представление всего слова примет вид: 01001100_2 .

Переведем двоичное представление слова РАМА в восьмеричную систему счисления. Для этого разобьем полученный набор цифр на триады справа налево: $01\ 001\ 100_2$. Первую неполную триаду дополним недостающим нулем: $001\ 001\ 100_2$. Применяя табл. 1, выполним перевод числа в восьмеричную систему счисления и получим: $001\ 001\ 100_2 = 114_8$.

Следует заметить, что из символов представленного алфавита можно составить и другие слова. При кодировании новых слов можно применять полученные ранее значения двоичных кодов. Например, закодируем слово МИР:

Символ	М	И	Р
Двоичный код	11	10	01

Тогда двоичное представление всего слова примет вид: 111001_2 .

Переведем двоичное представление слова МИР в восьмеричную систему счисления, разобьем двоичный код на триады: $111\ 001_2$. Применяя табл. 1, получим: $111\ 001_2 = 71_8$.

Пример 2. Закодируйте слово ПРОГРАММА, составленное из набора символов С, П, Р, О, Г, А, М, с использованием двоичного кода. Запишите результат в шестнадцатеричной системе счисления.

Решение.

Количество символов в заданном наборе (С, П, Р, О, Г, А, М) $N = 7$.

Пронумеруем каждый из этих символов в порядке их следования в условии задачи (начиная с нуля). Порядковый номер каждого символа представляет собой его десятичный код:

Символ	С	П	Р	О	Г	А	М
Десятичный код	0	1	2	3	4	5	6

По формуле (1) определим количество битов i , которое необходимо для кодирования одного символа рассматриваемого набора: $i = \log_2 7 \approx 2,81$ бита. Округлив рассчитанное значение i в большую сторону до ближайшего целого числа, получим $i = 3$ бита. Таким образом, для кодирования каждого символа данного набора достаточно только трех разрядов (нулевого, первого и второго) в двоичной системе счисления (см. табл. 1). Переведем десятичный код каждого символа в двоичную систему счисления по табл. 1:

Символ	С	П	Р	О	Г	А	М
Десятичный код	0	1	2	3	4	5	6
Двоичный код	000	001	010	011	100	101	110

Закодируем слово ПРОГРАММА, используя двоичный код соответствующих символов:

Символ	П	Р	О	Г	Р	А	М	М	А
Двоичный код	001	010	011	100	010	101	110	110	101

Тогда двоичное представление всего слова примет вид: 001010011100010101110110101₂.

Переведем двоичное представление слова ПРОГРАММА в шестнадцатеричную систему счисления. Для этого разобьем полученный набор цифр на тетрады справа налево: 001 0100 1110 0010 1011 1011 0101₂. Первую неполную тетраду дополним недостающим нулем: 0001 0100 1110 0010 1011 1011 0101₂. Применяя табл. 1, выполним перевод числа в шестнадцатеричную систему счисления и получим: 0001 0100 1110 0010 1011 1011 0101₂ = 14E2BB5₁₆.

Пример 3. Закодируйте слово ЭЛЕКТРОВОЗ, составленное из набора символов З, О, К, Т, Э, Л, Е, Р, В, с использованием двоичного кода. Запишите результат в восьмеричной системе счисления.

Решение.

Количество символов в заданном наборе (З, О, К, Т, Э, Л, Е, Р, В) $N = 9$. Пронумеруем каждый из этих символов в порядке их следования в условии задачи (начиная с нуля). Порядковый номер каждого символа представляет собой его десятичный код:

Символ	З	О	К	Т	Э	Л	Е	Р	В
Десятичный код	0	1	2	3	4	5	6	7	8

По формуле (1) определим количество битов i , которое необходимо для кодирования одного символа рассматриваемого набора: $i = \log_2 9 \approx 3,17$ бита. Округлив рассчитанное значение i в большую сторону до ближайшего целого числа, получим $i = 4$ бита. Таким образом, для кодирования каждого символа данного набора достаточно четырех разрядов в двоичной системе счисления (см. табл. 1). Переведем десятичный код каждого символа в двоичную систему счисления по табл. 1:

Символ	З	О	К	Т	Э	Л	Е	Р	В
Десятичный код	0	1	2	3	4	5	6	7	8
Двоичный код	0000	0001	0010	0011	0100	0101	0110	0111	1000

Закодируем слово ЭЛЕКТРОВОЗ, используя двоичный код соответствующих символов:

Символ	Э	Л	Е	К	Т	Р	О	В	О	З
Двоичный код	0100	0101	0110	0010	0011	0111	0001	1000	0001	0000

Тогда двоичное представление всего слова примет вид: 0100010101100010001101110001100000010000₂.

Переведем двоичное представление слова ЭЛЕКТРОВОЗ в восьмеричную систему счисления. Для этого разобьем полученный набор цифр на триады справа налево: 0 100 010 101 100 010 001 101 110 001 100 000 010 000₂. Первую неполную триаду дополним недостающими нулями: 000 100 010 101 100 010 001 101 110 001 100 000 010 000₂. Применяя табл. 1, выполним перевод числа

в восьмеричную систему счисления и получим: 000 100 010 101 100 010 001 101 110 001 100 000 010 000₂ = 04254215614020₈.

2. КОДИРОВАНИЕ ТЕКСТОВОЙ ИНФОРМАЦИИ

Средством кодирования текстовой информации служит **кодировочная таблица**, устанавливающая взаимно однозначное соответствие между кодируемыми символами и двоичным кодом.

Для кодирования символьной информации в 1963 г. фирмой *IBM* была создана система кодирования *ASCII* (англ. *American standard code for information interchange* – Американский стандартный код для обмена информацией) для мини- и микроЭВМ, включая персональные компьютеры, которая применяется по настоящее время.

Для представления текстовой информации, включая прописные, строчные буквы русского и латинского алфавитов, цифры, знаки, достаточно 256 символов. Для кодирования каждого из этих символов согласно формуле (1) необходимо $i = \log_2 256 = 8$ битов (один байт) информации. С другой стороны, 8-битные символы используются для представления информации также потому, что один байт является минимально адресуемой единицей памяти.

Суть кодирования заключается в том, что каждому символу ставится в соответствие уникальный двоичный код от 00000000 до 11111111 или соответствующий ему десятичный код от 0 до 255.

Начиная с 1997 г. версии *Microsoft Office* поддерживают новую кодировку *Unicode* (Юникод) – кодировочную таблицу, в которой для кодирования каждого символа используется 2 байта (16 битов). На основании такой таблицы может быть закодировано $N = 2^{16} = 65\,536$ символов.

Юникод включает в себя практически все современные и многие исторические письменности. В Юникоде представлен широкий набор математических и музыкальных символов и пиктограмм. Существенным недостатком данной кодировки является необходимость двукратного увеличения дискового пространства для хранения текста и времени для его передачи по каналам связи.

Поэтому сейчас на практике больше распространено представление Юникода *UTF-8* (англ. *Unicode transformation format* – формат преобразования Юникода). *UTF-8* обеспечивает наилучшую совместимость с системами, использующими 8-битные символы. Текст, состоящий только из символов с но-

мером меньше 128, при записи в *UTF-8* превращается в обычный текст согласно международному стандарту *ASCII*. Остальные символы Юникода изображаются последовательностями длиной от 2 до 4 байтов. В целом самые распространенные в мире символы латинского алфавита в *UTF-8* по-прежнему занимают 1 байт; такое кодирование экономичнее, чем чистый Юникод.

Для кодировки символов русского языка (кириллицы) в основном используются шесть кодировочных таблиц: КОИ-8, *CP1251*, *CP866*, *Mac*, *ISO-8859-5*, Юникод.

Следует отметить, что тексты, закодированные при помощи одной кодировочной таблицы, отображаются некорректно при использовании другой кодировки. Для сравнения приведем фрагменты кодировочных таблиц, которые наглядно демонстрируют, что один и тот же код в разных кодировочных системах соответствует разным символам (табл. 2). В современные приложения встроены специальные программы-конверторы, которые позволяют автоматически перекодировать текстовый документ.

Таблица 2

Пример различий кодировочных таблиц

Двоичный код	Десятичный код	КОИ-8	CP1251	CP866	Mac	ISO-8859-5	Юникод
11000010	194	б	В	Т	¬	Т	Â

Информационный объем текстового сообщения определяется по формуле:

$$I = i \cdot k, \quad (2)$$

где I – информационный объем сообщения, битов;

i – минимальное количество битов для кодирования одного символа, определяется по формуле (1);

k – количество символов в сообщении;

$$k = k_{\text{стр}} \cdot k_{\text{стр}} \cdot k_{\text{симв}}, \quad (3)$$

где $k_{\text{стр}}$ – количество страниц в сообщении;

$k_{\text{стр}}$ – количество строк в сообщении;

$k_{\text{симв}}$ – количество символов в строке сообщения.

Рассмотрим примеры определения информационного объема текстовых сообщений и различных последовательностей символов, полученных в результате кодирования.

Пример 4. Сообщение, записанное с помощью 32-символьного алфавита, содержит четыре страницы, в каждой из которых 40 строк. В одной строке содержится 20 символов. Определите информационный объем сообщения в килобайтах.

Дано:	<i>Решение.</i>
$N = 32$ симв.;	Найдем общее количество символов в сообщении по формуле (3): $k = 4 \cdot 40 \cdot 20 = 3200$ символов.
$k_{\text{стр}} = 4$ стр.;	По формуле (1) определим минимальное количество битов для кодирования одного символа: $i = \log_2 32 = 5$ битов.
$k_{\text{стрк}} = 40$ строк;	Подставим найденные значения в формулу (2) и получим информационный объем сообщения: $I = 5 \cdot 3200 = 16000$ битов.
$k_{\text{симв}} = 20$ симв.	Переведем полученный результат в килобайты: $I = \frac{16000}{8 \cdot 1024} = 1,96$ Кбайта.
Найти: I .	Ответ: $I = 1,96$ Кбайта.

Пример 5. На складе находится 60 деталей. Специальное устройство регистрирует прохождение каждой детали на сборочные операции в цех, записывая данный процесс с использованием минимально возможного целого количества битов, одинакового для каждой детали. Определите информационный объем сообщения, записанного устройством, после прохождения пяти деталей.

Дано:	<i>Решение.</i>
$N = 60$ дет.;	Найдем минимальное количество битов для кодирования одной детали по формуле (1): $i = \log_2 60 \approx 5,9$ бита.
$k = 5$ дет.	Округлив рассчитанное значение i в большую сторону до ближайшего целого числа, получим: $i = 6$ битов.
Найти: I .	По формуле (2) определим информационный объем сообщения о прохождении через устройство пяти деталей: $I = 5 \cdot 6 = 30$ битов.
	Ответ: $I = 30$ битов.

Пример 6. При регистрации в компьютерной системе каждому инженеру выдается шестизначный пароль, который составлен из 10-символьного алфавита. Каждый такой пароль в компьютерной программе записывается минимально возможным и одинаковым целым количеством битов. Определите объем памяти, отводимый для хранения в программе девяти паролей.

Дано:	<i>Решение.</i>
$N = 10$ симв.;	Найдем минимальное количество битов для кодирования одного символа в пароле по формуле (1): $i = \log_2 10 \approx 3,32$ бита.
$k = 6$ знаков;	Округлив рассчитанное значение i в большую сторону до ближайшего целого числа, получим: $i = 4$ бита.
$n = 9$ паролей.	По формуле (2) определим информационный объем, необходимый для хранения в программе одного пароля (шесть знаков): $I_1 = 4 \cdot 6 = 24$ бита.
Найти: I .	Вычислим объем памяти, необходимый для хранения девяти паролей: $I = n \cdot I_1$: $I = 9 \cdot 24 = 216$ битов.
	Ответ: $I = 216$ битов.

3. КОДИРОВАНИЕ ГРАФИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ

Под графической информацией понимают рисунок, чертеж, фотографию, картинку в книге, изображение на экране телевизора или в кинозале и т. д.

Графическую информацию можно представлять в двух формах: аналоговой или дискретной. Например, живописное полотно, цвет которого изменяется непрерывно, – это аналоговое представление, а изображение, напечатанное при помощи принтера и состоящее из отдельных точек разного цвета, – дискретное представление.

Для преобразования графической информации из аналоговой формы в дискретную необходимо разбить графическое изображение на отдельные элементы – *дискретизировать*. При этом все изображение разбивается на отдельные точки, которые называют *пикселями* (от англ. *picture element* – элемент картины). Каждому пикселю ставится в соответствие код его цвета.

Качество изображения зависит от следующих параметров:

1) *частоты дискретизации*, т. е. размера точки изображения. Чем меньше размер точки одного и того же изображения (значит, изображение состоит из большего количества точек), тем выше качество этого изображения;

2) *глубины цвета* $G_{\text{цв}}$, т. е. минимального количества битов, необходимых для кодирования одной точки изображения. Глубина цвета определяется количеством отображаемых цветов: чем больше это количество (т. е. каждая точка изображения может принимать больше возможных состояний), тем больше информации несет каждая точка, следовательно, улучшается качество изображения.

Информационный объем изображения размером $X \times Y$ точек и содержащего N цветов рассчитывается по выражению:

$$I = X \cdot Y \cdot G_{\text{цв}}, \quad (4)$$

где I – информационный объем изображения, битов;

X – количество точек по вертикали;

Y – количество точек по горизонтали;

$G_{\text{цв}}$ – глубина цвета, битов, определяется по формуле:

$$G_{\text{цв}} = \log_2 N, \quad (5)$$

где N – количество возможных цветов в цветовой палитре, с помощью которой составлено изображение.

Следует заметить, что формула для определения глубины цвета $G_{\text{цв}}$ аналогична формуле (1), которая используется для определения минимального количества битов при кодировании символов.

3.1. Кодирование монохромного изображения

Монохромное изображение состоит из любых двух контрастных цветов – белого и черного, белого и зеленого, белого и коричневого и т. д. Такое изображение называется *бинарным* и является чрезмерно контрастным. На [рис. 2, а](#) приведено бинарное монохромное изображение, каждый пиксель которого имеет либо белый, либо черный цвет ($N = 2$). Присвоим пикселям с черным цветом двоичный код «0», а с белым цветом – «1», в результате для кодирования цвета одного пикселя монохромного изображения согласно формуле (5) потребуется $G_{\text{цв}} = \log_2 2 = 1$ бит информации.

Реальное монохромное изображение состоит не только из любых двух контрастных цветов, но и из множества различных промежуточных оттенков

между ними. Такое монохромное изображение называется *полутонным*. Например, если при этом кроме двух контрастных цветов (черный и белый) использовать еще две дополнительные градации (светло-серый и темно-серый), т. е. всего четыре различных цвета, то для кодирования цветового состояния одного пикселя изображения в соответствии с формулой (5) потребуется $G_{\text{цв}} = \log_2 4 = 2$ бита информации. При этом коды цветов могут быть такими: черный – 00_2 , темно-серый – 01_2 , светло-серый – 10_2 , белый – 11_2 (рис. 2, б).

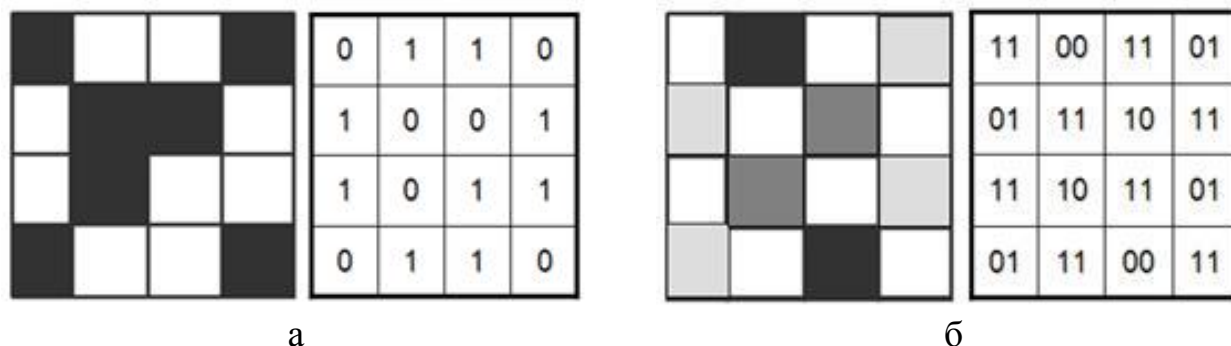


Рис. 2. Кодирование монохромного изображения

В настоящее время для передачи в монохромном изображении 256 различных оттенков серого цвета (от полностью белого до абсолютно черного цвета) используют $G_{\text{цв}} = \log_2 256 = 8$ битов (1 байт) информации. Такой подход позволяет получить реалистичные монохромные изображения на обычных принтерах.

Рассмотрим пример определения информационного объема монохромного изображения.

Пример 7. Вычислить информационный объем бинарного монохромного изображения размером 640×480 точек в байтах.

Дано:	<i>Решение.</i>
$N = 2;$	Найдем минимальное количество битов, необходимое для кодирования одной точки изображения по формуле (5):
$X = 640;$	$G_{\text{цв}} = \log_2 2 = 1$ бит.
$Y = 480.$	
Найти: I .	По формуле (4) определим информационный объем изображения: $I = 640 \cdot 480 \cdot 1 = 307200$ битов.
	Переведем полученный результат в байты:
	$I = \frac{307200}{8} = 38400$ байтов.
	Ответ: $I = 38400$ байтов.

3.2. Кодирование цветного изображения

Цветное изображение может формироваться различными способами. Один из них – способ кодирования с помощью цветовой модели *RGB* (от англ. *Red* – красный, *Green* – зеленый, *Blue* – синий), который опирается на то, что глаз человека воспринимает все цвета как сумму трех основных цветов – красного, зеленого и синего. Например, сиреневый цвет – это наложение красного и синего, желтый цвет – наложение красного и зеленого и т. д. Для получения цветного пикселя в одно и то же место экрана направляется не один, а сразу три цветных луча.

Если каждый из цветов *RGB* кодируется с помощью одного байта, как это принято для полутонного монохромного изображения, то появится возможность передавать по 256 оттенков каждого из основных цветов. Всего в этом случае обеспечивается передача $256 \times 256 \times 256 = 16\,777\,216$ (2^{24}) различных цветов, что достаточно близко к реальной чувствительности человеческого глаза. Таким образом, при данной схеме кодирования цвета на изображение одного пикселя требуется 3 байта, или 24 бита памяти. Этот способ представления цветной графики называется режимом *True Color* (от англ. *true color* – истинный цвет), или *полноцветным* режимом.

Существует также способ кодирования с помощью цветовой модели *CMYK* (от англ. *Cyan* – голубой, *Magenta* – пурпурный, *Yellow* – желтый, *black* – черный). Данный способ также относится к полноцветным, для передачи состояния одного пикселя в этом случае требуется 32 бита, или 4 байта памяти (по количеству используемых в модели цветов). С помощью такого режима передается $4\,294\,967\,295$ (2^{32}) различных цветов.

Полноцветные режимы требуют большого объема памяти. Так, для изображения 640×480 точек при использовании цветовой модели *RGB* требуется 921 600, а для *CMYK* – 1 228 800 байтов памяти.

В целях экономии памяти разрабатываются различные режимы и графические форматы, которые несколько хуже передают цвет, но требуют гораздо меньше памяти. В частности, режим *High Color* (от англ. *high color* – богатый цвет), в котором для передачи цвета одного пикселя используется 16 битов и, следовательно, можно передать $65\,536$ (2^{16}) цветовых оттенков, а также *индексный режим*, который базируется на заранее созданной таблице 256 цветовых оттенков (нужный цвет выбирается из этой таблицы с помощью номера – индекса, который занимает один байт памяти).

Сравнительная характеристика различных режимов представления цветной графики приведена в табл. 3.

Таблица 3

Сравнительная характеристика кодировки одного пикселя

Режим	Глубина цвета $G_{\text{цв}}$	Количество отображаемых цветов N	Сфера применения
Индексный	8	256	Рисованные изображения, например мультипликационные. Для изображения живой природы такой глубины цвета недостаточно
<i>High Color</i>	16	65 536	Изображения, представляемые в журналах и на фотографиях
<i>True Color</i>	24	16 777 216	Обработка и передача изображений, не уступающих по качеству наблюдаемым в живой природе

Двоичный код изображения, выводимого на экран, хранится в видеопамяти. *Видеопамять* – это внутренняя оперативная память, отведенная для хранения данных, которые используются для формирования изображения на экране монитора. Размер видеопамяти зависит от разрешающей способности монитора и количества цветов, которые может отобразить каждая точка экрана.

Рассмотрим пример определения информационного объема цветного изображения.

Пример 8. Растровый графический файл содержит 32-цветное изображение размером 400×400 точек. Определите информационный объем файла в килобайтах.

Дано:

$$N = 32;$$

$$X = 400;$$

$$Y = 400.$$

Решение.

Найдем минимальное количество битов, необходимое для кодирования одной точки изображения по формуле (5):
 $G_{\text{цв}} = \log_2 32 = 5$ битов.

Найти: I .

По формуле (4) определим информационный объем изображения: $I = 400 \cdot 400 \cdot 5 = 800000$ битов.

Переведем полученный результат в килобайты:

$$I = \frac{800000}{8 \cdot 1024} = 97,66 \text{ Кбайта.}$$

Ответ: $I = 97,66$ Кбайта.

Рассмотрим пример определения объема видеопамати. Ввиду того, что код выводимого изображения размещается в видеопамати компьютера, для определения ее информационного объема применяются те же формулы, что и для расчета информационного объема изображения.

Пример 9. Определите минимально необходимый объем видеопамати компьютера, требуемый для хранения изображения, выводимого на экран разрешением 640×480 , при использовании палитры, состоящей из 256 цветов. Определите информационный объем видеопамати в килобайтах.

Дано:	<i>Решение.</i>
$N = 256;$	Найдем минимальное количество битов, необходимое для кодирования одной точки экрана по формуле (5):
$X = 640;$	$G_{\text{цв}} = \log_2 256 = 8 \text{ битов.}$
$Y = 480.$	
Найти: $I.$	По формуле (4) определим информационный объем изображения: $I = 640 \cdot 480 \cdot 8 = 2457600 \text{ битов.}$
	Переведем полученный результат в килобайты:
	$I = \frac{2457600}{8 \cdot 1024} = 300 \text{ Кбайтов.}$
	Ответ: $I = 300 \text{ Кбайтов.}$

4. КОДИРОВАНИЕ ЗВУКОВОЙ ИНФОРМАЦИИ

4.1. Кодирование звуковой информации

Звук представляет собой акустическую волну с непрерывно меняющимися амплитудой и частотой. Чем больше амплитуда сигнала, тем он громче для человека. Чем больше частота сигнала, тем выше тон. При кодировании звука в памяти компьютера сохраняются только мгновенные значения звукового сигнала, который в дальнейшем можно выдать на динамик или наушники.

Для кодирования звуковой информации в ЭВМ необходима ее *дискретизация* – преобразование аналогового звукового сигнала в цифровой путем записи его мгновенных значений в определенные моменты времени (рис. 3). При этом звуковой сигнал разделяется на отдельные элементы по времени (дискретизация по времени) и по амплитуде (квантование по амплитуде).

Дискретизация по времени – процесс получения значений сигнала с определенным временным шагом – *шагом дискретизации*. Количество замеров амплитуды звукового сигнала, осуществляемых в единицу времени, называют *частотой дискретизации*. Чем меньше шаг дискретизации, тем выше частота дискретизации и тем более точное представление о сигнале будет получено.

При квантовании по амплитуде весь диапазон значений звукового сигнала разбивается на определенное число уровней. Затем измеренные значения амплитуды звукового сигнала заменяются значениями, округленными до ближайшего уровня квантования (см. рис. 3).

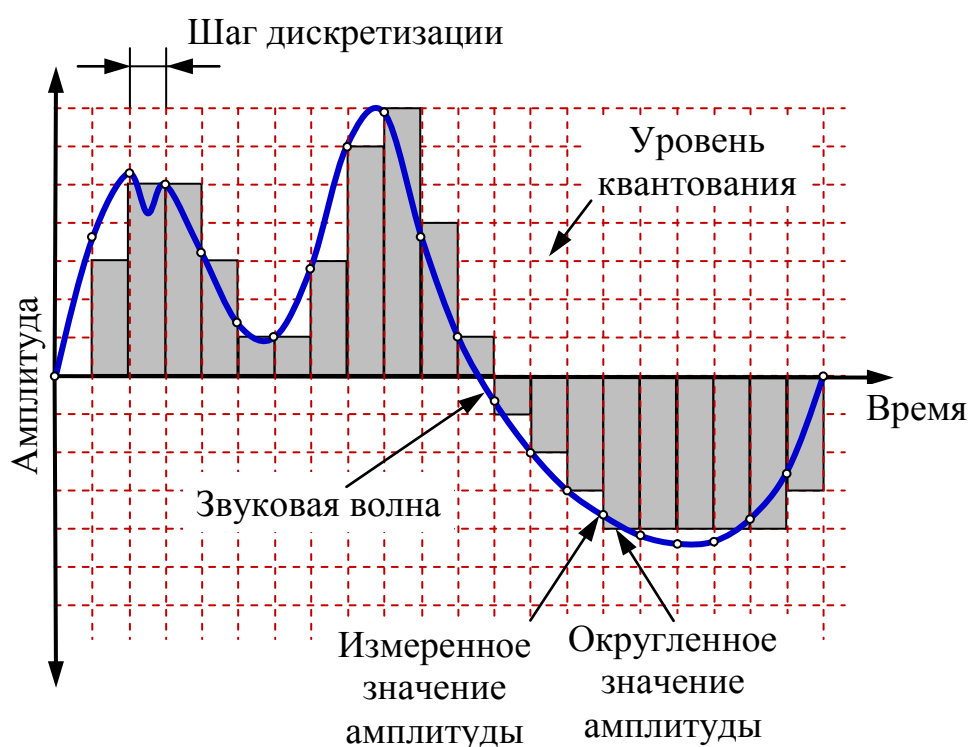


Рис. 3. Схема дискретизации звука

Устройство, выполняющее преобразование аналогового звукового сигнала в дискретный (цифровой), называется аналого-цифровым преобразователем. При воспроизведении звукового файла происходит обратное преобразование дискретного сигнала из цифрового в аналоговый.

Качество кодирования звукового сигнала определяется частотой дискретизации и глубиной звука. Чем выше частота дискретизации, т. е. чем чаще производятся измерения звукового сигнала, тем точнее будет представлен звук, но при этом увеличивается и размер звукового файла. Поэтому в зависимости

от характера звука и требований, предъявляемых к его качеству и объему занимаемой памяти, выбираются компромиссные значения параметров дискретизации.

Например, в формате компакт-дисков *audioDVD* за одну секунду сигнал измеряется 96 000 раз, т. е. применяют частоту дискретизации 96 кГц. Для экономии места на жестком диске в мультимедийных приложениях довольно часто применяются меньшие частоты: 11, 22, 32 кГц. Это приводит к уменьшению слышимого диапазона частот, а значит, происходит существенное искажение звука. При частоте 8 кГц (количество измерений в секунду – 8 000) качество оцифрованного звукового сигнала соответствует качеству радиотрансляции.

Глубина звука – минимальное количество битов, необходимых для записи значения амплитуды (всех возможных уровней квантования) на каждом шаге дискретизации. Как правило, применяется кодирование звука с глубиной 8, 16 или 20 битов (табл. 4).

Таблица 4

Сферы применения звука в зависимости от глубины кодирования
исходного звукового сигнала

Глубина звука, битов	Количество уровней квантования	Сфера применения
8	256	Мультимедийные приложения, где не требуется высокое качество звука
16	65536	Запись компакт-дисков
20	1048576	Высококачественная оцифровка звука

Информационный объем звукового файла I определяется по выражению:

$$I = n \cdot \nu \cdot t \cdot G_{\text{зв}}. \quad (6)$$

где I – информационный объем звукового файла, битов;

n – количество каналов записи звука ($n = 1$ – моно, $n = 2$ – стерео, $n = 4$ – квадрофоническое звучание);

ν – частота дискретизации, Гц;

t – время записи файла, с;

$G_{\text{зв}}$ – глубина (кодирования) звука, битов.

Описанный способ кодирования звуковой информации достаточно универсален, он позволяет представить любой звук и преобразовывать его самыми разными способами.

Рассмотрим примеры определения информационного объема звуковых файлов с различным качеством кодирования звука.

Пример 10. Производится одноканальная звукозапись с частотой дискретизации 48 000 Гц и глубиной кодирования 16 битов. Запись длится 10 с, ее результаты записываются в файл, сжатие данных не производится. Вычислить размер полученного файла в мегабайтах.

Дано:	<i>Решение.</i>
$n = 1;$	Найдем информационный объем звукового файла для
$\nu = 48000 \text{ Гц};$	хранения информации об n -канальной записи по формуле (6):
$G_{\text{зв}} = 16 \text{ битов};$	$I = 1 \cdot 48000 \cdot 10 \cdot 16 = 7680000 \text{ битов.}$
$t = 10 \text{ с.}$	Переведем полученный результат в мегабайты:
Найти: $I.$	$I = \frac{7680000}{8 \cdot 1024 \cdot 1024} = 0,92 \text{ Мбайта.}$
	Ответ: $I = 0,92 \text{ Мбайта.}$

Пример 11. Производится стереозвукозапись с частотой дискретизации 96 000 Гц и глубиной кодирования 32 бита. Запись длится 10 с, ее результаты записываются в файл, сжатие данных не производится. Вычислить размер полученного файла в мегабайтах.

Дано:	<i>Решение.</i>
$n = 2;$	Найдем информационный объем звукового файла для
$\nu = 96000 \text{ Гц};$	хранения информации об n -канальной записи по формуле (6):
$G_{\text{зв}} = 32 \text{ бита};$	$I = 2 \cdot 96000 \cdot 10 \cdot 32 = 61440000 \text{ битов.}$
$t = 10 \text{ с.}$	Переведем полученный результат в мегабайты:
Найти: $I.$	$I = \frac{61440000}{8 \cdot 1024 \cdot 1024} = 7,32 \text{ Мбайта.}$
	Ответ: $I = 7,32 \text{ Мбайта.}$

4.2. Форматы звуковой информации

На описанных выше принципах основывается формат кодирования звука WAV (от англ. *waveform audio* – волновая форма аудио). Звуковой файл в этом формате можно получить от подключаемых к компьютеру стандартных устройств работы со звуком, например, микрофона. Формат WAV требует большого объема памяти. Например, при записи стереофонического звука с параметрами, обеспечивающими хорошее качество звучания (частотой дискретизации 44 кГц и глубиной звука 16 битов), на одну минуту записи требуется около 10 мегабайтов памяти.

Для получения файла с высоким качеством звучания и занимающего меньший объем памяти (за счет большой степени сжатия информации) применяется формат MP3. Например, при записи стереофонического звука с указанными выше параметрами на одну минуту записи требуется около 4 Мбайтов памяти.

С 1983 г. используется стандарт MIDI (от англ. *musical instruments digital interface* – цифровой интерфейс музыкальных инструментов), в котором применяется система кодов для записи звуков в виде «образцов» – музыкальных фрагментов или нот. Такая система кодирования предназначена только для записи инструментальной музыки. Преимуществами стандарта MIDI являются чрезвычайно компактная запись, естественность для музыканта (MIDI-редактор позволяет работать с музыкой в виде обычных нот), легкость замены инструментов, изменения темпа и тональности мелодии.

5. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

- 1) Что такое кодирование и декодирование информации?
- 2) Для чего необходима кодировочная таблица?
- 3) От каких параметров зависит качество изображения?
- 4) Как определить минимально необходимый информационный объем видеопамати компьютера?
- 5) Каковы параметры дискретизации аналогового звукового сигнала?

6. ПРИМЕРЫ ТЕСТОВЫХ ВОПРОСОВ

Вопрос № 1 (один верный ответ)

Шахматная доска состоит из 64 полей: 8 столбцов и 8 строк. Какое минимальное количество битов потребуется для кодирования координат одного шахматного поля?

Варианты ответов:

- 1) 4;
- 2) 5;
- 3) 6;
- 4) 7.

Вопрос № 2 (один верный ответ)

С помощью какой кодировочной таблицы можно закодировать 65536 различных символов?

Варианты ответов:

- 1) *Unicode*;
- 2) КОИ-8Р;
- 3) *ASCII*;
- 4) CP-1251.

Вопрос № 3 (один верный ответ)

256-цветный рисунок содержит 1 Кбайт информации. Из какого количества точек он состоит?

Варианты ответов:

- 1) 128;
- 2) 1024;
- 3) 256;
- 4) 512.

Вопрос № 4 (один верный ответ)

Качество кодирования непрерывного звукового сигнала зависит ...

Варианты ответов:

- 1) от частоты дискретизации и глубины звука;
- 2) от глубины цвета и разрешающей способности монитора;

- 3) от международного стандарта кодирования;
4) ни от чего не зависит.

7. ЗАДАНИЯ

Задание 1. В соответствии с индивидуальным вариантом (табл. 5) кодируйте слово, составленное из набора символов, с использованием двоичного кода. Запишите результат в указанной системе счисления.

Таблица 5

Исходные данные для задания 1

Вариант	Слово	Набор символов	Система счисления
1	2	3	4
0	ЗАГОТОВКА	Е,З,А,Г,О,Т,В,К	16
1	РЕЗЕЦ	Р,Е,З,Ц	8
2	СТАНОК	К,О,Н,А,С,Т,Р	16
3	ПРИСПОСОБЛЕНИЕ	М,П,Р,И,С,О,Б,Л,Е,Н	8
4	ВАГОН	Н,У,О,Г,А,В,Р	16
5	РЕЛЬС	С,Е,Р,Ь,Л,О,К	16
6	ЛОКОМОТИВ	Е,В,И,Т,О,К,Л,М,Р	8
7	ТЕЛЕЖКА	А,Е,Т,Ж,Л,О,К	16
8	ШКВОРЕНЬ	Ь,Ш,К,О,Р,В,Е,Н	16
9	ДЕПО	Ц,О,Д,Е	8
10	КОЛЕСО	О,Е,К,С,Л	16
11	ИНСТРУМЕНТ	Т,У,М,И,Н,С,Р,Е	16
12	СТАПЕЛЬ	О,К,С,Т,А,Ь,Е,Ц,Л	8
13	ПОДВЕСКА	А,С,К,О,П,Д,В,Е	16
14	ДВИГАТЕЛЬ	Ь,И,Д,О,В,А,Г,Т,Е,Л	8
15	СЕТЬ	Ь,С,Т,Е	8
16	СИГНАЛ	С,А,Л,И,Г,Н	16
17	УСТРОЙСТВО	О,У,С,Т,Р,Й,В	16
18	СИСТЕМА	К,С,А,М,О,Р,Т,Е,И	8

Задание 2. Сообщение, записанное с помощью N -символьного алфавита, содержит $k_{\text{стр}}$ страниц, на каждой странице $k_{\text{стрк}}$ строк, в каждой строке $k_{\text{симв}}$ символов. В соответствии с индивидуальным вариантом (табл. 6) определите информационный объем сообщения в килобайтах.

Таблица 6

Исходные данные для задания 2

Вариант	Количество символов N в алфавите	Количество страниц $k_{\text{стр}}$	Количество строк $k_{\text{стрк}}$	Количество символов в строке $k_{\text{симв}}$
0	16	10	11	31
1	32	12	13	33
2	64	14	15	35
3	128	16	17	37
4	256	18	19	21
5	512	20	21	45
6	16	22	23	52
7	256	24	25	34
8	128	26	27	13
9	64	28	29	39
10	32	30	31	41
11	16	28	33	26
12	32	26	35	72
13	64	24	11	34
14	128	22	13	62
15	256	20	15	42
16	512	18	17	43
17	128	16	19	51
18	32	14	21	27

Задание 3. На складе находится N деталей. Специальное устройство регистрирует прохождение каждой детали на сборочные операции в цех, записывая данный процесс с использованием минимально возможного целого

количества битов, одинакового для каждой детали. В соответствии с индивидуальным вариантом (табл. 7) определите информационный объем сообщения, записанного устройством, после прохождения k деталей.

Таблица 7

Исходные данные для задания 3

Вариант	Количество деталей N	Количество деталей k	Вариант	Количество деталей N	Количество деталей k
0	60	40	10	777	280
1	119	70	11	99	70
2	112	30	12	20	8
3	56	25	13	45	37
4	131	100	14	200	125
5	87	60	15	196	170
6	300	45	16	154	60
7	300	160	17	126	100
8	125	90	18	359	168
9	111	50			

Задание 4. При регистрации в компьютерной системе каждому инженеру выдается k -значный пароль, генерируемый из N -символьного алфавита. Каждый такой пароль в компьютерной программе записывается минимально возможным и одинаковым целым количеством битов. В соответствии с индивидуальным вариантом (табл. 8) определите объем памяти для хранения в программе n паролей.

Таблица 8

Исходные данные для задания 4

Вариант	Количество символов N	Количество символов k	Количество паролей n
1	2	3	4
0	15	7	25
1	31	12	10

Окончание табл. 8

1	2	3	4
2	35	15	12
3	44	9	34
4	23	12	29
5	67	11	63
6	73	10	24
7	54	9	14
8	62	6	16
9	33	19	42
10	42	8	33
11	16	17	62
12	14	13	54
13	24	18	73
14	63	11	67
15	29	12	23
16	34	9	44
17	12	6	35
18	10	15	31

Задание 5. Графический файл содержит N -цветное изображение размером $X \times Y$ точек. В соответствии с индивидуальным вариантом (табл. 9) определите информационную емкость файла в байтах.

Таблица 9

Исходные данные для задания 5

Вариант	Количество цветов N	Количество точек X по горизонтали	Количество точек Y по вертикали
1	2	3	4
0	2	800	600
1	64	1024	600
2	256	1024	768
3	65536	1280	720

1	2	3	4
4	16 777 216	1280	768
5	4096	1360	768
6	2	1366	768
7	64	1920	1080
8	256	800	600
9	65536	1024	600
10	16 777 216	1024	768
11	4096	1280	720
12	2	1280	768
13	64	1360	768
14	256	1366	768
15	65536	1920	1080
16	16 777 216	1360	768
17	4096	1366	768
18	256	1920	1080

Задание 6. Производится n -канальная звукозапись с частотой дискретизации ν и глубиной кодирования $G_{зв}$. Запись длится t с, ее результаты записываются в файл, сжатие данных не производится. В соответствии с индивидуальным вариантом (табл. 10) вычислите размер полученного файла в мегабайтах.

Таблица 10

Исходные данные для задания 6

Вариант	Количество каналов n	Частота дискретизации ν , кГц	Глубина кодирования $G_{зв}$, битов	Продолжительность записи t , с
1	2	3	4	5
0	1	48	16	120
1	1	22	16	120
2	2	48	24	60
3	2	22	24	120
4	1	11	24	420

1	2	3	4	5
5	1	16	32	480
6	2	8	24	240
7	1	44,1	16	120
8	2	11	16	360
9	1	11	24	240
10	2	16	32	720
11	1	8	16	120
12	2	44,1	24	60
13	1	16	32	360
14	4	32	24	60
15	1	48	32	120
16	1	16	32	720
17	4	16	24	240
18	1	22	16	240

Библиографический список

1. Гаврилов М. В. Информатика и информационные технологии: Учебник / М. В. Гаврилов, В. А. Климов. М.: Юрайт, 2019. 383 с.
2. Трофимов В. В. Информатика: Учебник: В 2 т. / В. В. Трофимов. М.: Юрайт, 2019. Т. 1. 553 с.
3. Ерошенко А. В. Системы счисления: Учебно-методическое пособие к выполнению самостоятельной работы по дисциплине «Информатика» / А. В. Ерошенко, О. А. Шендалева / Омский гос. ун-т путей сообщения. Омск, 2017. 27 с.

Учебное издание

ДОЛГОВА Анна Владимировна,
ЕРОШЕНКО Александра Викторовна,
ТРОФИМОВА Людмила Николаевна

КОДИРОВАНИЕ ИНФОРМАЦИИ

Учебно-методическое пособие

Редактор Н. А. Майорова
Корректор С. А. Фаронская

Подписано в печать 10.06.2020 . Формат $60 \times 84 \frac{1}{16}$.
Офсетная печать. Бумага офсетная. Усл. печ. л. . Уч.-изд. л. .
Тираж 100 экз. Заказ .

**

Редакционно-издательский отдел ОмГУПСа
Типография ОмГУПСа

*

644046, г. Омск, пр. Маркса, 35