

(19)



**Евразийское  
патентное  
ведомство**

(11) **021966**(13) **B1**

**(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ЕВРАЗИЙСКОМУ ПАТЕНТУ**

**(45)** Дата публикации и выдачи патента  
**2015.10.30**

**(51)** Int. Cl. **H03M 13/19** (2006.01)

**(21)** Номер заявки  
**201070630**

**(22)** Дата подачи заявки  
**2008.11.25**

---

**(54) УСТРОЙСТВО И СПОСОБ ОБРАБОТКИ ДАННЫХ, А ТАКЖЕ КОДИРУЮЩЕЕ  
УСТРОЙСТВО И СПОСОБ КОДИРОВАНИЯ**

---

**(31)** 2007-304689; 2007-304690; 2008-070467;  
PCT/JP2008/070960

**(32)** 2007.11.26; 2007.11.26; 2008.03.18;  
2008.11.18

**(33)** JP

**(43)** 2010.12.30

**(86)** PCT/JP2008/071312

**(87)** WO 2009/069580 2009.06.04

**(71)(73)** Заявитель и патентовладелец:  
**СОНИ КОРПОРЕЙШН (JP)**

**(72)** Изобретатель:  
**Ёкокава Такаси, Ямамото Макико,  
Окада Сатоси, Икегая Рьёдзи (JP)**

**(74)** Представитель:  
**Фелицына С.Б. (RU)**

**(56)** Le Goff, S.Y. "Signal constellations for bit-interleaved coded modulation", Information Theory, IEEE Transactions on, Volume 49, Issue 1, Jan. 2003, Page(s): 307-313

Maddock, R.D.; Banihashemi, A.H., "Reliability-based coded modulation with low-density parity-check codes", Communications, IEEE Transactions on, Volume 54, Issue 3, March 2006, Page(s): 403-406

JP-A-2008263566

**(57)** Изобретение относится к устройству обработки данных и к способу обработки данных, а также к кодирующему устройству и способу кодирования, которые могут улучшить устойчивость к ошибкам. В коде LDPC, который предписан стандартом DVB-S.2 и имеет длину кода 64.800 и скорость кодирования 2/3,  $m$  б кодовых разрядов заменяются, и кодовые разряды после этой замены становятся символьными разрядами  $b$  символов. Если  $m$  равно 8, а  $b$  равно 2, когда  $(i+1)$ -й бит из наиболее значимого бита из  $8 \times 2$  кодовых разрядов и  $8 \times 2$  символьных разрядов двух следующих друг за другом символов представлены через  $b_i$  и  $u_i$ , соответственно, осуществляется замена назначения  $b_0$  биту  $u_{15}$ , бита  $b_1$  биту  $u_7$ , бита  $b_2$  биту  $u_1$ , бита  $b_3$  биту  $u_5$ , бита  $b_4$  биту  $u_6$ , бита  $b_5$  биту  $u_{13}$ , бита  $b_6$  биту  $u_{11}$ , бита  $b_7$  биту  $u_9$ , бита  $b_8$  биту  $u_8$ , бита  $b_9$  биту  $u_{14}$ , бита  $b_{10}$  биту  $u_{12}$ , бита  $b_{11}$  биту  $u_3$ , бита  $b_{12}$  биту  $u_0$ , бита  $b_{13}$  биту  $u_{10}$ , бита  $b_{14}$  биту  $u_4$  и бита  $b_{15}$  биту  $u_2$ . Настоящее изобретение может применяться, например, в передающей системе для передачи кода LDPC и т.д.

**021966 B1**

**021966 B1**

### Область техники, к которой относится изобретение

Данное изобретение относится к устройству обработки данных и к способу обработки данных, а также к кодирующему устройству и способу кодирования, в частности к устройству обработки данных и к способу обработки данных, а также к кодирующему устройству и способу кодирования, которые могут улучшить, например, устойчивость к ошибкам.

### Уровень техники

Код LDPC (низкой плотности с контролем чётности) имеет высокую способность исправлять ошибки и в последние годы начал широко применяться в системах передачи, в том числе в спутниковых цифровых вещательных системах, таких как, например, используемая в Европе система DVB (цифровое видеовещание) -S.2 (см., например, непатентный документ 1). Далее, проводились исследования для приспособления кода LDPC также к наземному цифровому вещанию следующего поколения.

Недавнее исследование обнаружило, что кодом LDPC обеспечивается пропускная способность, близкая к пределу Шеннона, по мере увеличения длины кода аналогично турбокоду и т.п. Далее, поскольку код LDPC имеет свойство, что минимальное расстояние увеличивается пропорционально длине кода, его особенность состоит в том, что он имеет превосходную характеристику вероятности блочной ошибки. Кроме того, его преимущество состоит в том, что так называемое явление потолка ошибок, которое наблюдается в характеристике декодирования турбокода и т.п., происходит редко.

Ниже описывается, в частности, такой код LDPC, как описано выше. Следует отметить, что код LDPC является линейным кодом, и хотя он не обязательно должен быть двумерным кодом, нижеследующее описание даётся в предположении, что он представляет собой двумерный код.

Код LDPC имеет наиболее значимую характеристику в том, что матрица проверки на чётность, которая определяет код LDPC, является разреженной матрицей. Здесь, разреженная матрица представляет собой матрицу, в которой число тех элементов, значение которых равно "1", очень мало (матрица, в которой почти все элементы равны "0").

Фиг. 1 показывает пример матрицы  $H$  проверки на чётность кода LDPC.

В матрице  $H$  проверки на чётность по фиг. 1 вес каждого столбца (вес столбца) (число единиц) (вес) равен "3" и вес каждой строки (вес строки) равен "6".

При кодировании кодами LDPC (кодирование LDPC), например, порождающая матрица  $G$  получается на основе матрицы  $H$  проверки на чётность и эта порождающая матрица  $G$  перемножается на биты двумерной информации для получения кодового слова (код LDPC).

В частности, кодирующее устройство, которое осуществляет кодирование LDPC, сначала вычисляет порождающую матрицу  $G$ , которая удовлетворяет выражению  $GH^T=0$ , вместе с транспонированной матрицей  $H^T$  из матрицы  $H$  проверки на чётность. Здесь, если порождающая матрица  $G$  является матрицей размером  $K \times N$ , кодирующее устройство перемножает порождающую матрицу  $G$  на битовую строку (вектор  $u$ ) из  $K$  информационных разрядов для получения кодового слова  $s (=uG)$  из  $N$  битов. Это кодовое слово (код LDPC), выработанное кодирующим устройством, принимается приёмной стороной через заранее заданный тракт связи.

Декодирование кода LDPC можно осуществлять с помощью алгоритма, предложенного Галлагером в качестве вероятностного декодирования (вероятностное декодирование), т.е. алгоритма пропуска сообщения путём доверительного распространения на так называемом графе Таннера, включающем в себя узел переменной (именуемый также узлом сообщения) и узел проверки. В нижеследующем описании каждый из узла переменной и узла проверки именуется просто узлом.

Фиг. 2 иллюстрирует процедуру декодирования кода LDPC.

Следует отметить, что в нижеследующем описании реальное числовое значение, где "0" вероятность в значении  $n$ -го кодового разряда в коде LDPC (одного кодового слова), принятого приёмной стороной, представлено в логарифмическом отношении вероятностей и называется принятым значением  $u_{oi}$ . Далее, сообщение, выходящее из узла проверки, представлено как  $v_j$ , а сообщение, выходящее из узла переменной, представлено как  $v_i$ .

Сначала при декодировании кода LDPC, как видно из фиг. 2, принимается код LDPC, и сообщение (сообщение узла проверки)  $v_j$  инициализируется на "0", а помимо этого переменная  $k$ , которая предполагается целой как цикловая переменная повторяющихся процессов, инициализируется на "0" на этапе S11, после чего обработка переходит к этапу S12. На этапе S12 осуществляется математическая операция, представленная выражением (1) (математическая операция узла переменной) на основе принятого значения  $u_{oi}$ , полученного путём приёма кода LDPC, для нахождения сообщения (сообщение узла переменной)  $v_i$ . Далее, осуществляется математическая операция, представленная выражением (2) (математическая операция узла проверки) на основе сообщения  $v_i$  для определения сообщения  $v_j$ .

Выражение 1

$$v_i = u_{oi} + \sum_{j=1}^{d_v-1} u_j \quad (1)$$

Выражение 2

$$\tanh\left(\frac{u_i}{2}\right) = \prod_{i=1}^{d_c-1} \tanh\left(\frac{v_i}{2}\right) \quad (2)$$

Здесь,  $d_v$  и  $d_c$  в выражении (1) и выражении (2) являются параметрами, которые могут быть выбраны произвольно и представляют число единиц в вертикальном направлении (столбце) и горизонтальном направлении (строке) матрицы  $H$  проверки на чётность. Например, в случае кода (3, 6) имеем  $d_v=3$  и  $d_c=6$ .

Следует отметить, что в математической операции узла переменной в выражении (1) и математической операции узла проверки в выражении (2) диапазон математической операции составляет от 1 до  $d_v - 1$  или от 1 до  $d_c - 1$ , потому что сообщение, введённое от ребра (линия, пересекающая узел переменной и узел проверки), от которого сообщение должно выводиться, не составляет объекта математической операции. Между тем, математическая операция узла проверки в выражении (2) осуществляется путём составления заранее таблицы для функции  $R(v_1, v_2)$ , представленной выражением (3), определённым одним выходом по отношению к двум входам  $v_1$  и  $v_2$ , и использования этой таблицы последовательно (рекурсивно), как представлено выражением (4).

Выражение 3

$$x = 2 \tanh^{-1}\{\tanh(v_1/2) \tanh(v_2/2)\} = R(v_1, v_2) \quad (3)$$

Выражение 4

$$u_j = R(v_1, R(v_2, R(v_3, \dots, R(v_{d_c-2}, v_{d_c-1}))) \quad (4)$$

На этапе S12 переменная  $k$  получает приращение на "1", и обработка переходит к этапу S13. На этапе S13 принимается решение, превышает ли переменная  $k$  заранее заданное число  $C$  раз повторного декодирования. Если на этапе S13 принимается решение, что переменная  $k$  не выше  $C$ , обработка возвращается к этапу S12, и после этого повторяется та же самая обработка.

С другой стороны, если на этапе S13 принимается решение, что переменная  $k$  выше  $C$ , обработка переходит к этапу S14, на котором определяется и выводится сообщение  $v_i$  как результат декодирования, подлежащий наконец выведению путём осуществления математической операции, представленной выражением (5), благодаря чему процесс декодирования кода LDPC заканчивается.

Выражение 5

$$v_i = u_{oi} + \sum_{j=1}^{d_v} u_{ij} \quad (5)$$

Здесь, математическая операция по выражению (5) осуществляется, в отличие от математической операции узла переменной по выражению (1), с использованием сообщения  $u_j$  от всех рёбер, соединённых с узлом переменной.

Фиг. 3 иллюстрирует пример матрицы  $H$  проверки на чётность кода LDPC (3, 6) (скорость кодирования 1/2, длина кода 12).

В матрице  $H$  проверки на чётность по фиг. 3 вес столбца равен 3, а вес строки равен 6 аналогично примеру по фиг. 1.

Фиг. 4 показывает граф Таннера для матрицы  $H$  проверки на чётность по фиг. 3.

Здесь на фиг. 4 узел проверки представлен значком "+", а узел переменной представлен значком "=". Узел проверки и узел переменной соответствуют строке и столбцу матрицы  $H$  проверки на чётность соответственно. Соединение между узлом проверки и узлом чётности является ребром и соответствует "1" элемента в матрице проверки на чётность.

В частности, когда элемент в  $j$ -й строке  $i$ -го столбца матрицы проверки на чётность равен 1,  $i$ -й узел переменной (узел "=") сверху и  $j$ -й узел проверки (узел "+") сверху соединены ребром. Это ребро представляет то, что кодовый разряд, соответствующий узлу переменной, имеет ограничивающее условие, соответствующее узлу проверки.

В алгоритме произведения сумм (алгоритм произведения сумм), который представляет собой способ декодирования для кодов LDPC, математическая операция узла переменной и математическая операция узла проверки осуществляются многократно.

Фиг. 5 иллюстрирует математическую операцию узла переменной, осуществляемую по отношению к узлу переменной.

По отношению к узлу переменной сообщение  $v_i$ , соответствующее подлежащему вычислению ребру, определяется математической операцией узла переменной по выражению (1), которое использует сообщения  $u_1$  и  $u_2$  от остальных рёбер, соединяющихся с этим узлом переменной, и принятое значение  $u_{oi}$ . Кроме того, сообщение, соответствующее любому другому ребру, определяется аналогично.

Фиг. 6 иллюстрирует математическую операцию узла проверки, осуществляемую в узле проверки.

Здесь, математическая операция узла проверки по выражению (2) может осуществляться, если переписать выражение (2) в выражение (6) с помощью соотношения в выражении

$a \times b = \exp\{\ln(|a|) + \ln(|b|)\} \times \text{sign}(a) + \text{sign}(b)$ . Следует отметить, что  $\text{sign}(a)$  равно 1, когда  $x \geq 0$ , но равно -1, когда  $x < 0$ .

Выражение 6

$$\begin{aligned} u_j &= 2 \tanh^{-1} \left( \prod_{i=1}^{d_c-1} \tanh \left( \frac{v_i}{2} \right) \right) \\ &= 2 \tanh^{-1} \left[ \exp \left\{ \sum_{i=1}^{d_c-1} \ln \left( \tanh \left( \frac{v_i}{2} \right) \right) \right\} \times \prod_{i=1}^{d_c-1} \text{sign} \left( \tanh \left( \frac{v_i}{2} \right) \right) \right] \\ &= 2 \tanh^{-1} \left[ \exp \left\{ - \left( \sum_{i=1}^{d_c-1} - \ln \left( \tanh \left( \frac{|v_i|}{2} \right) \right) \right) \right\} \times \prod_{i=1}^{d_c-1} \text{sign}(v_i) \right] \end{aligned} \quad (6)$$

Далее, если  $x \geq 0$ , функция  $\phi(x) = \ln(\tanh(x/2))$ , тогда, поскольку удовлетворяется выражение  $\phi^{-1}(x) = 2 \tanh^{-1}(e^{-x})$ , выражение (6) можно преобразовать в выражение (7).

Выражение 7

$$u_j = \phi^{-1} \left( \sum_{i=1}^{d_c-1} \phi(|v_i|) \right) \times \prod_{i=1}^{d_c-1} \text{sign}(v_i) \quad (7)$$

В узле проверки математическая операция узла проверки по выражению (2) осуществляется в соответствии с выражением (7).

В частности, в узле проверки сообщение  $u_j$ , соответствующее подлежащему вычислению ребру, определяется математической операцией узла проверки по выражению (7) с помощью сообщений  $v_1, v_2, v_3, v_4$  и  $v_5$  от остальных рёбер, соединяющихся с этим узлом проверки. Кроме того, сообщение, соответствующее любому другому ребру, определяется аналогично.

Следует отметить, что функция  $\phi(x)$  в выражении (7) может быть представлена также в виде  $\phi(x) = \ln((e^x + 1)/(e^x - 1))$ , и если  $x > 0$ , то  $\phi(x) = -\phi^{-1}(x)$ . Когда функции  $\phi(x)$  и  $\phi^{-1}(x)$  воплощены в аппаратном виде, где они иногда воплощаются с помощью просмотровой таблицы (LUT), такие просмотровые таблицы становятся одной и той же просмотровой таблицей.

Непатентный документ 1: DVB-S.2: ETSI EN 302 307 V1.1.2 (2006-06).

### Сущность изобретения

Техническая проблема.

Код LDPC принят в DVB-S.2, который является стандартом для спутникового цифрового вещания, и в DVB-T.2, который является стандартом для наземного цифрового вещания следующего поколения. Далее, планируется принять код LDPC в DVB-C.2, который является стандартом для цифрового вещания кабельного телевидения (CATV) следующего поколения.

При цифровом вещании в соответствии со стандартом для DVB, таким как DVB-S.2, код LDPC преобразуется (отображается в символической форме) символами ортогональной модуляции (цифровой модуляции), такой как квадратурная фазовая манипуляция (КФМн) (QPSK), и эти символы отображаются в сигнальные точки и передаются.

При отображении кода LDPC в символической форме замена кодовых разрядов кода LDPC осуществляется в блоке из двух или более двоичных разрядов, и после такой замены кодовые разряды определяются как биты символа.

Хотя в качестве способа замены кодовых разрядов для отображения кода LDPC в символической форме предложены разнообразные способы, требуется предложение способа, который ещё больше улучшит устойчивость к различным ошибкам по сравнению с уже предложенными способами.

Далее, в отношении также самого кода LDPC, требуется предложение кода LDPC, которое улучшает устойчивость к ошибкам по сравнению с кодами LDPC, описанными в стандартах DVB, таких как стандарт DVB-S.2.

Настоящее изобретение сделано с учётом такой ситуации, как описано выше, и даёт возможность улучшить устойчивость к ошибкам.

Техническое решение.

Устройство обработки данных или способ обработки данных согласно первому объекту настоящего изобретения представляют собой устройство обработки данных или способ обработки данных, в которых, когда кодовые разряды кода LDPC (низкой плотности с контролем чётности), имеющего длину кода в  $N$  битов, записаны в направлении столбца в запоминающем средстве для хранения кодовых разрядов в направлении строки и в направлении столбца, и  $m$  битов из кодовых разрядов кода LDPC, считываемых в направлении строки, устанавливаются в качестве одного символа, и при этом заранее заданное положи-

тельное целое число представлено через  $b$ , запоминающее средство хранит  $mb$  битов в направлении строки и хранит  $N/(mb)$  битов в направлении столбца, и кодовые разряды кода LDPC записываются в направлении столбца и считываются в направлении строки, устройство обработки данных включает в себя средство замены или этап замены для такой замены  $mb$  кодовых разрядов, когда  $mb$  кодовых разрядов, считанных в направлении строки запоминающего средства, устанавливаются в качестве  $b$  символов, чтобы эти кодовые разряды после замены образовали символьные разряды, представляющие символы, причём код LDPC является кодом LDPC, который предписан стандартом DVB-S.2 или DVB-T.2 и который имеет длину кода  $N$ , равную 64.800, и имеет скорость кодирования  $2/3$ , при этом  $m$  битов равны 8 битам, тогда как целое число  $b$  равно 2, и 8 битов кода LDPC отображаются в качестве одного символа в одну из 256 сигнальных точек, представленных в 256QAM, запоминающее средство имеет 16 столбцов для хранения  $8 \times 2$  битов в направлении строки и хранения  $64.800/(8 \times 2)$  битов в направлении столбца, средство замены осуществляет замену, когда  $(i+1)$ -й разряд из старшего значащего разряда из  $8 \times 2$  кодовых разрядов, считанных в направлении строки запоминающего средства, представляется как бит  $b_i$ , а  $(i+1)$ -й разряд из старшего значащего разряда из  $8 \times 2$  символьных разрядов двух следующих друг за другом символов представляется как бит  $y_i$ , для назначения бита  $b_0$  биту  $y_{15}$ , бита  $b_1$  биту  $y_7$ , бита  $b_2$  биту  $y_1$ , бита  $b_3$  биту  $y_5$ , бита  $b_4$  биту  $y_6$ , бита  $b_5$  биту  $y_{13}$ , бита  $b_6$  биту  $y_{11}$ , бита  $b_7$  биту  $y_9$ , бита  $b_8$  биту  $y_8$ , бита  $b_9$  биту  $y_{14}$ , бита  $b_{10}$  биту  $y_{12}$ , бита  $b_{11}$  биту  $y_3$ , бита  $b_{12}$  биту  $y_0$ , бита  $b_{13}$  биту  $y_{10}$ , бита  $b_{14}$  биту  $y_4$  и бита  $b_{15}$  биту  $y_2$ .

В таком первом объекте, как описано выше, код LDPC представляет собой код LDPC, который предписан в стандарте DVB-S.2 или DVB-T.2 и который имеет длину кода  $N$ , равную 64.800, и имеет скорость кодирования  $2/3$ , и  $m$  битов равно 8 битов, тогда как целое число  $b$  равно 2. 8 битов кода LDPC отображаются как один символ в одну из 256 сигнальных точек, предписанных в 256QAM. Запоминающее средство имеет 16 столбцов для хранения  $8 \times 2$  битов в направлении строки и хранит  $64.800/(8 \times 2)$  битов в направлении столбца. В этом случае, когда  $(i+1)$ -й бит из старшего значащего разряда из  $8 \times 2$  кодовых разрядов, считанных в направлении строки запоминающего средства, представлен как бит  $b_i$ , а  $(i+1)$ -й бит из старшего значащего разряда из  $8 \times 2$  символьных битов двух следующих друг за другом символов представлен как  $y_i$ , осуществляется замена для назначения бита  $b_0$  биту  $y_{15}$ , бита  $b_1$  биту  $y_7$ , бита  $b_2$  биту  $y_1$ , бита  $b_3$  биту  $y_5$ , бита  $b_4$  биту  $y_6$ , бита  $b_5$  биту  $y_{13}$ , бита  $b_6$  биту  $y_{11}$ , бита  $b_7$  биту  $y_9$ , бита  $b_8$  биту  $y_8$ , бита  $b_9$  биту  $y_{14}$ , бита  $b_{10}$  биту  $y_{12}$ , бита  $b_{11}$  биту  $y_3$ , бита  $b_{12}$  биту  $y_0$ , бита  $b_{13}$  биту  $y_{10}$ , бита  $b_{14}$  биту  $y_4$  и бита  $b_{15}$  биту  $y_2$ .

Кодирующее устройство или способ кодирования согласно второму объекту настоящего изобретения представляет собой кодирующее устройство или способ кодирования, включающие в себя средство кодирования для этапа кодирования, осуществляющего кодирование кодом LDPC, который имеет длину кода 64.800 битов и скорость кодирования  $2/3$ , причём матрица проверки на чётность этого кода LDPC выполнена так, что элементы со значением 1 информационной матрицы, которая соответствует длине кода матрицы проверки на чётность и информационной длине, соответствующей скорости кодирования, разрешаемой по таблице начальных значений матрицы проверки на чётность, представляющей положения элементов со значением 1 информационной матрицы, размещены с периодом каждые 360 столбцов в направлении столбцов, при этом таблица начальных значений матрицы проверки на чётность образована из:

```

317 2255 2324 2723 3538 3576 6194 6700 9101 10057 12739 17407 21039
1958 2007 3294 4394 12762 14505 14593 14692 16522 17737 19245 21272 21379
127 860 5001 5633 8644 9282 12690 14644 17553 19511 19681 20954 21002
2514 2822 5781 6297 8063 9469 9551 11407 11837 12985 15710 20236 20393
1565 3106 4659 4926 6495 6872 7343 8720 15785 16434 16727 19884 21325
706 3220 8568 10896 12486 13663 16398 16599 19475 19781 20625 20961 21335
4257 10449 12406 14561 16049 16522 17214 18029 18033 18802 19062 19526 20748
412 433 558 2614 2978 4157 6584 9320 11683 11819 13024 14486 16860
777 5906 7403 8550 8717 8770 11436 12846 13629 14755 15688 16392 16419
4093 5045 6037 7248 8633 9771 10260 10809 11326 12072 17516 19344 19938
2120 2648 3155 3852 6888 12258 14821 15359 16378 16437 17791 20614 21025
1085 2434 5816 7151 8050 9422 10884 12728 15353 17733 18140 18729 20920
856 1690 12787
6532 7357 9151
4210 16615 18152
11494 14036 17470
2474 10291 10323

```

1778 6973 10739  
4347 9570 18748  
2189 11942 20666  
3868 7526 17706  
8780 14796 18268  
160 16232 17399  
1285 2003 18922  
4658 17331 20361  
2765 4862 5875  
4565 5521 8759  
3484 7305 15829  
5024 17730 17879  
7031 12346 15024  
179 6365 11352  
2490 3143 5098  
2643 3101 21259  
4315 4724 13130  
594 17365 18322  
5983 8597 9627  
10837 15102 20876  
10448 20418 21478  
3848 12029 15228  
708 5652 13146  
5998 7534 16117  
2098 13201 18317  
9186 14548 17776  
5246 10398 18597  
3083 4944 21021  
13726 18495 19921  
6736 10811 17545  
10084 12411 14432  
1064 13555 17033  
679 9878 13547  
3422 9910 20194  
3640 3701 10046  
5862 10134 11498  
5923 9580 15060  
1073 3012 16427  
5527 20113 20883  
7058 12924 15151  
9764 12230 17375  
772 7711 12723  
555 13816 15376  
10574 11268 17932  
15442 17266 20482  
390 3371 8781  
10512 12216 17180  
4309 14068 15783  
3971 11673 20009

9259 14270 17199  
2947 5852 20101  
3965 9722 15363  
1429 5689 16771  
6101 6849 12781  
3676 9347 18761  
350 11659 18342  
5961 14803 16123  
2113 9163 13443  
2155 9808 12885  
2861 7988 11031  
7309 9220 20745  
6834 8742 11977  
2133 12908 14704  
10170 13809 18153  
13464 14787 14975  
799 1107 3789  
3571 8176 10165  
5433 13446 15481  
3351 6767 12840  
8950 8974 11650  
1430 4250 21332  
6283 10628 15050  
8632 14404 16916  
6509 10702 16278  
15900 16395 17995  
8031 18420 19733  
3747 4634 17087  
4453 6297 16262  
2792 3513 17031  
14846 20893 21563  
17220 20436 21337  
275 4107 10497  
3536 7520 10027  
14089 14943 19455

1965 3931 21104  
 2439 11565 17932  
 154 15279 21414  
 10017 11269 16546  
 7169 10161 16928  
 10284 16791 20655  
 36 3175 8475  
 2605 16269 19290  
 8947 9178 15420  
 5687 9156 12408  
 8096 9738 14711  
 4935 8093 19266  
 2667 10062 15972  
 6389 11318 14417  
 8800 18137 18434  
 5824 5927 15314  
 6056 13168 15179  
 3284 13138 18919  
 13115 17259 17332.

В таком втором объекте, как описано выше, осуществляется кодирование кодом LDPC, длина кода которого равна 64.800 битов и скорость кодирования которого равна  $2/3$ . Матрица проверки на чётность этого кода LDPC выполнена так, что элементы со значением 1 информационной матрицы, которая соответствует длине кода этой матрицы проверки на чётность и информационной длине, соответствующей этой скорости кодирования, разрешаемой по таблице начальных значений матрицы проверки на чётность, представляющей положения элементов со значением 1 информационной матрицы, размещены с периодом каждые 360 столбцов в направлении столбцов. Таблица начальных значений матрицы проверки на чётность образована из:

317 2255 2324 2723 3538 3576 6194 6700 9101 10057 12739 17407 21039  
 1958 2007 3294 4394 12762 14505 14593 14692 16522 17737 19245 21272 21379  
 127 860 5001 5633 8644 9282 12690 14644 17553 19511 19681 20954 21002  
 2514 2822 5781 6297 8063 9469 9551 11407 11837 12985 15710 20236 20393  
 1565 3106 4659 4926 6495 6872 7343 8720 15785 16434 16727 19884 21325  
 706 3220 8568 10896 12486 13663 16398 16599 19475 19781 20625 20961 21335  
 4257 10449 12406 14561 16049 16522 17214 18029 18033 18802 19062 19526 20748  
 412 433 558 2614 2978 4157 6584 9320 11683 11819 13024 14486 16860  
 777 5906 7403 8550 8717 8770 11436 12846 13629 14755 15688 16392 16419  
 4093 5045 6037 7248 8633 9771 10260 10809 11326 12072 17516 19344 19938  
 2120 2648 3155 3852 6888 12258 14821 15359 16378 16437 17791 20614 21025  
 1085 2434 5816 7151 8050 9422 10884 12728 15353 17733 18140 18729 20920  
 856 1690 12787  
 6532 7357 9151  
 4210 16615 18152  
 11494 14036 17470

2474 10291 10323  
1778 6973 10739  
4347 9570 18748  
2189 11942 20666  
3868 7526 17706  
8780 14796 18268  
160 16232 17399  
1285 2003 18922  
4658 17331 20361  
2765 4862 5875  
4565 5521 8759  
3484 7305 15829  
5024 17730 17879  
7031 12346 15024  
179 6365 11352  
2490 3143 5098  
2643 3101 21259  
4315 4724 13130  
594 17365 18322  
5983 8597 9627  
10837 15102 20876  
10448 20418 21478  
3848 12029 15228  
708 5652 13146  
5998 7534 16117  
2098 13201 18317

9186 14548 17776  
5246 10398 18597  
3083 4944 21021  
13726 18495 19921  
6736 10811 17545  
10084 12411 14432  
1064 13555 17033  
679 9878 13547  
3422 9910 20194  
3640 3701 10046  
5862 10134 11498  
5923 9580 15060  
1073 3012 16427  
5527 20113 20883  
7058 12924 15151  
9764 12230 17375  
772 7711 12723  
555 13816 15376  
10574 11268 17932  
15442 17266 20482  
390 3371 8781  
10512 12216 17180  
4309 14068 15783  
3971 11673 20009  
9259 14270 17199  
2947 5852 20101  
3965 9722 15363  
1429 5689 16771  
6101 6849 12781  
3676 9347 18761  
350 11659 18342  
5961 14803 16123  
2113 9163 13443  
2155 9808 12885  
2861 7988 11031

7309 9220 20745  
6834 8742 11977  
2133 12908 14704  
10170 13809 18153  
13464 14787 14975  
799 1107 3789  
3571 8176 10165  
5433 13446 15481  
3351 6767 12840  
8950 8974 11650  
1430 4250 21332  
6283 10628 15050  
8632 14404 16916  
6509 10702 16278  
15900 16395 17995  
8031 18420 19733  
3747 4634 17087  
4453 6297 16262  
2792 3513 17031  
14846 20893 21563  
17220 20436 21337  
275 4107 10497  
3536 7520 10027  
14089 14943 19455  
1965 3931 21104  
2439 11565 17932  
154 15279 21414  
10017 11269 16546  
7169 10161 16928  
10284 16791 20655  
36 3175 8475  
2605 16269 19290  
8947 9178 15420  
5687 9156 12408  
8096 9738 14711  
4935 8093 19266  
2667 10062 15972  
6389 11318 14417  
8800 18137 18434  
5824 5927 15314  
6056 13168 15179  
3284 13138 18919  
13115 17259 17332.

Устройство обработки данных или способ обработки данных по третьему объекту настоящего изобретения представляют собой устройство обработки данных или способ обработки данных, в которых, когда кодовые разряды кода LDPC (низкой плотности с контролем чётности), имеющего длину кода в  $N$  битов, записаны в направлении столбца в запоминающем средстве для хранения кодовых разрядов в направлении строки и в направлении столбца, и  $m$  битов из кодовых разрядов кода LDPC, считываемых в направлении строки, устанавливаются в качестве одного символа, и при этом заранее заданное положительное целое число представлено через  $b$ , запоминающее средство хранит  $mb$  битов в направлении строки и хранит  $N/(mb)$  битов в направлении столбца, и кодовые разряды кода LDPC записываются в направлении столбца и считываются в направлении строки, устройство обработки данных или способ обработки данных включают в себя средство замены или этап замены для такой замены  $mb$  кодовых разрядов, когда  $mb$  кодовых разрядов, считанных в направлении строки запоминающего средства, устанавливаются в качестве  $b$  символов, чтобы эти кодовые разряды после замены образовали символьные разряды, представляющие символы, причём код LDPC является кодом LDPC, который имеет длину кода  $N$ , равную 64.800, и имеет скорость кодирования  $2/3$ , при этом  $m$  битов равны 8 битам, 8 битов кода LDPC отображаются в качестве одного символа в одну из 256 сигнальных точек, представленных в 256QAM, запоминающее средство имеет 16 столбцов для хранения  $8 \times 2$  битов в направлении строки и хранения  $64.800/(8 \times 2)$  битов в направлении столбца, на этапе замены осуществляет замену, когда  $(i+1)$ -й разряд из старшего значащего разряда из  $8 \times 2$  кодовых разрядов, считанных в направлении строки запоминающего средства, представляется как бит  $b_i$ , а  $(i+1)$ -й разряд из старшего значащего разряда из  $8 \times 2$  символьных разрядов двух следующих друг за другом символов представляется как бит  $u_i$ , для назначения бита  $b_0$  биту  $u_7$ , бита  $b_1$  биту  $u_2$ , бита  $b_2$  биту  $u_9$ , бита  $b_3$  биту  $u_0$ , бита  $b_4$  биту  $u_4$ , бита  $b_5$  биту  $u_6$ , бита  $b_6$  биту  $u_{13}$ , бита  $b_7$  биту  $u_3$ , бита  $b_8$  биту  $u_{14}$ , бита  $b_9$  биту  $u_{10}$ , бита  $b_{10}$  биту  $u_{15}$ , бита  $b_{11}$  биту  $u_5$ , бита  $b_{12}$  биту  $u_8$ , бита  $b_{13}$  биту  $u_{12}$ , бита  $b_{14}$  биту  $u_{11}$  и бита  $b_{15}$  биту  $u_2$ , причём матрица проверки на чётность этого кода LDPC выполнена так, что элементы со значением 1 информационной матрицы, которая соответствует длине кода матрицы проверки на чётность и информационной длине, соответствующей скорости кодирования, разрешаемой по таблице начальных значений матрицы проверки на чётность, представляющей положения элементов со значением 1 информационной матрицы, размещены с периодом каждые 360 столбцов в направлении столбцов, при этом таблица начальных значений матрицы проверки на чётность образована из:

```

317 2255 2324 2723 3538 3576 6194 6700 9101 10057 12739 17407 21039
1958 2007 3294 4394 12762 14505 14593 14692 16522 17737 19245 21272 21379
127 860 5001 5633 8644 9282 12690 14644 17553 19511 19681 20954 21002
2514 2822 5781 6297 8063 9469 9551 11407 11837 12985 15710 20236 20393
1565 3106 4659 4926 6495 6872 7343 8720 15785 16434 16727 19884 21325
706 3220 8568 10896 12486 13663 16398 16599 19475 19781 20625 20961 21335
4257 10449 12406 14561 16049 16522 17214 18029 18033 18802 19062 19526 20748
412 433 558 2614 2978 4157 6584 9320 11683 11819 13024 14486 16860
777 5906 7403 8550 8717 8770 11436 12846 13629 14755 15688 16392 16419
4093 5045 6037 7248 8633 9771 10260 10809 11326 12072 17516 19344 19938
2120 2648 3155 3852 6888 12258 14821 15359 16378 16437 17791 20614 21025
1085 2434 5816 7151 8050 9422 10884 12728 15353 17733 18140 18729 20920
856 1690 12787
6532 7357 9151
4210 16615 18152
11494 14036 17470
2474 10291 10323
1778 6973 10739
4347 9570 18748
2189 11942 20666
3868 7526 17706

```

8780 14796 18268  
160 16232 17399  
1285 2003 18922  
4658 17331 20361  
2765 4862 5875  
4565 5521 8759  
3484 7305 15829  
5024 17730 17879  
7031 12346 15024  
179 6365 11352  
2490 3143 5098  
2643 3101 21259  
4315 4724 13130  
594 17365 18322  
5983 8597 9627  
10837 15102 20876  
10448 20418 21478  
3848 12029 15228  
708 5652 13146  
5998 7534 16117  
2098 13201 18317  
9186 14548 17776  
5246 10398 18597  
3083 4944 21021  
13726 18495 19921  
6736 10811 17545  
10084 12411 14432  
1064 13555 17033  
679 9878 13547  
3422 9910 20194  
3640 3701 10046  
5862 10134 11498  
5923 9580 15060  
1073 3012 16427  
5527 20113 20883  
7058 12924 15151  
9764 12230 17375  
772 7711 12723  
555 13816 15376  
10574 11268 17932  
15442 17266 20482  
390 3371 8781

10512 12216 17180  
4309 14068 15783  
3971 11673 20009  
9259 14270 17199  
2947 5852 20101  
3965 9722 15363  
1429 5689 16771  
6101 6849 12781  
3676 9347 18761  
350 11659 18342  
5961 14803 16123  
2113 9163 13443  
2155 9808 12885  
2861 7988 11031  
7309 9220 20745  
6834 8742 11977  
2133 12908 14704  
10170 13809 18153  
13464 14787 14975  
799 1107 3789  
3571 8176 10165  
5433 13446 15481  
3351 6767 12840  
8950 8974 11650  
1430 4250 21332  
6283 10628 15050  
8632 14404 16916  
6509 10702 16278  
15900 16395 17995  
8031 18420 19733  
3747 4634 17087  
4453 6297 16262  
2792 3513 17031  
14846 20893 21563  
17220 20436 21337

275 4107 10497  
 3536 7520 10027  
 14089 14943 19455  
 1965 3931 21104  
 2439 11565 17932  
 154 15279 21414  
 10017 11269 16546  
 7169 10161 16928  
 10284 16791 20655  
 36 3175 8475  
 2605 16269 19290  
 8947 9178 15420  
 5687 9156 12408  
 8096 9738 14711  
 4935 8093 19266  
 2667 10062 15972  
 6389 11318 14417  
 8800 18137 18434  
 5824 5927 15314  
 6056 13168 15179  
 3284 13138 18919  
 13115 17259 17332.

В таком третьем объекте, как описано выше, кода LDPC представляет собой код LDPC, который имеет длину кода  $N$ , равную 64.800, и имеет скорость кодирования  $2/3$ , при этом  $m$  битов равны 8 битам, 8 битов кода LDPC отображаются в качестве одного символа в одну из 256 сигнальных точек, предписанных в 256QAM. Запоминающее средство имеет 16 столбцов для хранения  $8 \times 2$  битов в направлении строки и хранения  $64.800/(8 \times 2)$  битов в направлении столбца. В этом случае, когда  $(i+1)$ -й разряд из старшего значащего разряда из  $8 \times 2$  кодовых разрядов, считанных в направлении строки запоминающего средства, представляется как бит  $b_i$ , а  $(i+1)$ -й разряд из старшего значащего разряда из  $8 \times 2$  символьных разрядов двух следующих друг за другом символов представляется как бит  $u_i$ , осуществляется замена для назначения бита  $b_0$  биту  $u_{15}$ , бита  $b_1$  биту  $u_7$ , бита  $b_2$  биту  $u_1$ , бита  $b_3$  биту  $u_5$ , бита  $b_4$  биту  $u_6$ , бита  $b_5$  биту  $u_{13}$ , бита  $b_6$  биту  $u_{11}$ , бита  $b_7$  биту  $u_9$ , бита  $b_8$  биту  $u_8$ , бита  $b_9$  биту  $u_{14}$ , бита  $b_{10}$  биту  $u_{12}$ , бита  $b_{11}$  биту  $u_3$ , бита  $b_{12}$  биту  $u_{13}$ , бита  $b_0$  биту  $u_{10}$ , бита  $b_{14}$  биту  $u_4$  и бита  $b_{15}$  биту  $u_2$ . Далее, матрица проверки на чётность этого кода LDPC выполнена так, что элементы со значением 1 информационной матрицы, которая соответствует длине кода матрицы проверки на чётность и информационной длине, соответствующей скорости кодирования, разрешаемой по таблице начальных значений матрицы проверки на чётность, представляющей положения элементов со значением 1 информационной матрицы, размещены с периодом каждые 360 столбцов в направлении столбцов, при этом таблица начальных значений матрицы проверки на чётность образована из:

317 2255 2324 2723 3538 3576 6194 6700 9101 10057 12739 17407 21039  
1958 2007 3294 4394 12762 14505 14593 14692 16522 17737 19245 21272 21379  
127 860 5001 5633 8644 9282 12690 14644 17553 19511 19681 20954 21002  
2514 2822 5781 6297 8063 9469 9551 11407 11837 12985 15710 20236 20393  
1565 3106 4659 4926 6495 6872 7343 8720 15785 16434 16727 19884 21325  
706 3220 8568 10896 12486 13663 16398 16599 19475 19781 20625 20961 21335  
4257 10449 12406 14561 16049 16522 17214 18029 18033 18802 19062 19526 20748  
412 433 558 2614 2978 4157 6584 9320 11683 11819 13024 14486 16860  
777 5906 7403 8550 8717 8770 11436 12846 13629 14755 15688 16392 16419  
4093 5045 6037 7248 8633 9771 10260 10809 11326 12072 17516 19344 19938  
2120 2648 3155 3852 6888 12258 14821 15359 16378 16437 17791 20614 21025  
1085 2434 5816 7151 8050 9422 10884 12728 15353 17733 18140 18729 20920  
856 1690 12787  
6532 7357 9151  
4210 16615 18152  
11494 14036 17470  
2474 10291 10323  
1778 6973 10739  
4347 9570 18748  
2189 11942 20666  
3868 7526 17706  
8780 14796 18268  
160 16232 17399  
1285 2003 18922  
4658 17331 20361  
2765 4862 5875  
4565 5521 8759  
3484 7305 15829

5024 17730 17879  
7031 12346 15024  
179 6365 11352  
2490 3143 5098  
2643 3101 21259  
4315 4724 13130  
594 17365 18322  
5983 8597 9627  
10837 15102 20876  
10448 20418 21478  
3848 12029 15228  
708 5652 13146  
5998 7534 16117  
2098 13201 18317  
9186 14548 17776  
5246 10398 18597  
3083 4944 21021  
13726 18495 19921  
6736 10811 17545  
10084 12411 14432  
1064 13555 17033  
679 9878 13547  
3422 9910 20194  
3640 3701 10046  
5862 10134 11498  
5923 9580 15060  
1073 3012 16427  
5527 20113 20883  
7058 12924 15151  
9764 12230 17375  
772 7711 12723  
555 13816 15376  
10574 11268 17932  
15442 17266 20482  
390 3371 8781

10512 12216 17180  
4309 14068 15783  
3971 11673 20009  
9259 14270 17199  
2947 5852 20101  
3965 9722 15363  
1429 5689 16771  
6101 6849 12781  
3676 9347 18761  
350 11659 18342  
5961 14803 16123  
2113 9163 13443  
2155 9808 12885  
2861 7988 11031  
7309 9220 20745  
6834 8742 11977  
2133 12908 14704  
10170 13809 18153  
13464 14787 14975  
799 1107 3789  
3571 8176 10165  
5433 13446 15481  
3351 6767 12840  
8950 8974 11650  
1430 4250 21332  
6283 10628 15050  
8632 14404 16916  
6509 10702 16278  
15900 16395 17995  
8031 18420 19733  
3747 4634 17087  
4453 6297 16262  
2792 3513 17031  
14846 20893 21563  
17220 20436 21337

275 4107 10497  
 3536 7520 10027  
 14089 14943 19455  
 1965 3931 21104  
 2439 11565 17932  
 154 15279 21414  
 10017 11269 16546  
 7169 10161 16928  
 10284 16791 20655  
 36 3175 8475  
 2605 16269 19290  
 8947 9178 15420  
 5687 9156 12408  
 8096 9738 14711  
 4935 8093 19266  
 2667 10062 15972  
 6389 11318 14417  
 8800 18137 18434  
 5824 5927 15314  
 6056 13168 15179  
 3284 13138 18919  
 13115 17259 17332.

Следует отметить, что устройство обработки данных и кодирующее устройство могут быть каждое независимым устройством либо могут быть внутренним блоком, который образует одно устройство.

Благоприятные эффекты.

Согласно настоящему изобретению может быть улучшена устойчивость к ошибкам.

#### **Краткое описание чертежей**

Фиг. 1 представляет собой вид, иллюстрирующий матрицу  $N$  проверки на чётность кода LDPC.

Фиг. 2 является блок-схемой алгоритма, иллюстрирующей процедуру декодирования кода LDPC,

Фиг. 3 представляет собой вид, иллюстрирующий пример матрицы проверки на чётность кода LDPC.

Фиг. 4 представляет собой вид, показывающий граф Таннера для матрицы проверки на чётность.

Фиг. 5 представляет собой вид, показывающий узел переменной.

Фиг. 6 представляет собой вид, показывающий узел проверки.

Фиг. 7 представляет собой вид, показывающий пример выполнения варианта осуществления системы передачи, в которой применено настоящее изобретение.

Фиг. 8 является блок-схемой, показывающей пример выполнения передающего устройства 11.

Фиг. 9 представляет собой вид, иллюстрирующий матрицу проверки на чётность.

Фиг. 10 представляет собой вид, иллюстрирующий матрицу чётности.

Фиг. 11 представляет собой вид, иллюстрирующий матрицу проверки на чётность кода LDPC и веса столбцов, предписанные стандартом DVB-S.2.

Фиг. 12 представляет собой вид, иллюстрирующий размещение сигнальных точек 16QAM.

Фиг. 13 представляет собой вид, иллюстрирующий размещение сигнальных точек 64QAM.

Фиг. 14 представляет собой вид, иллюстрирующий размещение сигнальных точек 64QAM.

Фиг. 15 представляет собой вид, иллюстрирующий размещение сигнальных точек 64QAM.

Фиг. 16 представляет собой вид, иллюстрирующий обработку в демультимплексоре 25.

Фиг. 17 представляет собой вид, иллюстрирующий обработку в демультимплексоре 25.

Фиг. 18 представляет собой вид, показывающий граф Таннера, касающийся декодирования кода LDPC.

Фиг. 19 представляет собой вид, показывающий матрицу  $H_T$  чётности, имеющую лестничную структуру, и граф Таннера, соответствующий этой матрице  $H_T$  чётности.

Фиг. 20 представляет собой вид, показывающий матрицу  $H_T$  чётности для матрицы  $N$  проверки на чётность, соответствующей коду LDPC, после перемежения по чётности.



на чётность при скорости кодирования 8/9 и длине кода 64.800.

Фиг. 54 представляет собой вид, иллюстрирующий таблицу начальных значений матрицы проверки на чётность при скорости кодирования 8/9 и длине кода 64.800.

Фиг. 55 представляет собой вид, иллюстрирующий таблицу начальных значений матрицы проверки на чётность при скорости кодирования 9/10 и длине кода 64.800.

Фиг. 56 представляет собой вид, иллюстрирующий таблицу начальных значений матрицы проверки на чётность при скорости кодирования 9/10 и длине кода 64.800.

Фиг. 57 представляет собой вид, иллюстрирующий таблицу начальных значений матрицы проверки на чётность при скорости кодирования 9/10 и длине кода 64.800.

Фиг. 58 представляет собой вид, иллюстрирующий таблицу начальных значений матрицы проверки на чётность при скорости кодирования 9/10 и длине кода 64.800.

Фиг. 59 представляет собой вид, иллюстрирующий способ нахождения матрицы  $H$  проверки на чётность из начальной таблицы матрицы проверки на чётность.

Фиг. 60 представляет собой вид, иллюстрирующий процесс замены в соответствии с существующими способами.

Фиг. 61 представляет собой вид, иллюстрирующий процесс замены в соответствии с существующими способами.

Фиг. 62 представляет собой вид, иллюстрирующий группы кодовых разрядов и группы символьных разрядов, где код LDPC с длиной кода 64.800 и скоростью кодирования 2/3 модулируется посредством 256QAM, а множитель  $b$  равен 2.

Фиг. 63 представляет собой вид, иллюстрирующий правило назначения, где код LDPC с длиной кода 64.800 и скоростью кодирования 2/3 модулируется посредством 256QAM, а множитель  $b$  равен 2.

Фиг. 64 представляет собой вид, иллюстрирующий замену кодовых разрядов в соответствии с правилом назначения, где код LDPC с длиной кода 64.800 и скоростью кодирования 2/3 модулируется посредством 256QAM, а множитель  $b$  равен 2.

Фиг. 65 представляет собой вид, иллюстрирующий частоту появления ошибочных битов (BER), где осуществляется процесс замены по новому способу замены и где осуществляется процесс замены по существующему способу.

Фиг. 66 представляет собой вид, иллюстрирующий пример таблицы начальных значений матрицы проверки на чётность для кода LDPC, у которого  $E_b/N_0$  в качестве порогового значения пропускной способности лучше, чем у стандартного кода.

Фиг. 67 представляет собой вид, иллюстрирующий пример таблицы начальных значений матрицы проверки на чётность для кода LDPC, у которого  $E_b/N_0$  в качестве порогового значения пропускной способности лучше, чем у стандартного кода.

Фиг. 68 представляет собой вид, иллюстрирующий пример таблицы начальных значений матрицы проверки на чётность для кода LDPC, у которого  $E_b/N_0$  в качестве порогового значения пропускной способности лучше, чем у стандартного кода.

Фиг. 69 представляет собой вид, иллюстрирующий соотношения  $E_s/N_0$  и BER, относящиеся к стандартному коду и к предложенному коду.

Фиг. 70 является блок-схемой, показывающей пример выполнения приёмного устройства 12.

Фиг. 71 является блок-схемой алгоритма, иллюстрирующей процесс приёма.

Фиг. 72 представляет собой вид, иллюстрирующий пример матрицы проверки на чётность для кода LDPC.

Фиг. 73 представляет собой вид, иллюстрирующий матрицу (преобразованную матрицу проверки на чётность), полученную путём применения замены строк и замены столбцов к матрице проверки на чётность.

Фиг. 74 представляет собой вид, иллюстрирующий преобразованную матрицу проверки на чётность, поделённую на блоки по 5×5 битов.

Фиг. 75 является блок-схемой, показывающей пример выполнения декодирующего устройства, в котором математическая операция узла осуществляется совместно для  $P$  узлов.

Фиг. 76 является блок-схемой, показывающей пример выполнения секции 56 декодирования LDPC.

Фиг. 77 является блок-схемой, показывающей пример выполнения варианта осуществления компьютера, к которому применено настоящее изобретение.

Фиг. 78 представляет собой вид, иллюстрирующий пример таблицы начальных значений матрицы проверки на чётность для скорости кодирования 2/3 и длины кода 16.200.

Фиг. 79 представляет собой вид, иллюстрирующий пример таблицы начальных значений матрицы проверки на чётность для скорости кодирования 2/3 и длины кода 64.800.

Фиг. 80 представляет собой вид, иллюстрирующий пример таблицы начальных значений матрицы проверки на чётность для скорости кодирования 2/3 и длины кода 64.800.

Фиг. 81 представляет собой вид, иллюстрирующий пример таблицы начальных значений матрицы проверки на чётность для скорости кодирования 2/3 и длины кода 64.800.

Фиг. 82 представляет собой вид, иллюстрирующий пример таблицы начальных значений матрицы



проверки на чётность для скорости кодирования  $1/2$  и длины кода 64.800.

Фиг. 114 представляет собой вид, иллюстрирующий пример таблицы начальных значений матрицы проверки на чётность для скорости кодирования  $1/2$  и длины кода 64.800.

Фиг. 115 представляет собой вид, иллюстрирующий пример таблицы начальных значений матрицы проверки на чётность для скорости кодирования  $3/5$  и длины кода 64.800.

Фиг. 116 представляет собой вид, иллюстрирующий пример таблицы начальных значений матрицы проверки на чётность для скорости кодирования  $3/5$  и длины кода 64.800.

Фиг. 117 представляет собой вид, иллюстрирующий пример таблицы начальных значений матрицы проверки на чётность для скорости кодирования  $3/5$  и длины кода 64.800.

Фиг. 118 представляет собой вид, иллюстрирующий пример таблицы начальных значений матрицы проверки на чётность для скорости кодирования  $1/4$  и длины кода 16.200.

Фиг. 119 представляет собой вид, иллюстрирующий пример таблицы начальных значений матрицы проверки на чётность для скорости кодирования  $1/3$  и длины кода 16.200.

Фиг. 120 представляет собой вид, иллюстрирующий пример таблицы начальных значений матрицы проверки на чётность для скорости кодирования  $2/5$  и длины кода 16.200.

Фиг. 121 представляет собой вид, иллюстрирующий пример таблицы начальных значений матрицы проверки на чётность для скорости кодирования  $1/2$  и длины кода 16.200.

Фиг. 122 представляет собой вид, иллюстрирующий пример таблицы начальных значений матрицы проверки на чётность для скорости кодирования  $3/5$  и длины кода 16.200.

Фиг. 123 представляет собой вид, иллюстрирующий пример таблицы начальных значений матрицы проверки на чётность для скорости кодирования  $3/5$  и длины кода 16.200.

Фиг. 124 представляет собой вид, иллюстрирующий способ нахождения матрицы  $H$  проверки на чётность из начальной таблицы матрицы проверки на чётность.

Фиг. 125 представляет собой вид, иллюстрирующий пример замены кодовых разрядов.

Фиг. 126 представляет собой вид, иллюстрирующий другой пример замены кодовых разрядов.

Фиг. 127 представляет собой вид, иллюстрирующий дополнительный пример замены кодовых разрядов.

Фиг. 128 представляет собой вид, иллюстрирующий ещё один пример замены кодовых разрядов.

Фиг. 129 представляет собой вид, иллюстрирующий результат моделирования BER.

Фиг. 130 представляет собой вид, иллюстрирующий другой результат моделирования BER.

Фиг. 131 представляет собой вид, иллюстрирующий дополнительный результат моделирования BER.

Фиг. 132 представляет собой вид, иллюстрирующий ещё один результат моделирования BER.

Фиг. 133 представляет собой вид, иллюстрирующий пример замены кодовых разрядов.

Фиг. 134 представляет собой вид, иллюстрирующий другой пример замены кодовых разрядов.

Фиг. 135 представляет собой вид, иллюстрирующий дополнительный пример замены кодовых разрядов.

Фиг. 136 представляет собой вид, иллюстрирующий ещё один пример замены кодовых разрядов.

Фиг. 137 представляет собой вид, иллюстрирующий ещё один пример замены кодовых разрядов.

Фиг. 138 представляет собой вид, иллюстрирующий ещё один пример замены кодовых разрядов.

Фиг. 139 представляет собой вид, иллюстрирующий ещё один пример замены кодовых разрядов.

Фиг. 140 представляет собой вид, иллюстрирующий ещё один пример замены кодовых разрядов.

Фиг. 141 представляет собой вид, иллюстрирующий ещё один пример замены кодовых разрядов.

Фиг. 142 представляет собой вид, иллюстрирующий ещё один пример замены кодовых разрядов.

Фиг. 143 представляет собой вид, иллюстрирующий ещё один пример замены кодовых разрядов.

Фиг. 144 представляет собой вид, иллюстрирующий ещё один пример замены кодовых разрядов.

Фиг. 145 представляет собой вид, иллюстрирующий обработку в мультиплексоре 54, который составляет демультиплексор 53.

Фиг. 146 представляет собой вид, иллюстрирующий обработку в демультиплексоре 55 прокрутки столбцов.

Фиг. 147 является блок-схемой, показывающей другой пример выполнения приёмного устройства 12.

Фиг. 148 является блок-схемой, показывающей первый пример выполнения приёмной системы, которая может быть применена в приёмном устройстве 12.

Фиг. 149 является блок-схемой, показывающей второй пример выполнения приёмной системы, которая может быть применена в приёмном устройстве 12.

Фиг. 150 является блок-схемой, показывающей третий пример выполнения приёмной системы, которая может быть применена в приёмном устройстве 12.

Фиг. 151 представляет собой вид, иллюстрирующий группы кодовых разрядов и группы символьных разрядов, где предложенный код с длиной кода 64.800 и скоростью кодирования  $2/3$  модулируется посредством 256QAM, а множитель  $b$  равен 2.

Фиг. 152 представляет собой вид, иллюстрирующий правило назначения, где предложенный код с

длиной кода 64.800 и скоростью кодирования  $2/3$  модулируется посредством 256QAM, а множитель  $b$  равен 2.

Фиг. 153 представляет собой вид, иллюстрирующий замену кодовых разрядов в соответствии с правилом назначения, где предложенный код с длиной кода 64.800 и скоростью кодирования  $2/3$  модулируется посредством 256QAM, а множитель  $b$  равен 2.

Фиг. 154 представляет собой вид, иллюстрирующий BER, где для предложенного кода осуществляется процесс замены по подходящему способу и где для стандартного кода осуществляется процесс замены по существующему способу.

Фиг. 155 представляет собой вид, иллюстрирующий BER в случае, в котором для предложенного кода осуществляется процесс замены по подходящему способу, и в другом случае, в котором для стандартного кода осуществляется процесс замены по существующему способу.

Пояснение ссылочных символов.

11 - передающее устройство; 12 - приёмное устройство; 21 - секция кодирования LDPC; 22 - битовый перемежитель; 23 - перемежитель чётности; 24 - перемежитель прокрутки столбцов; 25 - демультимплексор; 26 - секция отображения; 27 - секция ортогональной модуляции; 31 - память; 32 - секция замены; 51 - секция ортогональной демодуляции; 52 - секция обратного отображения; 53 - деперемежитель; 54 - мультимплексор; 55 - деперемежитель прокрутки столбцов; 56 - секция декодирования LDPC; 300 - запоминающее устройство данных рёбер; 301 - селектор; 302 - секция вычисления узла проверки; 303 - цепь циклического сдвига; 304 - запоминающее устройство данных рёбер; 305 - селектор; 306 - память принятых данных; 307 - секция вычисления узла переменной; 308 - цепь циклического сдвига; 309 - секция вычисления декодированного слова; 310 - секция перестановки принятых данных; 311 - секция реорганизации декодированных данных; 601 - блок обработки кодирования; 602 - запоминающий блок; 611 - узел установки скорости кодирования; 612 - узел считывания таблицы начальных значений; 613 - узел получения матрицы проверки на чётность; 614 - узел считывания информационных разрядов; 615 - узел математической операции чётности кодирования; 616 - управляющий узел; 701 - шина; 702 - ЦП; 703 - ПЗУ; 704 - ОЗУ; 705 - жёсткий диск; 706 - секция вывода; 707 - секция ввода; 708 - секция связи; 709 - привод; 710 - интерфейс ввода-вывода; 711 - съёмный записывающий носитель; 1001 - секция обратной замены; 1002 - память; 1011 - деперемежитель по чётности; 1021 - секция декодирования LDPC; 1101 - секция получения; 1102 - секция обработки декодирования линии передачи; 1103 - секция обработки декодирования информационного источника; 1111 - секция вывода; 1121 - секция записи.

#### **Предпочтительный вариант осуществления изобретения**

Фиг. 7 показывает пример конфигурации варианта осуществления системы передачи, к которой применено настоящее изобретение (выражение "система" означает логическую совокупность множества устройств безотносительно к тому, включены ли отдельные составляющие устройства в единый корпус).

На фиг. 7 система передачи содержит передающее устройство 11 и приёмное устройство 12.

Передающее устройство 11 осуществляет, например, передачу (вещание) телевизионной вещательной программы. То есть передающее устройство 11, например, кодирует в код LDPC объектные данные, которые являются объектом для передачи, такие как данные изображения, звуковые данные и так далее, в качестве телевизионной вещательной программы, и передаёт результирующие данные, например, по тракту 13 связи, такому как спутниковый канал, поверхностные волны и сеть кабельного телевидения (CATV).

Приёмное устройство 12 представляет собой, например, тюнер, телевизионный приёмник или телевизионную приставку (STB) для приёма телевизионной вещательной программы, либо персональный компьютер (ПК) (PC) для приёма интернет-телевидения (IPTV), и принимает коды LDPC, переданные к нему от передающего устройства 11 по тракту 13 связи, декодирует коды эти LDPC в объектные данные и выводит эти объектные данные.

Здесь, известно, что коды LDPC, используемые в системе передачи по фиг. 7, проявляют очень высокую производительность в тракте связи с аддитивным белым гауссовым шумом (AWGN).

Однако в тракте связи, таком как поверхностные волны, иногда происходят пакетные ошибки или стирания. Например, в системе мультиплексирования с ортогональным частотным разделением каналов (OFDM) в многолучевой среде, в которой отношение полезного и мешающего сигналов (D/U) равно 0 dB (мощность мешающего сигнала=эхо равна мощности полезного сигнала=основной тракт), мощность конкретного символа становится нулевой (стирание) в ответ на задержку эхо (трактов иных, нежели основной тракт).

Далее, также при дрожании (тракт связи, в котором добавляется эхо, задержка которого равна нулю и к которому приложена доплеровская частота), когда D/U равно 0 dB, имеет место случай, в котором мощность всего символа OFDM в конкретный момент времени снижается до нуля (стирание) за счёт доплеровской частоты.

Далее, из-за ситуации проводных линий на стороне приёмного устройства 12 от приёмной стороны (не показано), такой как антенна или тому подобное для приёма сигнала от передающего устройства 11 к приёмному устройству 12 или из-за нестабильности питания к приёмному устройству 12 иногда происходят пакетные ошибки.

При этом при декодировании кодов LDPC, поскольку математическая операция узла переменной по выражению (1), в котором добавление (принятых значений  $u_{0i}$ ) кодовых разрядов кода LDPC, как видно из вышеописанной фиг. 5, осуществляется в столбце матрицы  $H$  проверки на чётность, а следовательно, узла переменной соответствующего кодовому разряду кода LDPC, если ошибка происходит в кодовом разряде, используемом для этой математической операции узла переменной, падает точность подлежащего нахождению сообщения.

Затем, поскольку при декодировании кода LDPC сообщение, найденное в узле переменной, соединяющемся с узлом проверки, используется для осуществления математической операции узла проверки по выражению (7) в узле проверки, если число узлов проверки, где (кодвые разряды кода LDPC, соответствующие) множество узлов переменной, соединённых с ним, проявляют ошибку (в том числе, стирание), в то же самое время становится большим, качество декодирования ухудшается.

Например, если два или более узлов переменной, соединённых с узлом проверки, страдают от стирания в одно и то же время, этот проверочный узел возвращает сообщение о том, что вероятность того, что значение может быть равно 0, и вероятность того, что значение может быть равно 1, равны друг другу для всех узлов переменной. В данном случае, те узлы проверки, в которые это сообщение о равных вероятностях не вносит вклада в один цикл обработки декодирования (один набор математической операции узла переменной и математической операции узла проверки), и в результате, требуется увеличенное число раз повторения обработки декодирования. Следовательно, качество декодирования ухудшается. Далее, увеличивается потребление мощности в приёмном устройстве 12, которое осуществляет декодирование кода LDPC.

Соответственно, показанная на фиг. 7 система передачи выполнена так, что улучшается устойчивость к пакетным ошибкам или стиранию при поддержании качества в тракте связи с AWGN.

Фиг. 8 показывает пример выполнения передающего устройства 11 по фиг. 7.

На фиг. 8 передающее устройство 11 включает в себя секцию 21 кодирования LDPC, битовый перемежитель 22, секцию 26 отображения и секцию 27 ортогональной модуляции.

В секцию 21 кодирования LDPC подаются объектные данные.

Секция 21 кодирования LDPC осуществляет кодирование LDPC поданных в неё объектных данных в соответствии с матрицей проверки на чётность, в которой матрица чётности с частью, соответствующей битам чётности кода LDPC, имеет лестничную структуру и выдаёт код LDPC, в котором объектные данные являются информационными разрядами.

В частности, секция 21 кодирования LDPC осуществляет кодирование LDPC объектных данных в код LDPC, предписанные, например, в стандартах DVB-S.2 или DVB-T.2, и выдаёт код LDPC, полученный как результат этого кодирования LDPC.

Здесь, в стандарте DVB-S.2 предусмотрено принять коды LDPC, предписанные в стандарте DVB-S.2. Код LDPC, предписанный в стандарте DVB-S.2, является нерегулярным повторяющимся накапливаемым (IRA) кодом, и матрица чётности в матрице проверки на чётность этого кода LDPC имеет лестничную структуру. Матрица чётности и лестничная структура описаны здесь ниже. Далее, код IRA описан, например, в статье "Irregular Repeat-Accumulate Codes", H. Jin, A. Khandekar, and R.J. McEliece, in Proceedings of 2nd International Symposium on Turbo codes and Related Topics, p. 1-8, Sept. 2000.

Код LDPC, выводимый из секции 21 кодирования LDPC, подаётся в битовый перемежитель 22.

Битовый перемежитель 22 является устройством обработки данных для перемежения данных и включает в себя перемежитель 23 чётности, перемежитель 24 прокрутки столбцов и демультиплексор (DEMUX) 25.

Перемежитель 23 чётности осуществляет перемежение чётности для перемежения битов чётности кода LDPC из секции 21 кодирования LDPC в позиции других битов чётности и подаёт этот код LDPC после перемежения чётности в перемежитель 24 прокрутки столбцов.

Перемежитель 24 прокрутки столбцов осуществляет перемежение прокрутки столбцов для кода LDPC из перемежителя 23 чётности и подаёт код LDPC после перемежения прокрутки столбцов в демультиплексор 25.

В частности, код LDPC передаётся после того, как два или более его битов отображаются в сигнальные точки, представляющие один символ ортогональной модуляции секцией 26 отображения, описанной далее.

Перемежитель 24 прокрутки столбцов осуществляет, например, такое перемежение прокрутки столбцов, которое описано далее, в качестве процесса перестановки кодовых разрядов кода LDPC из перемежителя 23 чётности, так что множество кодовых разрядов кода LDPC, соответствующих значению 1, включённых в одну произвольную строку матрицы проверки на чётность, используемой в секции 21 кодирования LDPC, не включаются в один символ.

Демультиплексор 25 осуществляет процесс замены позиций двух или более кодовых разрядов кода LDPC (которые должны быть символом) из перемежителя 24 прокрутки столбцов для получения кода LDPC, у которого усилена устойчивость к AWGN. Затем, демультиплексор 25 подаёт два или более кодовых разрядов кода LDPC, полученного посредством процесса замены, в качестве символа в секцию 26 отображения.

Секция 26 отображения отображает символ из демультиплексора 25 в сигнальные точки, определённые способом модуляции ортогональной модуляции (многозначной модуляции), осуществляемой секцией 27 ортогональной модуляции.

В частности, секция 26 отображения отображает код LDPC из демультиплексора 25 в сигнальную точку, определённую системой модуляции, на плоскости IQ (созвездие IQ), определённой осью I, представляющей синфазную составляющую I, которая находится в фазе с несущей, и осью Q, представляющей квадратурную составляющую Q, которая ортогональна несущему колебанию.

Здесь, в качестве способа модуляции ортогональной модуляции, осуществляемого секцией 27 ортогональной модуляции, доступны способы модуляции, включающие в себя, например, способ модуляции, определённый стандартами DVB-T, т.е., например, QPSK (квадратурная фазовая манипуляция), 16QAM (квадратурная амплитудная модуляция), 64QAM, 256QAM, 1024QAM, 4096QAM и т.д. Какой способ модуляции следует использовать для ортогональной модуляции, подлежащей осуществлению секцией 27 ортогональной модуляции, устанавливается заранее, например, в соответствии с эксплуатацией передающего устройства 11 оператором. Следует отметить, что секция 27 ортогональной модуляции может осуществлять некоторую иную ортогональную модуляцию, такую, например, как 4PAM (импульсная амплитудная модуляция).

Символ, отображённый в сигнальную точку секцией 26 отображения, подаётся в секцию 27 ортогональной модуляции.

Секция 27 ортогональной модуляции осуществляет ортогональную модуляцию несущей в соответствии с сигнальной точкой (символом, отображённым в сигнальную точку) из секции 26 отображения и передаёт модулированный сигнал, полученный путём ортогональной модуляции по тракту связи 13 (фиг. 7).

Теперь, фиг. 9 иллюстрирует матрицу  $H$  проверки на чётность, используемую при кодировании LDPC секцией 21 кодирования LDPC по фиг. 8.

Матрица  $H$  проверки на чётность имеет структуру порождающей матрицы низкой плотности (LDGM) и может быть представлена выражением  $H=[H_A|H_T]$  из информационной матрицы  $H_A$  части, соответствующей информационным разрядам, и матрицы  $H_T$  чётности, соответствующей разрядам чётности, из числа кодовых разрядов кода LDPC (матрица, в которой элементы информационной матрицы  $H_A$  являются элементами с левой стороны, а элементы матрицы  $H_T$  чётности являются элементами с правой стороны).

Здесь, число разрядов информационных битов и число разрядов битов чётности из числа кодовых разрядов одного кода LDPC (одного кодового слова) называются длиной  $K$  информации и длиной  $M$  чётности, а число разрядов кодовых разрядов одного кода LDPC называется длиной кода  $N$  ( $=K+M$ ).

Длина  $K$  информации и длина  $M$  чётности, связанные с кодом LDPC некоторой длины  $N$  кода, зависят от скорости кодирования. При этом матрица  $H$  проверки на чётность является матрицей, у которой количество строк  $\times$  столбцов составляет  $M \times N$ . Затем, информационная матрица  $H_A$  является матрицей размером  $M \times N$ , а матрица  $H_T$  чётности является матрицей размером  $M \times M$ .

Фиг. 10 иллюстрирует матрицу  $H_T$  чётности матрицы  $H$  проверки на чётность для кода LDPC, предписанного в стандарте DVB-S.2 (и DVB-T.2).

Матрица  $H_T$  чётности матрицы  $H$  проверки на чётность для кода LDPC, предписанного в стандарте DVB-S.2, имеет лестничную структуру, в которой элементы со значением 1 размещены наподобие лестницы, как видно на фиг. 10. Вес строки этой матрицы  $H_T$  чётности равен 1 в отношении первой строки, но равен 2 в отношении всех остальных строк. При этом вес столбца равен 1 в отношении последнего столбца, но равен 2 в отношении всех остальных столбцов.

Как описано выше, код LDPC матрицы  $H$  проверки на чётность, в которой матрица  $H_T$  имеет лестничную структуру, может быть получен сразу с помощью матрицы  $H$  проверки на чётность.

В частности, код LDPC (одно кодовое слово) представлен вектором с строки, а вектор столбца, полученный транспонированием вектора строки, представлен посредством  $c^T$ . Далее, часть информационных разрядов из вектора с строки, который является кодом LDPC, представлена вектором  $A$  строки, а часть разрядов чётности представлена вектором  $T$  строки.

Здесь, в данном случае, вектор с строки может быть представлен выражением  $c=[A|T]$  из вектора  $A$  строки в качестве информационных разрядов и вектора  $T$  строки в качестве разрядов чётности (вектор строки, в котором элементы вектора  $A$  строки являются элементами с левой стороны, а элементы вектора  $T$  строки являются элементами с правой стороны).

Для матрицы  $H$  проверки на чётность и вектора  $c=[A|T]$  строки в качестве кода LDPC необходимо удовлетворять выражению  $Hc^T=0$ , где матрица  $H_T$  чётности матрицы  $H=[H_A|H_T]$  проверки на чётность имеет такую лестничную структуру, как показанная на фиг. 10, вектор  $T$  строки в качестве разрядов чётности, который образует вектор  $c=[A|T]$  строки, который удовлетворяет выражению  $Hc^T=0$ , может быть найден последовательно путём установки на ноль одного за другим элементов в строке, начиная с элементов в первой строке вектора  $Hc^T$  столбца в выражении  $Hc^T=0$ .

Фиг. 11 иллюстрирует матрицу  $H$  проверки на чётность кода LDPC и веса столбцов, определённых

в стандарте DVB-S.2 (и DVB-T.2).

В частности, часть А по фиг. 11 иллюстрирует матрицу  $H$  проверки на чётность для кода LDPC, определённого в стандарте DVB-S.2.

В отношении  $KX$  столбцов из первого столбца матрицы  $H$  проверки на чётность вес столбца равен  $X$ ; в отношении следующих  $K3$  столбцов вес столбца равен 3; в отношении следующих  $M-1$  строк вес столбца равен 2; а в отношении последнего одного столбца вес столбца равен 1.

Здесь,  $KX + K3 + M-1 + 1$  равно длине  $N$  кода.

В стандарте DVB-S.2 число  $KX$ ,  $K3$  и  $M$  столбцов (длина чётности), а также вес столбцов предписаны таким образом, как видно в части В по фиг. 11.

В частности, часть В по фиг. 11 иллюстрирует числа  $KX$ ,  $K3$  и  $M$  столбцов, а также вес  $X$  столбцов, связанные с различными скоростями кодирования кодов LDPC, предписанных в стандарте DVB-S.2.

В стандарте DVB-S.2 предписаны коды LDPC длины  $N$  кода, равной 64.800 битов и 16.200 битов.

И, как видно в части В по фиг. 11, для кода LDPC, длина  $N$  кода которого равна 64.800 битов, предписаны 11 скоростей кодирования (номинальных скоростей)  $1/4$ ,  $1/3$ ,  $2/5$ ,  $1/2$ ,  $3/5$ ,  $2/3$ ,  $3/4$ ,  $4/5$ ,  $5/6$ ,  $8/9$  и  $9/10$ , а для кода LDPC, длина  $N$  кода которого равна 16.200 битов, предписаны 10 скоростей кодирования  $1/4$ ,  $1/3$ ,  $2/5$ ,  $1/2$ ,  $3/5$ ,  $2/3$ ,  $3/4$ ,  $4/5$ ,  $5/6$  и  $8/9$ .

В отношении кодов LDPC известно, что кодовые разряды, соответствующие столбцу матрицы  $H$  проверки на чётность, который имеет более высокий вес столбца, проявляют меньшую частоту появления ошибок.

Матрица  $H$  проверки на чётность, предписанная в стандарте DVB-S.2 и проиллюстрированная на фиг. 11, имеет такую тенденцию, что столбец ближе к головной стороне (левой стороне) имеет более высокий вес столбца. Соответственно, код LDPC, соответствующий этой матрице  $H$  проверки на чётность, имеет такую тенденцию, что кодовый разряд ближе к началу является более высоким по устойчивости к ошибке (имеет более высокую устойчивость к ошибке), а кодовый разряд ближе к хвосту является более низким по устойчивости к ошибке.

Фиг. 12 иллюстрирует размещение 16 символов (сигнальных точек, соответствующих 16 символам) на плоскости IQ, когда секцией 27 ортогональной модуляции по фиг. 8 осуществляется 16QAM.

В частности, часть А по фиг. 12 иллюстрирует символы 16QAM.

В 16QAM один символ представляет 4 бита, и существует 16 ( $=2^4$ ) символов. Затем, эти 16 символов расположены так, что они образуют квадратную форму из  $4 \times 4$  символа в направлении  $I \times$  направлении  $Q$  с центром в начале координат плоскости IQ.

Теперь, если  $(i+1)$ -й бит из старшего значащего разряда в последовательности двоичных разрядов, представленной одним символом, представляется как  $y_i$ , тогда 4 бита, представленных одним символом 16QAM, можно представить как биты  $y_0$ ,  $y_1$ ,  $y_2$  и  $y_3$  в порядке, начиная с самого значимого бита. Если способом модуляции является 16QAM, то 4 кодовых разряда кода LDPC устанавливаются (отображаются в символической форме) в качестве символа (значения символа) из 4 битов  $y_0$ - $y_3$ .

Часть В по фиг. 12 указывает разрядные границы, относящиеся к этим 4 битам (здесь и далее, бит называется также символьным разрядом)  $y_0$ - $y_3$ , представленным символом 16QAM.

Здесь, разрядная граница, связанная с символьным разрядом  $y_i$ , ( $i=0, 1, 2, 3$  на фиг. 12) удовлетворяет границе между символом, бит  $y_i$  которого равен 0, и другим символом, бит  $y_i$  которого равен 1.

Как видно из части В по фиг. 12, что касается самого значимого символьного разряда  $y_0$  из числа 4 символьных разрядов  $y_0$ - $y_3$ , представленных символом в 16QAM, только одно местоположение по оси  $Q$  на плоскости IQ составляет символьную границу, а что касается второго символьного разряда  $y_1$  (второй из самого значимого бита), только одно местоположение по оси  $I$  на плоскости IQ составляет символьную границу.

Далее, что касается третьего символьного разряда  $y_2$ , то каждое из двух местоположений между первым и вторым столбцами и между третьим и четвёртым столбцами слева из  $4 \times 4$  символов составляет границу.

Далее, что касается четвёртого символьного разряда  $y_3$ , то каждое из двух местоположений между первой и второй строками и между третьей и четвёртой строками из  $4 \times 4$  символов составляет границу.

Символьный разряд  $y_1$ , представленный символом, менее способен стать ошибочным и становится ниже по вероятности ошибки по мере того, как возрастает число символов, разнесённых от границы, но более способен стать ошибочным и становится выше по вероятности ошибок по мере того, как возрастает число символов, расположенных ближе к разрядной границе.

Если бит, который менее способен стать ошибочным (нечувствителен к ошибке), называется "сильным битом", в бит, который более способен стать ошибочным (менее нечувствителен к ошибке), называется "слабым битом", то относительно 4 символьных разрядов  $y_0$ - $y_3$ , представленных символами в 16QAM, самый значимый символьный разряд  $y_0$  и второй символьный разряд  $y_1$  являются сильными битами, а третий символьный разряд  $y_2$  и четвёртый символьный разряд  $y_3$  являются слабыми битами.

Фиг. 13-15 иллюстрируют размещения 64 символов (сигнальных точек, соответствующих 64 символам) на плоскости IQ, когда секцией 27 ортогональной модуляции по фиг. 8 осуществляется 64QAM.

В 64QAM один символ представляет 6 битов и существует  $64 (=2^6)$  символов. Далее, эти 64 символа размещены так, что они составляют квадрат из  $8 \times 8$  символов в направлении I  $\times$  направлении Q с центром в начале координат плоскости IQ.

Символьные разряды, представленные одним символом в 64QAM, могут быть представлены как биты  $y_0, y_1, y_2, y_3, y_4$  и  $y_5$  в порядке, начиная с самого значимого бита. Когда способом модуляции является 64QAM, 6 кодовых разрядов кода LDPC устанавливаются (отображаются в символьной форме) в качестве символа (значения символа) из 6 битов  $y_0$ - $y_5$ .

Здесь, фиг. 13 указывает разрядные границы, относящиеся к самому значимому символьному разряду  $y_0$  и второму символьному разряду  $y_1$  из числа символьных разрядов  $y_0$ - $y_5$  символов в 64QAM; фиг. 14 указывает разрядные границы, относящиеся к третьему символьному разряду  $y_2$  и четвёртому символьному разряду  $y_3$ ; а фиг. 15 указывает разрядные границы, относящиеся к пятому символьному разряду  $y_4$  и шестому символьному разряду  $y_5$ .

Как видно на фиг. 13, число разрядных границ в отношении каждого из самого значимого символьного разряда  $y_0$  и второго символьного разряда  $y_1$  равно одному. При этом, как видно из фиг. 14, число разрядных границ в отношении каждого из третьего символьного разряда  $y_2$  и четвёртого символьного разряда  $y_3$  равно двум; и как видно из фиг. 15, число разрядных границ в отношении каждого из пятого символьного разряда  $y_4$  и шестого символьного разряда  $y_5$  равно четырём.

Соответственно, среди символьных разрядов  $y_0$ - $y_5$  символов в 64QAM самый значимый символьный разряд  $y_0$  и второй символьный разряд  $y_1$  являются самыми сильными битами, а третий символьный разряд  $y_2$  и четвёртый символьный разряд  $y_3$  являются вторыми сильными разрядами. Затем, пятый символьный разряд  $y_4$  и шестой символьный разряд  $y_5$  являются самыми слабыми битами.

Из фиг. 12 и далее из фиг. 13-15 можно видеть, что в отношении символьных разрядов символов ортогональной модуляции имеется такая тенденция, что бит высокого порядка является сильным битом, а бит низкого порядка является слабым битом.

Здесь, как описано выше со ссылкой на фиг. 11, код LDPC, выводимый из секции 21 кодирования LDPC (фиг. 8), включает в себя кодовые разряды, которые нечувствительны к ошибкам, и кодовые разряды, которые в меньшей степени нечувствительны к ошибкам.

При этом, как описано выше со ссылкой на фиг. 12-15, символьные разряды символов ортогональной модуляции, осуществляемой секцией 27 ортогональной модуляции, включают в себя сильные биты и слабые биты.

Соответственно, если кодовому разряду кода LDPC, который имеет низкую устойчивость к ошибке, назначен слабый символьный разряд символа ортогональной модуляции, то устойчивость к ошибке в целом падает.

Поэтому предложен перемежитель, который перемежает кодовые разряды кода LDPC так, что кодовые разряды кода LDPC, которые имеют низкую устойчивость к ошибке, назначаются сильным битам (символьным разрядам) символа ортогональной модуляции.

Демультимплексор 25 по фиг. 8 осуществляет обработку перемежителя.

Фиг. 16 представляет собой вид, иллюстрирующий обработку демультимплексора 25 по фиг. 8.

В частности, часть А по фиг. 16 показывает пример функционального выполнения демультимплексора 25.

Демультимплексор 25 включает в себя память 31 и секцию 32 замены.

В память 31 подаётся код LDPC из секции 21 кодирования LDPC.

Память 31 имеет ёмкость хранения для хранения  $mb$  битов в (горизонтальном) направлении строки и для хранения  $N/(mb)$  битов в (вертикальном) направлении столбца. Память 31 записывает подаваемые в неё кодовые разряды кода LDPC в направлении столбца и считывает кодовые разряды в направлении строки, а затем подаёт считанные кодовые разряды в секцию 32 замены.

Здесь,  $N$  (=длина  $K$  информации+длина  $M$  чётности) представляет длину кода для кода LDPC, как описано выше.

Помимо этого,  $m$  представляет число битов в кодовых разрядах кода LDPC, приходящихся на один символ, а  $b$  является заранее заданным положительным целым числом и представляет собой множитель для использования при перемножении  $m$  на это целое число. Демультимплексор 25 преобразует (отображает в символической форме) кодовые разряды кода LDPC в символы, как описано выше, и множитель  $b$  представляет число символов, полученных в некотором смысле за счёт однократного отображения в символической форме демультимплексором 25.

Часть А на фиг. 16 показывает пример выполнения демультимплексора 25, когда системой модуляции является 64QAM и, соответственно, число  $m$  битов в кодовых разрядах кода LDPC на один символ равно 6 битов.

Далее, в части А по фиг. 16 множитель  $m$  равен 1 и, соответственно, память 31 имеет ёмкость хранения в  $N/(6 \times 1) \times (6 \times 1)$  битов в направлении столбца  $\times$  направлении строки.

Здесь область хранения в памяти 31, которая проходит в направлении столбца и включает в себя один бит в направлении строки, называется далее соответственно столбцом. В части А по фиг. 16 память

31 включает в себя шесть ( $=6 \times 1$ ) столбцов.

Демультимплексор 25 осуществляет запись кодовых разрядов кода LDPC в направлении вниз с верха столбца, который образует память 31 (в направлении столбца), начиная с левого столбца к столбцу на правой стороне.

Затем, если запись кодовых разрядов заканчивается в самом нижнем разряде самого правого столбца, кодовые разряды считываются и выводятся в секцию 32 замены в блоке из 6 битов ( $mb$  битов) в направлении строки, начиная с первой строки всех столбцов, которые образуют память 31.

Секция 32 замены осуществляет процесс замены по замене позиции кодовых разрядов 6 битов из памяти 31 и выводит 6 битов, полученных заменой, в качестве 6 символьных разрядов  $y_0, y_1, y_2, y_3, y_4$  и  $y_5$ , представляющих один символ 64QAM.

В частности, когда  $mb$  кодовых разрядов (здесь 6 битов) считываются в направлении строки из памяти 31, если  $i$ -й бит ( $i=0, 1, \dots, mb-1$ ) из самого значащего разряда из числа  $mb$  кодовых разрядов, считанных из памяти 31, представляется битом  $b_i$ , тогда 6 кодовых разрядов, считанных в направлении строки из памяти 31, могут быть представлены как биты  $b_0, b_1, b_2, b_3, b_4$  и  $b_5$  в порядке, начиная с самого значащего разряда.

Соотношение веса столбца, описанное выше со ссылкой на фиг. 11, приводит к тому, что кодовый разряд, расположенный в направлении бита  $b_0$ , является кодовым разрядом с высокой устойчивостью к ошибке, тогда как кодовый разряд в направлении бита  $b_5$  является кодовым разрядом с низкой устойчивостью к ошибке.

Секция 32 замены осуществляет процесс замены по замене позиции 6 кодовых разрядов  $b_0$ - $b_5$  из памяти 31, так что кодовый разряд, который имеет низкую устойчивость к ошибке среди этих 6 кодовых разрядов  $b_0$ - $b_5$  из памяти 31, может быть назначен биту, который имеет высокую устойчивость среди символьных разрядов  $y_0$ - $y_5$  одного символа 64QAM.

Здесь, для способа замены по замене 6 кодовых разрядов  $b_0$ - $b_5$  из памяти 31 так, чтобы им были назначены 6 символьных разрядов  $y_0$ - $y_5$ , представляющих один символ 64QAM, предложены различные системы.

Часть В на фиг. 16 иллюстрирует первый способ замены; часть С на фиг. 16 иллюстрирует второй способ замены; а часть D на фиг. 16 иллюстрирует третий способ замены.

В частях с В по фиг. 16 до D по фиг. 16 (аналогично также на фиг. 17, описанной далее), линейный сегмент, соединяющий между собой биты  $b_i$  и  $y_j$ , означает, что кодовый разряд  $b_i$  назначен символьному разряду  $y_j$  символа (заменён в позицию символьного разряда  $y_j$ ).

В качестве первого способа замены предложено принять один из трёх видов способов замены в части В по фиг. 16, а в качестве второго способа замены предложено принять один из двух видов способов замены в части С по фиг. 16.

В качестве третьего способа замены предложено выбрать и использовать шесть видов способов замены в части D по фиг. 16.

Фиг. 17 иллюстрирует пример выполнения демультимплексора 25 в случае, когда способом модуляции является 64QAM (соответственно, число  $m$  битов в кодовых разрядах кода LDPC, отображённых в один символ, равно 6 аналогично тому, как это имеет место на фиг. 16), а множитель  $b$  равен 2, а также иллюстрирует четвёртый способ замены.

Когда множитель  $b$  равен 2, память 31 имеет ёмкость хранения  $N/(6 \times 2) \times (6 \times 2)$  в направлении столбца  $\times$  направлению строки и включает в себя 12 ( $=6 \times 2$ ) столбцов.

Часть А на фиг. 17 иллюстрирует порядок записи кода LDPC в память 31.

Демультимплексор 25 осуществляет запись кодовых разрядов кода LDPC в направлении вниз от верха столбца, который образует память 31 (в направлении столбца), начиная с левого столбца к столбцу на правой стороне, как описано здесь выше со ссылкой на фиг. 16.

Затем, если запись кодовых разрядов заканчивается в самом нижнем разряде самого правого столбца, кодовые разряды считываются и выводятся в секцию 32 замены в блоке из 12 битов ( $mb$  битов) в направлении строки, начиная с первой строки всех столбцов, которые образуют память 31.

Секция 32 замены осуществляет процесс замены по замене позиции кодовых разрядов 12 битов из памяти 31 в соответствии с четвёртым способом замены и выводит 12 битов, полученных заменой, в качестве 12 символьных разрядов, представляющих два символа 64QAM, в частности, в качестве 6 символьных разрядов  $y_0, y_1, y_2, y_3, y_4$  и  $y_5$ , представляющих один символ 64QAM, и 6 символьных разрядов  $y_0, y_1, y_2, y_3, y_4$  и  $y_5$ , представляющих следующий один символ.

Здесь, часть В на фиг. 17 иллюстрирует четвёртый способ замены для процесса замены секцией 32 замены в части А по фиг. 17.

Следует отметить, что когда множитель  $b$  равен 2 (аналогично также, и когда множитель  $b$  равен 3 или выше), в процессе замены  $mb$  кодовых разрядов назначаются  $mb$  символьным разрядам из  $b$  следующих друг за другом символов. В нижеследующем описании, в том числе в описании, данном со ссылкой на фиг. 17,  $(i+1)$ -й бит из самого значимого кодового разряда среди  $mb$  символьных разрядов в  $b$  следующих друг за другом символов представляется в качестве бита (символьного разряда)  $y_i$  для удобства

описания.

Кроме того, какой способ замены является оптимальным, т.е. какой способ замены обеспечивает улучшенную частоту появления ошибок в тракте связи AWGN, различается в зависимости от скорости кодирования, длины кода и способа модуляции кода LDPC и т.д.

Теперь со ссылкой на фиг. 18-20 описывается перемежение чётности перемежителем 23 чётности по фиг. 8.

Фиг. 18 показывает граф (часть графа) Таннера для матрицы проверки на чётность кода LDPC.

Если множество узлов переменной (кодовых разрядов, соответствующих им), соединённых с узлом проверки, такие как два узла переменной, страдают от ошибки, такой как стирание, в одно и то же время, как показано на фиг. 18, то узел проверки возвращает сообщение равной вероятности, представляющее, что вероятность того, что значение может быть 0, и вероятность того, что значение может быть 1, равны друг другу для всех узлов переменной, соединённых с этим узлом проверки. Поэтому, если множество узлов переменной, соединённых с одним и тем же узлом проверки, поместить в состояние стирания или тому подобное в одно и то же время, качество декодирования ухудшается.

В данном случае, код LDPC, выводимый из секции 21 кодирования LDPC по фиг. 8 и предписанный в стандарте DVB-S.2, является нерегулярным повторяющимся накапливаемым (IRA) кодом, и матрица  $H_T$  чётности в матрице  $H$  проверки на чётность имеет лестничную структуру, как показано на фиг. 10.

Фиг. 19 иллюстрирует матрицу  $H_T$  чётности с лестничной структурой и граф Таннера, соответствующий этой матрице  $H_T$  чётности.

В частности, часть А по фиг. 19 иллюстрирует матрицу  $H_T$  чётности с лестничной структурой, а часть В по фиг. 19 показывает граф Таннера, соответствующий матрице  $H_T$  чётности из части А по фиг. 19.

Когда матрица  $H_T$  чётности имеет лестничную структуру, в графе Таннера этой матрицы  $H_T$  чётности те узлы переменной кода LDPC, которые соответствуют столбцу элемента в матрице  $H_T$  чётности, имеющему значение 1 и сообщение которого находится с помощью смежных кодовых разрядов (битов чётности), соединены с одним и тем же узлом проверки.

Соответственно, если описанные выше смежные биты чётности помещены в ошибочное состояние за счёт пакетных ошибок, стирания или тому подобного, то, поскольку узел проверки соединён со множеством узлов переменной, соответствующих множеству битов чётности, которые стали ошибочными (узлы переменной, сообщения которых подлежат нахождению с помощью битов чётности), возвращает сообщение равной вероятности, извещающее о том, что вероятность того, что значение может быть равно 0, и вероятность того, что значение может быть равно 1, могут быть равны друг другу, в узлы переменной, соединённые с этим узлом проверки, качество декодирования ухудшается. Тогда, если длина пакета (число битов, которые стали ошибочными из-за пакетной ошибки) велика, качество декодирования ухудшается ещё более.

Поэтому, чтобы предотвратить ухудшение качества описанного выше декодирования, перемежитель 23 чётности (фиг. 8) осуществляет перемежение для перемежения битов чётности кода LDPC из секции 21 кодирования LDPC в позиции других битов чётности.

Фиг. 20 иллюстрирует матрицу  $H_T$  чётности в матрице  $H$  проверки на чётность, соответствующей коду LDPC, после перемежения чётности, осуществлённой перемежителем 23 чётности по фиг. 8.

Здесь, информационная матрица  $H_A$  в матрице  $H$  проверки на чётность, соответствующей коду LDPC, предписанному в стандарте DVB-S.2 и выводимому из секции 21 кодирования LDPC, имеет циклическую структуру.

Эта циклическая структура означает структуру, в которой некоторый столбец совпадает с другим столбцом в циклически сдвинутом состоянии (повороте) и включает в себя, например, структуру, в которой для каждого  $P$  столбцов позиции значения 1 в строках этих  $P$  столбцов совпадают с позициями, в которых первый из  $P$  столбцов циклически сдвинут в направлении столбца на значение, которое увеличивается пропорционально значению  $q$ , полученному делением длины  $M$  чётности. В дальнейшем, число  $P$  столбцов в циклической структуре называется здесь соответственно блочным числом столбцов.

В качестве кода LDPC, предписанного в стандарте DVB-S.2 и выводимого из секции 21 кодирования LDPC, доступны два кода LDPC, включающие в себя коды с длиной  $N$  кода, равной 64.800 и 16.200 битов, как описано здесь выше со ссылкой на фиг. 11.

Теперь, если из двух разных кодов LDPC, длина  $N$  кода которых равна 64.800 и 16.200 битов, обратить внимание на код LDPC, длина  $N$  кода которого равна 64.800 битов, то доступны одиннадцать различных скоростей кодирования этого кода LDPC, длина  $N$  кода которого составляет 64.800 битов, как описано выше со ссылкой на фиг. 11.

В отношении кодов LDPC, длина  $N$  кода которых равна 64.800 битов и которые имеют одиннадцать различных скоростей кодирования, в стандарте DVB-S.2 предписано, что число  $P$  столбцов циклической структуры должно быть 360, что является одним из делителей длины  $M$  чётности, помимо 1 и  $M$ .

Далее, в отношении кодов LDPC, длина  $N$  кода которых равна 64.800 битов и которые имеют одиннадцать различных скоростей кодирования, длина  $M$  чётности имеет значение иное, нежели простые числа, и представляется выражением  $M=q \times r=q \times 360$ , использующее значение  $q$ , которое различно в зави-

симости от скорости кодирования. Соответственно, значение  $q$  также является одним из делителей длины  $M$  чётности, помимо 1 и  $M$ , аналогично числу  $P$  столбцов циклической структуры и получается делением длины  $M$  чётности на число  $P$  столбцов циклической структуры (произведение  $P$  и  $q$ , которые являются делителями длины  $M$  чётности, представляет собой длину  $M$  чётности).

Когда информационная длина представлена числом  $K$ , а целое число больше 0, но меньше  $P$  представлено числом  $x$ , а целое число больше 0, но меньше  $q$  представлено числом  $y$ , перемежитель 23 чётности перемежает в качестве перемежения чётности  $(K+qx+y+1)$ -й кодовый разряд из числа битов чётности, которые составляют от  $(K+1)$ -го до  $(K+M)$ -го битов кода LDPC из секции 21 кодирования LDPC, в позицию  $(K+Py+x+1)$ -го кодового разряда.

Согласно такому перемежению чётности, поскольку узлы переменной (биты чётности, соответствующие этим узлам переменной), соединённые с одним и тем же узлом проверки, разнесены на расстояние, соответствующее числу  $P$  столбцов циклической структуры - здесь на 360 битов, - то, когда длина пакетной ошибки меньше 360 битов, можно предотвратить такую ситуацию, что множество узлов переменной, соединённых с одним и тем же узлом проверки, получают ошибочными в одно и то же время. В результате, устойчивость к пакетной ошибке можно улучшить.

Следует отметить, что код LDPC после перемежения чётности, при котором  $(K+qx+y+1)$ -й кодовый разряд перемежается в позицию  $(K+Py+x+1)$ -го кодового разряда, совпадает с кодом LDPC матрицы проверки на чётность (называемой здесь также преобразованной матрицей проверки на чётность), полученным заменой столбца при замене  $(K+qx+y+1)$ -го столбца исходной матрицы  $H$  проверки на чётность на  $(K+Py+x+1)$ -й столбец.

Далее, в матрице чётности преобразованной матрицы проверки на чётность, как видно из фиг. 20, появляется псевдоциклическая структура, у которой блок составляет  $P$  столбцов (на фиг. 20 это 360 столбцов).

Здесь, псевдоциклическая структура означает структуру, которая имеет участок с циклической структурой за исключением её части. В столбце преобразованной матрицы проверки на чётность, полученном применением замены столбца, соответствующей перемежению чётности в матрице проверки на чётность кода LDPC, предписанного в стандарте DVB-S.2, участок из 360 строк×360 столбцов (описанная ниже сдвинутая матрица) в правом верхнем участке короче на один элемент со значением 1 (который имеет значение 0). Поэтому преобразованная матрица проверки на чётность не имеет (полной) циклической структуры, но имеет псевдоциклическую структуру.

Следует отметить, что преобразованная матрица проверки на чётность по фиг. 20 представляет собой матрицу, в которой также замена строк для конфигурирования преобразованной матрицы проверки на чётность из описанной выше сконфигурированной матрицы применена к исходной матрице  $H$  проверки на чётность в дополнение к замене столбцов, которая соответствует перемежению чётности.

Теперь, со ссылкой на фиг. 21-24 описывается перемежение прокрутки столбцов перемежителем 24 прокрутки столбцов по фиг. 8.

В передающем устройстве 11 по фиг. 8 два или более кодовых разрядов кода LDPC передаются в качестве одного символа, как предписано выше, чтобы улучшить эффективность использования частот. В частности, например, когда 2 бита из кодовых разрядов используются для образования одного символа, то в качестве способа модуляции используется, например, QPSK, но когда 4 бита из кодовых разрядов используются для образования одного символа, то в качестве способа модуляции используется, например, 16QAM.

Когда при этом два или более кодовых разрядов передаются в качестве одного символа, то, если в некотором символе происходит стирание или тому подобное, все из кодовых разрядов (назначенных символьным разрядам) этого символа становятся ошибочными (стёртыми).

Соответственно, чтобы снизить вероятность того, что множество узлов переменной (кодовых разрядов, соответствующих этим узлам переменной), соединённых с одним и тем же узлом проверки, могут пострадать от стирания в одно и то же время, для улучшения качества при декодировании необходимо избегать того, чтобы узлы переменной, соответствующие кодовым разрядам одного символа, соединялись с одним и тем же узлом проверки.

При этом в матрице  $H$  проверки на чётность кода LDPC, предписанного в стандарте DVB-S.2 и выводимого из секции 21 кодирования LDPC, информационная матрица  $H_A$  имеет циклическую структуру, а матрица  $H_T$  имеет лестничную структуру, как описано выше. Тогда, в преобразованной матрице проверки на чётность, которая является матрицей проверки на чётность кода LDPC после перемежения чётности, циклическая структура (точнее, псевдоциклическая структура, как описано выше) появляется также в матрице чётности, как описано на фиг. 20.

Фиг. 21 показывает преобразованную матрицу проверки на чётность.

В частности, часть А по фиг. 21 иллюстрирует преобразованную матрицу проверки на чётность матрицы  $H$  проверки на чётность, которая имеет длину  $N$  кода, равную 64.800 битов, и скорость ( $r$ ) кодирования, равную  $3/4$ .

В части А по фиг. 21 позиция элемента со значением 1 в преобразованной матрице проверки на

чётность обозначена точкой ( $\cdot$ ).

В части В по фиг. 21 показан процесс, осуществляемый демультимплексором 25 (фиг. 8) для кода LDPC преобразованной матрицы проверки на чётность из части А по фиг. 21, т.е. код LDPC после перемежения чётности.

В части В по фиг. 21 кодовые разряды кода LDPC после перемежения чётности записываются в направлении столбца в четырёх столбцах, которые образуют память 31 демультимплексора 25 при использовании 16QAM в качестве способа модуляции.

Кодовые разряды, записанные в направлении столбца в четырёх столбцах, которые образуют память 31, считываются в направлении строки в блоке из 4 битов, которые составляют один символ.

В этом случае, 4 кодовых разряда  $V_0$ ,  $V_1$ ,  $V_2$  и  $V_3$ , которые составляют один символ, иногда составляют кодовые разряды, соответствующие 1 и включённые в произвольную строку матрицы проверки на чётность после преобразования по части А фиг. 21, и в этом случае узлы переменной, соответствующие кодовым разрядам  $V_0$ ,  $V_1$ ,  $V_2$  и  $V_3$ , соединены с одним и тем же узлом проверки.

Соответственно, когда эти 4 кодовых разряда  $V_0$ ,  $V_1$ ,  $V_2$  и  $V_3$  одного символа становятся кодовыми разрядами соответствующим 1 и включены в произвольную строку соответствующей матрицы проверки на чётность, если происходит стирание этого символа, то один и тот же узел проверки, к которому присоединены узлы переменной, соответствующие кодовым разрядам  $V_0$ ,  $V_1$ ,  $V_2$  и  $V_3$ , не может найти соответствующее сообщение. В результате ухудшается качество при декодировании.

Кроме того, в отношении скоростей кодирования иных, нежели скорость кодирования  $3/4$ , множество кодовых разрядов, соответствующих множеству узлов переменной, соединённых с одним и тем же узлом проверки, иногда составляют один символ 16QAM аналогично.

Поэтому перемежитель 24 прокрутки столбцов осуществляет перемежение прокрутки столбцов, в котором кодовые разряды кода LDPC после перемежения чётности из перемежителя 23 чётности перемежаются так, что множество кодовых разрядов, соответствующих 1 и включённых в одну произвольную строку преобразованной матрицы проверки на чётность, не включаются в один символ.

Фиг. 22 представляет собой вид, иллюстрирующий перемежение прокрутки столбцов.

В частности, фиг. 22 иллюстрирует память 31 (фиг. 16 и 17) демультимплексора 25.

Память 31 имеет ёмкость хранения для хранения  $mb$  битов в (вертикальном) направлении столбца и хранит  $N/(mb)$  битов в (горизонтальном) направлении строки и включает в себя  $mb$  столбцов, как описано на фиг. 16. Далее, перемежитель 24 прокрутки столбцов записывает кодовые разряды кода LDPC в направлении столбцов в память 31 и управляет начальной позицией записи, когда кодовые разряды считываются в направлении строки, для осуществления перемежения прокрутки столбцов.

В частности, перемежитель 24 прокрутки столбцов соответствующим образом изменяет начальную позицию записи, в которой должна начинаться запись кодовых разрядов для каждого из множества столбцов, так что множество кодовых разрядов, считанных в направлении строки и использованных для получения одного символа, могут не стать кодовыми разрядами, соответствующими 1 и включёнными в одну произвольную строку преобразованной матрицы проверки на чётность (переставляет кодовые разряды кода LDPC так, что множество кодовых разрядов, соответствующих 1 и включённых в одну произвольную строку матрицы проверки на чётность, могут не включаться в один и тот же символ).

Здесь, фиг. 22 показывает пример конфигурации памяти 21, когда способом модуляции является 16QAM и, помимо того, описанный выше со ссылкой на фиг. 16 множитель  $b$  равен 1. Соответственно, число  $m$  битов в кодовых разрядах кода LDPC, приходящихся на один символ, составляет 4 бита, а память 31 образована из четырёх ( $=mb$ ) столбцов.

Перемежитель 24 прокрутки столбцов (вместо демультимплексора 25, показанного на фиг. 16) осуществляет запись кодовых разрядов кода LDPC в направлении вниз (направление столбца) сверху в четыре столбца, которые образуют память 31, начиная с левого столбца к столбцу на правой стороне.

Затем, когда запись кодовых разрядов заканчивается в самом правом столбце, перемежитель 24 прокрутки столбцов считывает кодовые разряды в блоке по 4 бита ( $mb$  битов) в направлении строки, начиная с первой строки всех столбцов, которые образуют память 31, и выводит эти кодовые разряды в качестве кода LDPC после перемежения прокрутки столбцов в секцию 32 замены (фиг. 16 и 17) демультимплексора 25.

Однако, если адрес головной (самой верхней) позиции каждого столбца представлен 0 и адреса позиций в направлении столбца представлены целыми числами в убывающем порядке, то перемежитель 24 прокрутки столбцов устанавливает для самого левого столбца начальную позицию записи в позицию, адрес которой равен 0; устанавливает для второго столбца (слева) начальную позицию записи в позицию, адрес которой равен 2; устанавливает для третьего столбца начальную позицию записи в позицию, адрес которой равен 4; и устанавливает для четвёртого столбца начальную позицию записи в позицию, адрес которой равен 7.

Следует отметить, что в отношении столбцов, для которых начальная позиция записи является любой иной позицией, нежели позиция, адрес которой равен 0, после того, как кодовые разряды записаны в самую нижнюю позицию, позиция записи возвращается на верх (в позицию, адрес которой равен 0), и осуществляется запись в позицию, непосредственно предшествующую начальной позиции записи. После

этого осуществляется запись в следующий (правый) столбец.

При осуществлении такого перемежения прокрутки столбцов, как описано выше, может быть предотвращена такая ситуация, что множество кодовых разрядов, соответствующих множеству узлов переменной, соединённых с одним и тем же узлом проверки, составляют один символ 16QAM (включены в один и тот же символ), в отношении кодов LDPC всех скоростей кодирования, длина  $N$  кода которых составляет 64.800, как предписано в стандарте DVB-S.2, а в результате можно улучшить качество при декодировании в тракте связи, который обеспечивает стирание.

Фиг. 23 иллюстрирует число столбцов памяти 31, необходимых для перемежения прокрутки столбцов, и адреса начальной позиции записи для каждого способа модуляции в отношении кодов LDPC одиннадцати различных скоростей кодирования с длиной  $N$  кода, равной 64.800, как предписано стандартом DVB-S.2.

Когда множитель  $b$  равен 1, а кроме того, поскольку, например, в качестве способа модуляции принята QPSK, число  $m$  битов одного символа равно 2 бита, то, согласно фиг. 23, память 31 имеет два столбца для хранения  $2 \times 1$  ( $=mb$ ) битов в направлении строки и хранит  $64.800/(2 \times 1)$  битов в направлении столбца.

Тогда, начальная позиция записи для первого из двух столбцов памяти 31 устанавливается в позицию, адрес которой равен 0, а начальная позиция записи для второго столбца устанавливается в позицию, адрес которой равен 2.

Следует отметить, что множитель  $b$  равен 1, например, когда один из первого-третьего способов замены по фиг. 16 принят в качестве способа замены в процессе замены в демультиплексоре 25 (фиг. 8) или в подобном случае.

Когда множитель  $b$  равен 2 и, кроме того, поскольку, например, в качестве способа модуляции принята QPSK, число  $m$  битов одного символа равно 2 бита, то, согласно фиг. 23, память 31 имеет четыре столбца для хранения  $2 \times 2$  ( $=mb$ ) битов в направлении строки и хранит  $64.800/(2 \times 2)$  битов в направлении столбца.

Тогда, начальная позиция записи для первого из четырёх столбцов памяти 31 устанавливается в позицию, адрес которой равен 0, начальная позиция записи для второго столбца устанавливается в позицию, адрес которой равен 2, начальная позиция записи для третьего столбца устанавливается в позицию, адрес которой равен 4, а начальная позиция записи для четвёртого столбца устанавливается в позицию, адрес которой равен 7.

Следует отметить, что множитель  $b$  равен 2, например, когда четвёртый способ замены по фиг. 16 принят в качестве способа замены в процессе замены в демультиплексоре 25 (фиг. 8).

Когда множитель  $b$  равен 1 и, кроме того, поскольку, например, в качестве способа модуляции принята 16QAM, число  $m$  битов одного символа равно 4 бита, то, согласно фиг. 23, память 31 имеет четыре столбца для хранения  $4 \times 1$  ( $=mb$ ) битов в направлении строки и хранит  $64.800/(4 \times 1)$  битов в направлении столбца.

Тогда, начальная позиция записи для первого из четырёх столбцов памяти 31 устанавливается в позицию, адрес которой равен 0, начальная позиция записи для второго столбца устанавливается в позицию, адрес которой равен 2, начальная позиция записи для третьего столбца устанавливается в позицию, адрес которой равен 4, а начальная позиция записи для четвёртого столбца устанавливается в позицию, адрес которой равен 7.

Когда множитель  $b$  равен 2 и, кроме того, поскольку, например, в качестве способа модуляции принята 16QAM, число  $m$  битов одного символа равно 4 бита, то, согласно фиг. 23, память 31 имеет восемь столбцов для хранения  $4 \times 2$  ( $=mb$ ) битов в направлении строки и хранит  $64.800/(4 \times 2)$  битов в направлении столбца.

Тогда, начальная позиция записи для первого из восьми столбцов памяти 31 устанавливается в позицию, адрес которой равен 0, начальная позиция записи для второго столбца устанавливается в позицию, адрес которой равен 0, начальная позиция записи для третьего столбца устанавливается в позицию, адрес которой равен 2, начальная позиция записи для четвёртого столбца устанавливается в позицию, адрес которой равен 4, начальная позиция записи для пятого столбца устанавливается в позицию, адрес которой равен 4, начальная позиция записи для шестого столбца устанавливается в позицию, адрес которой равен 5, начальная позиция записи для седьмого столбца устанавливается в позицию, адрес которой равен 7, а начальная позиция записи для восьмого столбца устанавливается в позицию, адрес которой равен 7.

Когда множитель  $b$  равен 1 и, кроме того, поскольку, например, в качестве способа модуляции принята 64QAM, число  $m$  битов одного символа равно 6 битов, то, согласно фиг. 23, память 31 имеет шесть столбцов для хранения  $6 \times 1$  ( $=mb$ ) битов в направлении строки и хранит  $64.800/(6 \times 1)$  битов в направлении столбца.

Тогда, начальная позиция записи для первого из шести столбцов памяти 31 устанавливается в позицию, адрес которой равен 0, начальная позиция записи для второго столбца устанавливается в позицию, адрес которой равен 2, начальная позиция записи для третьего столбца устанавливается в позицию, адрес









Тогда, начальная позиция записи для первого из двенадцати столбцов памяти 31 устанавливается в позицию, адрес которой равен 0, начальная позиция записи для второго столбца устанавливается в позицию, адрес которой равен 0, начальная позиция записи для третьего столбца устанавливается в позицию, адрес которой равен 0, начальная позиция записи для четвертого столбца устанавливается в позицию, адрес которой равен 2, начальная позиция записи для пятого столбца устанавливается в позицию, адрес которой равен 2, начальная позиция записи для шестого столбца устанавливается в позицию, адрес которой равен 2, начальная позиция записи для седьмого столбца устанавливается в позицию, адрес которой равен 3, начальная позиция записи для восьмого столбца устанавливается в позицию, адрес которой равен 3, начальная позиция записи для девятого столбца устанавливается в позицию, адрес которой равен 3, начальная позиция записи для десятого столбца устанавливается в позицию, адрес которой равен 6, начальная позиция записи для одиннадцатого столбца устанавливается в позицию, адрес которой равен 7, а начальная позиция записи для двенадцатого столбца устанавливается в позицию, адрес которой равен 7.

[illegible]

навливается в позицию, адрес которой равен 10, начальная позиция записи для двадцать третьего столбца устанавливается в позицию, адрес которой равен 10, а начальная позиция записи для двадцать четвертого столбца устанавливается в позицию, адрес которой равен 11.

Теперь, со ссылкой на блок-схему алгоритма по фиг. 25, описывается процесс передачи, осуществляемый передающим устройством 11 по фиг. 8.

Секция 21 кодирования LDPC ожидает, чтобы на неё были поданы объектные данные, и на этапе S101 кодирует эти объектные данные к коды LDPC и подаёт эти коды LDPC в битовый перемежитель 22. После этого обработка переходит к этапу S102.

На этапе S102 битовый перемежитель 22 осуществляет битовое перемежение для кодов LDPC из секции 21 кодирования LDPC и подаёт в секцию 26 отображения символ, в котором символически отображены коды LDPC после перемежения. После этого обработка переходит в этап S103.

В частности, на этапе S102 перемежитель 23 чётности в битовом перемежителе 22 осуществляет перемежение чётности для кодов LDPC из секции 21 кодирования LDPC и подаёт эти коды LDPC после перемежения чётности в перемежитель 24 прокрутки столбцов.

Перемежитель 24 прокрутки столбцов осуществляет перемежение прокрутки столбцов для кодов LDPC из перемежителя 23 чётности и подаёт результат перемежения прокрутки столбцов в демультимплексор 25.

Демультимплексор 25 осуществляет процесс замены по замене кодовых разрядов кода LDPC после перемежения прокрутки столбцов перемежителем 24 прокрутки столбцов и преобразует кодовые разряды после этой замены в символьные разряды (биты, представляющие символы) символов.

Здесь, процесс замены демультимплексором 25 может осуществляться в соответствии с первым-четвёртым способами замены, описанными выше со ссылкой на фиг. 16 и 17, а помимо этого, может осуществляться в соответствии с правилом назначения. Правило назначения представляет собой правило для назначения кодовых разрядов кода LDPC символьным разрядам, представляющим символы, а подробности этого правила назначения описываются далее.

Символы, полученные процессом замены посредством мультиплексора 25, подаются из демультимплексора 25 в секцию 26 отображения.

На этапе S103 секция 26 отображения отображает символ из демультимплексора 25 в сигнальные точки, определяемые способом модуляции для ортогональной модуляции, осуществляемой секцией 27 ортогональной модуляции, и подаёт отображённый символ в секцию 27 ортогональной модуляции. Затем обработка переходит к этапу S104.

На этапе S104 секция 27 ортогональной модуляции осуществляет ортогональную модуляцию несущей в соответствии с сигнальными точками из секции 26 отображения. Затем обработка переходит к этапу S105, на котором передаётся модулированный сигнал, полученный в результате ортогональной модуляции, после чего обработка заканчивается.

Следует отметить, что процесс передачи по фиг. 25 осуществляется по магистрали неоднократно.

За счёт осуществления перемежения чётности и перемежения прокрутки столбцов, как описано выше, может быть улучшена устойчивость к стиранию или пакетных ошибкам, когда множество кодовых разрядов в кодах LDPC передаются как один символ.

Здесь, хотя перемежитель 23 чётности, который является блоком для осуществления перемежения чётности, и перемежитель 24 прокрутки столбцов, который является блоком для перемежения прокрутки столбцов, на фиг. 8 выполнены отдельно друг от друга для удобства описания, перемежитель 23 чётности и перемежитель 24 прокрутки столбцов могут в иных случаях выполняться как единый блок.

В частности, как перемежение чётности, так и перемежение прокрутки столбцов могут осуществляться путём записи и считывания кодовых разрядов в память и из памяти и могут быть представлены матрицей для преобразования адресов (адресов записи), в которые должна осуществляться запись кодовых разрядов, в адреса (адреса считывания), из которых должно осуществляться считывание кодовых разрядов.

Соответственно, если матрица, полученная перемножением матрицы, представляющей перемежение чётности, и матрицы, представляющей перемежение прокрутки столбцов, найдена заранее, то, если эта матрица используется для преобразования кодовых разрядов, тогда можно получить результат, в котором осуществляется перемежение чётности, а затем коды LDPC после перемежения чётности перемежаются с прокруткой столбцов.

Далее, в дополнение к перемежителю 23 чётности и перемежителю 24 прокрутки столбцов, может быть объединён демультимплексор 25.

В частности, процесс замены, осуществляемый демультимплексором 25, может быть представлен матрицей для преобразования адреса записи в памяти 31 для хранения кода LDPC, в адрес считывания.

Соответственно, если матрица, полученная перемножением матрицы, представляющей перемежение чётности, другой матрицы, представляющей перемежение прокрутки столбцов, и ещё одной матрицы, представляющей процесс замены, найдена заранее, тогда перемежение чётности, перемежение прокрутки столбцов и процесс замены могут осуществляться совместно посредством найденной матрицы.

Следует отметить, что можно осуществлять только одно из перемежения чётности и перемежения

прокрутки столбцов или не осуществлять ни одного.

Теперь, со ссылкой на фиг. 26-28, описывается моделирование, осуществлённое в отношении передающего устройства 11 по фиг. 8 для измерения частоты появления ошибок (частота появления ошибочных битов).

Это моделирование осуществлялось с использованием тракта связи, который имеет дрожания, соотношение полезного и мешающего сигналов D/U которых составляет 0 дБ.

Фиг. 26 показывает модель тракта связи, принятую при моделировании.

В частности, часть А по фиг. 26 показывает модель дрожания, принятую при моделировании.

Вместе с тем, часть В по фиг. 26 показывает модель тракта связи, который имеет дрожание, представленное моделью из части А по фиг. 26.

Следует отметить, что в части В по фиг. 26 Н представляет модель дрожания в части А по фиг. 26. Далее, в части В по фиг. 26 N представляет помехи между несущими (ICI), а при моделировании ожидаемая величина  $E[N^2]$  мощности аппроксимировалась аддитивным белым гауссовым шумом (AWGN).

Фиг. 27 и 28 иллюстрируют соотношения между частотой появления ошибок, полученной при моделировании, и доплеровской частотой  $f_d$  дрожания.

Следует отметить, что фиг. 27 иллюстрирует соотношение между частотой появления ошибок и доплеровской частотой  $f_d$ , когда способом модуляции является 16QAM, а скорость кодирования ( $r$ ) равна (3/4) и, кроме того, способом замены является первый способ замены. При этом фиг. 28 иллюстрирует соотношение между частотой появления ошибок и доплеровской частотой  $f_d$ , когда способом модуляции является 64QAM, а скорость кодирования ( $r$ ) равна (5/6) и, кроме того, способом замены является первый способ замены.

Далее, на фиг. 27 и 28 кривая, нарисованная жирной линией, обозначает соотношение между частотой появления ошибок и доплеровской частотой  $f_d$ , когда осуществлялись все из перемежения чётности, перемежения прокрутки столбцов и процесса замены, а кривая, нарисованная тонкой линией, обозначает соотношение между частотой появления ошибок и доплеровской частотой  $f_d$ , когда осуществлялся только процесс замены из числа перемежения чётности, перемежения прокрутки столбцов и процесса замены.

На обеих фиг. 27 и 28 можно увидеть, что частота появления ошибок улучшается (уменьшается), когда осуществляются все из перемежения чётности, перемежения прокрутки столбцов и процесса замены, а не когда осуществляется только процесс замены.

Теперь секция 21 кодирования LDPC по фиг. 8 описывается далее.

Как описано со ссылкой на фиг. 11, в стандарте DVB-S.2 предписано кодирование LDPC двух различных длин N кода из 64.800 битов и 16.200 битов.

Предписаны также, для кода LDPC, длина N которого равна 64.800 битов, 11 скоростей кодирования: 1/4, 1/3, 2/5, 1/2, 3/5, 2/3, 3/4, 4/5, 5/6, 8/9 и 9/10, а для кода LDPC, длина N кода которого равна 16.200, предписаны 10 скоростей кодирования: 1/4, 1/3, 2/5, 1/2, 3/5, 2/3, 3/4, 4/5, 5/6 и 8/9 (часть В на фиг. 11).

Секция 21 кодирования LDPC осуществляет кодирование (кодирование с исправлением ошибок) в коды LDPC с различными скоростями кодирования, длина N кода которых составляет 64.800 битов или 16.200 битов, в соответствии с матрицей H проверки на чётность, подготовленной для каждой длины N кода и для каждой скорости кодирования.

Фиг. 29 показывает пример конфигурации секции 21 кодирования LDPC по фиг. 8.

Секция 21 кодирования LDPC включает в себя блок 601 проведения кодирования и блок 602 хранения.

Блок 601 проведения кодирования включает в себя узел 611 установки скорости кодирования, узел 612 считывания таблицы начальных значений, узел 613 получения матрицы проверки на чётность, узел 614 считывания информационных разрядов, узел 615 математической операции кодирования чётности и узел 616 управления и осуществляет кодирование LDPC объектных данных, поданных в секцию 21 кодирования LDPC, и подаёт код LDPC, полученный в результате кодирования LDPC, в битовый перемежитель 22 (фиг. 8).

В частности, узел 611 установки скорости кодирования устанавливает длину N кода и скорость кодирования для кодов LDPC, например, в ответ на действие оператора.

Узел 612 считывания таблицы начальных значений считывает описанную далее таблицу начальных значений матрицы проверки на чётность, которая соответствует длине N кода и скорости кодирования, установленным узлом 611 установки скорости кодирования, из блока 602 хранения.

Узел 613 получения матрицы проверки на чётность на основе таблицы начальных значений матрицы проверки на чётность, считанной узлом 612 считывания таблицы начальных значений, помещает элементы со значением 1 информационной матрицы  $H_A$ , соответствующей информационной длине K (=длина N кода - длина M чётности), соответствующей длине N кода и скорости кодирования, установленным узлом 611 установки скорости кодирования, в период из 360 столбцов (блочное число P столбцов циклической структуры) в направлении столбца для получения матрицы H проверки на чётность, и сохраняет эту матрицу H проверки на чётность в блок 602 хранения.

Узел 614 считывания информационных разрядов считывает (извлекает) информационные разряды для информационной длины  $K$  из объектных данных, поданных в секцию 21 кодирования LDPC.

Узел 615 математической операции кодирования чётности считывает матрицу  $H$  проверки на чётность, полученную узлом 613 получения матрицы проверки на чётность из блока 602 хранения, и вычисляет биты чётности, соответствующие информационным разрядам, считанным узлом 614 считывания информационных разрядов, в соответствии с заранее заданным выражением для получения кодового слова (кода LDPC).

Узел 616 управления управляет блоками, которые составляют блок 601 проведения кодирования.

В блоке 602 хранения хранятся множество таблиц начальных значений матриц проверки на чётность и т.д., по отдельности соответствующих множеству скоростей кодирования, показанных на фиг. 11 в отношении одних из двух длин  $N$  кода двух кодов длиной  $N$  в 64.800 битов и 16.200 битов. Далее, блок 602 хранения временно сохраняет данные, необходимые для обработки в блоке 601 проведения кодирования.

Фиг. 30 представляет собой блок-схему алгоритма, иллюстрирующую процесс приёма, осуществляемый приёмным устройством 12 по фиг. 29.

На этапе S201 узел 611 установки скорости кодирования находит (устанавливает) длину  $N$  кода и скорость  $r$  кодирования для осуществления кодирования LDPC.

На этапе S202 узел 612 считывания таблицы начальных значений считывает из блока 602 хранения заранее заданную таблицу начальных значений матрицы проверки на чётность, соответствующую длине  $N$  кода и скорости  $r$  кодирования, найденным узлом 611 установки скорости кодирования.

На этапе S203 узел 613 получения матрицы проверки на чётность находит (получает) матрицу  $H$  проверки на чётность для кода LDPC, имеющего длину  $N$  кода и скорость  $r$  кодирования, найденные узлом 611 установки скорости кодирования, с помощью таблицы начальных значений матрицы проверки на чётность, считанной из блока 602 хранения узлом 612 считывания начальных значений, и подаёт матрицу  $H$  проверки на чётность в блок 602 хранения для сохранения.

На этапе S204 узел 614 считывания информационных разрядов считывает информационные разряды информационной длины  $K$  ( $=N \times r$ ), соответствующей длине  $K$  кода и скорости  $r$  кодирования, найденным узлом 611 установки скорости кодирования из числа объектных данных, поданных в секцию 21 кодирования LDPC, и считывает матрицу  $H$  проверки на чётность, найденную узлом 613 получения матрицы проверки на чётность из блока 602 хранения, и подаёт информационные разряды и матрицу  $H$  проверки на чётность в узел 615 математической операции кодирования чётности.

На этапе S205 узел 615 математической операции кодирования чётности последовательно выполняет математическую операцию с битом чётности из кодового слова  $s$ , которое удовлетворяет выражению (8).

$$Hs^T = 0 \quad (8)$$

В выражении (8)  $s$  обозначает вектор строки в качестве кодового слова (кода LDPC), а  $s^T$  обозначает инверсию сектора  $s$  строки.

Здесь, как описано выше, когда в векторе  $s$  строки в качестве кода LDPC (одно кодовое слово) часть, соответствующая информационным разрядам, представлена вектором  $A$  строки, а часть, соответствующая битам чётности, представлена вектором  $T$  строки, вектор  $s$  строки можно представить выражением  $s=[A|T]$  из вектора  $A$  строки в качестве информационных разрядов и вектора  $T$  строки в качестве битов чётности.

Необходимо, чтобы матрица  $H$  проверки на чётность и вектор  $s=[A|T]$  строки в качестве кода LDPC удовлетворяли выражению  $Hs^T=0$ , и, когда матрица  $H_T$  чётности из матрицы  $H=[H_A|H_T]$  проверки на чётность имеет лестничную структуру, показанную на фиг. 10, вектор  $T$  строки в качестве битов чётности, который составляет вектор  $s=[A|T]$  строки, который удовлетворяет выражению  $Hs^T=0$ , можно найти последовательно установкой элементов каждой строки на нуль в порядке, начиная с элементов в первой строке вектора  $Hs^T$  столбца в выражении  $Hs^T=0$ .

Если узел 615 математической операции кодирования чётности находит бит  $T$  чётности для информационного разряда  $A$ , тогда он выводит кодовое слово  $s=[A|T]$ , представленное информационным разрядом  $A$  и битом  $T$  чётности, в качестве результата кодирования LDPC информационного разряда  $A$ .

Следует отметить, что кодовое слово  $s$  имеет 64.800 битов или 16.200 битов.

После этого, на этапе S206, узел 616 управления принимает решение, следует ли закончить кодирование LDPC. Если он решает на этапе S206, что кодирование LDPC не следует заканчивать, т.е., например, если остаются объектные данные, подлежащие кодированию LDPC, то обработка возвращается к этапу S201, и после этого процессы этапов S201-S206 повторяются.

С другой стороны, если он решает на этапе S206, что кодирование LDPC следует закончить, т.е., например, если не остаётся объектных данных, подлежащих кодированию LDPC, секция 21 кодирования LDPC заканчивает обработку.

Как описано выше, подготавливаются таблицы начальных значений матрицы проверки на чётность, соответствующие длинам  $N$  кода и скоростям  $r$  кодирования, и секция 21 кодирования LDPC осуществ-

ляет кодирование LDPC для заранее заданной длины  $N$  кода и заранее заданной скорости  $\gamma$  кодирования с помощью матрицы  $H$  проверки на чётность, полученной из таблицы начальных значений матрицы проверки на чётность, соответствующей заранее заданной длине  $N$  кода и заранее заданной скорости  $\gamma$  кодирования.

Каждая таблица начальных значений матрицы проверки на чётность является таблицей, которая представляет позицию элементов со значением 1 информационной матрицы  $H_d$ , соответствующей информационной длине  $K$ , соответствующей длине  $N$  кода и скорости  $\gamma$  кодирования кода LDPC матрицы  $H$  проверки на чётность (кода LDPC, определённого матрицей  $H$  проверки на чётность) для каждых 360 строк (блочное число  $P$  столбцов периодической структуры), и получается заранее для матрицы  $H$  проверки на чётность для каждой длины  $N$  кода и каждой скорости  $\gamma$  кодирования.

Фиг. 31-58 иллюстрируют некоторые из таблиц начальных значений матрицы проверки на чётность, предписанных в стандарте DVB-S.2.

В частности, фиг. 31 показывает таблицу начальных значений матрицы проверки на чётность для матрицы  $H$  проверки на чётность, предписанной в стандарте DVB-S.2 и имеющей длину  $N$  кода 16.200 битов и скорость  $\gamma$  кодирования 2/3.

Фиг. 32-34 показывают таблицу начальных значений матрицы проверки на чётность для матрицы  $H$  проверки на чётность, предписанной в стандарте DVB-S.2 и имеющей длину  $N$  кода 64.800 битов и скорость  $\gamma$  кодирования 2/3.

Следует отметить, что фиг. 33 представляет собой вид, продолжающийся с фиг. 32, а фиг. 34 представляет собой вид, продолжающийся с фиг. 32.

Фиг. 35 показывает таблицу начальных значений матрицы проверки на чётность для матрицы  $H$  проверки на чётность, предписанной в стандарте DVB-S.2 и имеющей длину  $N$  кода 16.200 битов и скорость  $\gamma$  кодирования 3/4.

Фиг. 36-39 показывают таблицу начальных значений матрицы проверки на чётность для матрицы  $H$  проверки на чётность, предписанной в стандарте DVB-S.2 и имеющей длину  $N$  кода 64.800 битов и скорость  $\gamma$  кодирования 3/4.

Следует отметить, что фиг. 37 представляет собой вид, продолжающийся с фиг. 36, а фиг. 38 представляет собой вид, продолжающийся с фиг. 37. Далее, фиг. 39 представляет собой вид, продолжающийся с фиг. 38.

Фиг. 40 показывает таблицу начальных значений матрицы проверки на чётность для матрицы  $H$  проверки на чётность, предписанной в стандарте DVB-S.2 и имеющей длину  $N$  кода 16.200 битов и скорость  $\gamma$  кодирования 4/5.

Фиг. 41-44 показывают таблицу начальных значений матрицы проверки на чётность для матрицы  $H$  проверки на чётность, предписанной в стандарте DVB-S.2 и имеющей длину  $N$  кода 64.800 битов и скорость  $\gamma$  кодирования 4/5.

Следует отметить, что фиг. 42 представляет собой вид, продолжающийся с фиг. 41, а фиг. 43 представляет собой вид, продолжающийся с фиг. 42. Далее, фиг. 44 представляет собой вид, продолжающийся с фиг. 43.

Фиг. 45 показывает таблицу начальных значений матрицы проверки на чётность для матрицы  $H$  проверки на чётность, предписанной в стандарте DVB-S.2 и имеющей длину  $N$  кода 16.200 битов и скорость  $\gamma$  кодирования 5/6.

Фиг. 46-49 показывают таблицу начальных значений матрицы проверки на чётность для матрицы  $H$  проверки на чётность, предписанной в стандарте DVB-S.2 и имеющей длину  $N$  кода 64.800 битов и скорость  $\gamma$  кодирования 5/6.

Следует отметить, что фиг. 47 представляет собой вид, продолжающийся с фиг. 46, а фиг. 48 представляет собой вид, продолжающийся с фиг. 47. Далее, фиг. 49 представляет собой вид, продолжающийся с фиг. 48.

Фиг. 50 показывает таблицу начальных значений матрицы проверки на чётность для матрицы  $H$  проверки на чётность, предписанной в стандарте DVB-S.2 и имеющей длину  $N$  кода 16.200 битов и скорость  $\gamma$  кодирования 8/9.

Фиг. 51-54 показывают таблицу начальных значений матрицы проверки на чётность для матрицы  $H$  проверки на чётность, предписанной в стандарте DVB-S.2 и имеющей длину  $N$  кода 64.800 битов и скорость  $\gamma$  кодирования 8/9.

Следует отметить, что фиг. 52 представляет собой вид, продолжающийся с фиг. 51, а фиг. 53 представляет собой вид, продолжающийся с фиг. 52. Далее, фиг. 54 представляет собой вид, продолжающийся с фиг. 53.

Фиг. 55-58 показывают таблицу начальных значений матрицы проверки на чётность для матрицы  $H$  проверки на чётность, предписанной в стандарте DVB-S.2 и имеющей длину  $N$  кода 64.800 битов и скорость  $\gamma$  кодирования 9/10.

Следует отметить, что фиг. 56 представляет собой вид, продолжающийся с фиг. 55, а фиг. 57 представляет собой вид, продолжающийся с фиг. 56. Далее, фиг. 58 представляет собой вид, продолжающийся с фиг. 57.

Узел 613 получения матрицы проверки на чётность (фиг. 29) находит матрицу  $H$  проверки на чётность следующим образом с помощью таблиц начальных значений матрицы проверки на чётность.

В частности, фиг. 59 иллюстрирует способ нахождения матрицы  $H$  проверки на чётность из таблицы начальных значений матрицы проверки на чётность.

Следует отметить, что таблица начальных значений матрицы проверки на чётность по фиг. 59 указывает таблицу начальных значений матрицы проверки на чётность для матрицы  $H$  проверки на чётность, предписанной в стандарте DVB-S.2 и имеющей длину  $N$  кода 16.200 битов и скорость  $r$  кодирования  $2/3$ , показанной на фиг. 31.

Как описано выше, таблица начальных значений матрицы проверки на чётность является таблицей, представляющей позицию элементов со значением 1 информационной матрицы  $H_A$  (фиг. 9), соответствующей информационной длине  $K$ , соответствующей длине  $N$  кода и скорости  $r$  кодирования кода LDPC для каждых 360 столбцов (для каждого блочного числа  $P$  столбцов циклической структуры), и в первой строке таблицы начальных значений матрицы проверки на чётность число номеров строк элементов со значением 1 в  $[1+360 \times (i-1)]$ -м столбце матрицы  $H$  проверки на чётность (номера строк, где число строк первой строки матрицы  $H$  проверки на чётность равно 0) равно числу весов столбцов, которое имеет  $[1+360 \times (i-1)]$ -й столбец.

Здесь, поскольку матрица  $H_T$  чётности (фиг. 9) матрицы  $H$  проверки на чётность, которая соответствует длине  $M$  чётности, находится, как показано на фиг. 18, согласно таблице начальных значений матрицы проверки на чётность, определяется информационная матрица  $H_A$  (фиг. 9) матрицы  $H$  проверки на чётность, соответствующая информационной длине  $K$ .

Число  $k+1$  строк таблицы начальных значений матрицы проверки на чётность различается в зависимости от информационной длины  $K$ .

Длина  $K$  информации и число  $k+1$  строк таблицы начальных значений матрицы проверки на чётность удовлетворяют соотношению, заданному выражением (9).

$$K = (k + 1) \times 360. \quad (9)$$

Здесь 360 в выражении (9) есть блочное число  $P$  столбцов циклической структуры, описанной со ссылкой на фиг. 20.

В таблице начальных значений матрицы проверки на чётность по фиг. 59 перечислены 13 численных значений в первой-третьей строках и три численных значения перечислены в строках с четвёртой по  $(k+1)$ -ю (тридцатую на фиг. 59).

Соответственно, число весов столбцов в матрице  $H$  проверки на чётность, найденной из таблицы начальных значений матрицы проверки на чётность по фиг. 59, составляет 13 в строках с первой по  $[1+360 \times (3-1)]$ -ю, но равно 3 в строках с  $[1+360 \times (3-1)]$ -й по  $K$ -ю.

Первая строка таблицы начальных значений матрицы проверки на чётность по фиг. 59 включает в себя 0, 2084, 1613, 1548, 1286, 1460, 3196, 4297, 2481, 3369, 3451, 4620 и 2622, и это означает, что в первом столбце матрицы  $H$  проверки на чётность элементы в строках с номерами строк 0, 2084, 1613, 1548, 1286, 1460, 3196, 4297, 2481, 3369, 3451, 4620 и 2622 имеют значение 1 (и помимо этого остальные элементы имеют значение 0).

При этом вторая строка таблицы начальных значений матрицы проверки на чётность по фиг. 59 включает в себя 1, 122, 1516, 3448, 2880, 1407, 1847, 3799, 3529, 373, 971, 4358 и 3108, и это означает, что в 361-м ( $= [1+360 \times (2-1)]$ -й) столбце матрицы  $H$  проверки на чётность элементы в строках с номерами 1, 122, 1516, 3448, 2880, 1407, 1847, 3799, 3529, 373, 971, 4358 и 3108 имеют значение 1.

Как показано выше, таблица начальных значений матрицы проверки на чётность представляет позицию элементов со значением 1 информационной матрицы  $H_A$  матрицы  $H$  проверки на чётность для каждых 360 столбцов.

Каждый из столбцов матрицы  $H$  проверки на чётность иной, нежели  $[1+360 \times (i-1)]$ -й столбец, т.е. каждый из столбцов с  $[2+360 \times (i-1)]$ -го по  $(360 \times i)$ -й столбцы включает в себя элементы со значением 1, полученные циклическим сдвигом элементов со значением 1 из  $[1+360 \times (i-1)]$ -го столбца, которые зависят от таблицы начальных значений матрицы проверки на чётность периодически с нисходящим направлением (в направлении вниз по столбцу) в соответствии с длиной  $M$  чётности.

В частности, например,  $[2+360 \times (i-1)]$ -й столбец является столбцом, полученным путём циклического сдвига  $[1+360 \times (i-1)]$ -го столбца в направлении вниз на  $M/360 (=q)$ , а следующий  $[3+360 \times (i-1)]$ -й столбец является столбцом, полученным путём циклического сдвига  $[1+360 \times (i-1)]$ -го столбца в направлении вниз на  $2 \times M/360 (=2 \times q)$ , а затем циклического сдвига  $[2+360 \times (i-1)]$ -го столбца в направлении вниз на  $M/360 (=q)$ .

Теперь, если предполагается, что численное значение в  $j$ -м столбце ( $j$ -м слева) в  $i$ -й строке ( $i$ -й сверху) таблицы начальных значений матрицы проверки на чётность представлено через  $b_{i,j}$ , а номер строки  $j$ -го элемента со значением 1 в  $w$ -м столбце матрицы  $H$  проверки на чётность представлен через  $N_{w,j}$ , то номер  $N_{w,j}$  строки элемента со значением 1 в  $w$ -м столбце, который является столбцом, отличным от  $[1+360 \times (i-1)]$ -го столбца матрицы  $H$  проверки на чётность, можно найти в соответствии с выражением (10).

$$H_{w-j} = \text{mod} \{h_{ij} + \text{mod} ((w-1), P) \times q, M\}. \quad (10)$$

Здесь,  $\text{mod}(x, y)$  означает остаток, когда  $x$  делится на  $y$ .

При этом  $P$  есть блочное число столбцов циклической структуры, описанное выше, и равно, например, в стандарте DVB-S.2, как описано выше, 360. Далее,  $q$  есть значение  $M/360$ , полученное делением длины  $M$  чётности на блочное число  $P$  столбцов ( $=360$ ) циклической структуры.

Узел 613 получения матрицы проверки на чётность (фиг. 29) конкретизирует номер строки элементов со значением 1 в  $[1+360 \times (i-1)]$ -м столбце матрицы  $H$  проверки на чётность из таблицы начальных значений матрицы проверки на чётность.

Далее, узел 613 начальных значений матрицы проверки на чётность (фиг. 29) находит номер  $H_{w-j}$  строки для элемента со значением 1 в  $w$ -м столбце, который является столбцом, отличным от  $[1+360 \times (i-1)]$ -го столбца матрицы  $H$  проверки на чётность, в соответствии с выражением (10) и получает матрицу  $H$  проверки на чётность, в которой элементы с номерами строк, полученными вышеописанным образом, имеют значение 1.

В этой связи, известно, что кода LDPC со скоростью кодирования  $2/3$ , предписанный в стандарте DVB-S.2, имеет более низкое качество (более высокий потолок ошибок) по сравнению с кодами LDPC с иными скоростями кодирования.

Здесь, явление (явление потолка ошибок), состоящее в том, что по мере повышения соотношения сигнал-шум ( $E_s/N_0$ ) падение частоты появления ошибок (BER) становится всё более вялым, и частота появления ошибок, когда это падение останавливается, является потолком ошибок.

Если потолок ошибок становится более высоким, то, в общем, устойчивость к ошибкам в тракте 13 связи (фиг. 7) падает, а потому желательно принять меры для улучшения устойчивости к ошибкам.

В качестве ответной меры для улучшения устойчивости к ошибкам доступен, например, процесс замены, который осуществляется демультиплексором 25 (фиг. 8).

В этом процессе замены в качестве способа замены для замены кодовых разрядов кода LDPC, например, доступны описанные выше первый-четвёртый способы замены. Однако требуется предложить способ, который имеет ещё более улучшенную устойчивость к ошибкам по сравнению с уже предложенными способами, в том числе первым-четвёртым способами замены.

Таким образом, демультиплексор 25 (фиг. 8) выполнен так, что он может осуществлять процесс замены в соответствии с правилом назначения, как описано выше со ссылкой на фиг. 25.

В нижеследующем, перед тем, как будет описан способ замены в соответствии с правилом назначения, описывается процесс замены посредством уже описанных способов замены (именуемых далее существующими способами).

Процесс замены, когда предполагается, что этот процесс замены осуществляется в соответствии с существующими способами посредством демультиплексора 25, описывается со ссылкой на фиг. 60 и 61.

Фиг. 60 показывает пример процесса замены по существующему способу, когда код LDPC представляет собой код LDPC с длиной  $N$  кода, равной 64.800 битов, и скоростью кодирования  $3/5$ .

В частности, часть А по фиг. 60 иллюстрирует пример способа замены по существующему способу, когда код LDPC представляет собой код LDPC с длиной кода 64.800 битов и скоростью кодирования  $3/5$ , а кроме того, способом модуляции является 16QAM и множитель  $b$  равен 2.

Когда способом модуляции является 16QAM, 4 ( $=m$ ) бита из числа кодовых разрядов отображаются как один символ в какую-нибудь из 16 сигнальных точек, предписанных для 16QAM.

Далее, когда длина  $N$  кода равна 64.800 битов и множитель  $b$  равен 2, память 31 (фиг. 16 и 17) демультиплексора 25 имеет восемь столбцов для хранения  $4 \times 2$  ( $=mb$ ) битов в направлении строки и хранит  $64.800/(4 \times 2)$  битов в направлении столбца.

В демультиплексоре 25, когда кодовые разряды кода LDPC записаны в направлении столбца в памяти 31 и запись 64.800 кодовых разрядов (одного кодового слова) заканчивается, кодовые разряды, записанные в памяти 31, считываются в блоке из  $4 \times 2$  ( $=mb$ ) битов в направлении строки и подаются в секцию 32 замены (фиг. 16 и 17).

Секция 32 замены заменяет, например,  $4 \times 2$  ( $=mb$ ) кодовых разрядов  $b_0, b_1, b_2, b_3, b_4, b_5, b_6$  и  $b_7$ , считанные из памяти 31, так, что, как видно в части А по фиг. 60, эти  $4 \times 2$  ( $=mb$ ) биты  $b_0$ - $b_7$  назначаются  $4 \times 2$  ( $=mb$ ) символьным разрядам  $y_0, y_1, y_2, y_3, y_4, y_5, y_6$  и  $y_7$  следующих друг за другом двух ( $=b$ ) символов.

В частности, секция 32 замены осуществляет замену для назначения

кодového разряда  $b_0$  символьному разряду  $y_7$ ,

кодového разряда  $b_1$  символьному разряду  $y_1$ ,

кодového разряда  $b_2$  символьному разряду  $y_4$ ,

кодového разряда  $b_3$  символьному разряду  $u_2$ ,  
 кодového разряда  $b_4$  символьному разряду  $u_5$ ,  
 кодového разряда  $b_5$  символьному разряду  $u_3$ ,  
 кодového разряда  $b_6$  символьному разряду  $u_6$ , и  
 кодového разряда  $b_7$  символьному разряду  $u_0$ .

В частности, часть В по фиг. 60 иллюстрирует пример способа замены по существующему способу, когда код LDPC с длиной  $N$  кода 64.800 битов и скоростью кодирования  $3/5$ , а кроме того, способом модуляции является 64QAM и множитель  $b$  равен 2.

Когда способом модуляции является 64QAM, 6 ( $=m$ ) бита из числа кодовых разрядов отображаются как один символ в какую-нибудь из 64 сигнальных точек, предписанных для 64QAM.

Далее, когда длина  $N$  кода равна 64.800 битов и множитель  $b$  равен 2, память 31 (фиг. 16 и 17) демуплексора 25 имеет двенадцать столбцов для хранения  $6 \times 2$  ( $=mb$ ) битов в направлении строки и хранит  $64.800/(6 \times 2)$  битов в направлении столбца.

В демуплексоре 25, когда кодовые разряды кода LDPC записаны в направлении столбца в памяти 31 и запись 64.800 кодовых разрядов (одного кодового слова) заканчивается, кодовые разряды, записанные в памяти 31, считываются в блоке из  $6 \times 2$  ( $=mb$ ) битов в направлении строки и подаются в секцию 32 замены (фиг. 16 и 17).

Секция 32 замены заменяет, например,  $6 \times 2$  ( $=mb$ ) кодовых разрядов  $b_0, b_1, b_2, b_3, b_4, b_5, b_6, b_7, b_8, b_9, b_{10}$  и  $b_{11}$ , считанные из памяти 31, так, что, как видно в части В по фиг. 60, эти  $6 \times 2$  ( $=mb$ ) биты  $b_0$ - $b_{11}$  назначаются  $6 \times 2$  ( $=mb$ ) символьным разрядам  $u_0, u_1, u_2, u_3, u_4, u_5, u_6, u_7, u_8, u_9, u_{10}$  и  $u_{11}$  следующих друг за другом двух ( $=b$ ) символов.

В частности, секция 32 замены осуществляет замену для назначения

кодového разряда  $b_0$  символьному разряду  $u_{11}$ ,  
 кодového разряда  $b_1$  символьному разряду  $u_7$ ,  
 кодového разряда  $b_2$  символьному разряду  $u_3$ ,  
 кодového разряда  $b_3$  символьному разряду  $u_{10}$ ,  
 кодového разряда  $b_4$  символьному разряду  $u_6$ ,  
 кодového разряда  $b_5$  символьному разряду  $u_2$ ,  
 кодového разряда  $b_6$  символьному разряду  $u_9$ ,  
 кодového разряда  $b_7$  символьному разряду  $u_5$ ,  
 кодového разряда  $b_8$  символьному разряду  $u_1$ ,  
 кодového разряда  $b_9$  символьному разряду  $u_8$ ,  
 кодového разряда  $b_{10}$  символьному разряду  $u_4$  и  
 кодového разряда  $b_{11}$  символьному разряду  $u_0$ .

В частности, часть С по фиг. 60 иллюстрирует пример способа замены по существующему способу, когда код LDPC с длиной  $N$  кода 64.800 битов и скоростью кодирования  $3/5$ , а кроме того, способом модуляции является 256QAM и множитель  $b$  равен 2.

Когда способом модуляции является 256QAM, 8 ( $=m$ ) бита из числа кодовых разрядов отображаются как один символ в какую-нибудь из 256 сигнальных точек, предписанных для 256QAM.

Далее, когда длина  $N$  кода равна 64.800 битов и множитель  $b$  равен 2, память 31 (фиг. 16 и 17) демуплексора 25 имеет шестнадцать столбцов для хранения  $8 \times 2$  ( $=mb$ ) битов в направлении строки и хранит  $64.800/(8 \times 2)$  битов в направлении столбца.

В демуплексоре 25, когда кодовые разряды кода LDPC записаны в направлении столбца в памяти 31 и запись 64.800 кодовых разрядов (одного кодового слова) заканчивается, кодовые разряды, записанные в памяти 31, считываются в блоке из  $8 \times 2$  ( $=mb$ ) битов в направлении строки и подаются в секцию 32 замены (фиг. 16 и 17).

Секция 32 замены заменяет, например,  $8 \times 2$  ( $=mb$ ) кодовых разрядов  $b_0, b_1, b_2, b_3, b_4, b_5, b_6, b_7, b_8, b_9, b_{10}, b_{11}, b_{12}, b_{13}, b_{14}$  и  $b_{15}$ , считанные из памяти 31, так, что, как видно в части С по фиг. 60, эти  $8 \times 2$  ( $=mb$ ) биты  $b_0$ - $b_{15}$  назначаются  $8 \times 2$  ( $=mb$ ) символьным разрядам  $u_0, u_1, u_2, u_3, u_4, u_5, u_6, u_7, u_8, u_9, u_{10}, u_{11}, u_{12}, u_{13}, u_{14}$  и  $u_{15}$  следующих друг за другом двух ( $=b$ ) символов.

В частности, секция 32 замены осуществляет замену для назначения

кодового разряда  $b_0$  символьному разряду  $y_{15}$ ,  
 кодового разряда  $b_1$  символьному разряду  $y_1$ ,  
 кодового разряда  $b_2$  символьному разряду  $y_{13}$ ,  
 кодового разряда  $b_3$  символьному разряду  $y_3$ ,  
 кодового разряда  $b_4$  символьному разряду  $y_8$ ,  
 кодового разряда  $b_5$  символьному разряду  $y_{11}$ ,  
 кодового разряда  $b_6$  символьному разряду  $y_9$ ,  
 кодового разряда  $b_7$  символьному разряду  $y_5$ ,  
 кодового разряда  $b_8$  символьному разряду  $y_{10}$ ,  
 кодового разряда  $b_9$  символьному разряду  $y_6$ ,  
 кодового разряда  $b_{10}$  символьному разряду  $y_4$ ,  
 кодового разряда  $b_{11}$  символьному разряду  $y_7$ ,  
 кодового разряда  $b_{12}$  символьному разряду  $y_{12}$ ,  
 кодового разряда  $b_{13}$  символьному разряду  $y_2$ ,  
 кодового разряда  $b_{14}$  символьному разряду  $y_{14}$  и  
 кодового разряда  $b_{15}$  символьному разряду  $y_0$ ,

Фиг. 61 показывает пример процесса замены по существующему способу, когда код LDPC представляет собой код LDPC с длиной  $N$  кода 16.200 битов и скоростью кодирования  $3/5$ .

В частности, часть А по фиг. 61 иллюстрирует пример способа замены по существующему способу, когда код LDPC представляет собой код LDPC с длиной кода 16.200 битов и скоростью кодирования  $3/5$ , а кроме того, способом модуляции является 16QAM и множитель  $b$  равен 2.

Когда способом модуляции является 16QAM, 4 ( $=m$ ) бита из числа кодовых разрядов отображаются как один символ в какую-нибудь из 16 сигнальных точек, предписанных для 16QAM.

Далее, когда длина  $N$  кода равна 16.200 битов и множитель  $b$  равен 2, память 31 (фиг. 16 и 17) демуплексора 25 имеет восемь столбцов для хранения  $4 \times 2$  ( $=mb$ ) битов в направлении строки и хранит  $16.200/(4 \times 2)$  битов в направлении столбца.

В демуплексоре 25, когда кодовые разряды кода LDPC записаны в направлении столбца в памяти 31 и запись 16.200 кодовых разрядов (одного кодового слова) заканчивается, кодовые разряды, записанные в памяти 31, считываются в блоке из  $4 \times 2$  ( $=mb$ ) битов в направлении строки и подаются в секцию 32 замены (фиг. 16 и 17).

Секция 32 замены заменяет, например,  $4 \times 2$  ( $=mb$ ) кодовых разрядов  $b_0, b_1, b_2, b_3, b_4, b_5, b_6$  и  $b_7$ , считанные из памяти 31, так, что, как видно в части А по фиг. 61, эти  $4 \times 2$  ( $=mb$ ) биты  $b_0$ - $b_7$  назначаются  $4 \times 2$  ( $=mb$ ) символьным разрядам  $y_0, y_1, y_2, y_3, y_4, y_5, y_6$  и  $y_7$  следующих друг за другом двух ( $=b$ ) символов.

В частности, секция 32 замены осуществляет замену для назначения кодовых разрядов  $b_0$ - $b_7$  символьным разрядам  $y_0$ - $y_7$ , как в случае части А по фиг. 60, описанном выше.

В частности, часть В по фиг. 61 иллюстрирует пример способа замены по существующему способу, когда код LDPC представляет собой код LDPC с длиной кода 16.200 битов и скоростью кодирования  $3/5$ , а кроме того, способом модуляции является 64QAM и множитель  $b$  равен 2.

Когда способом модуляции является 64QAM, 6 ( $=m$ ) бита из числа кодовых разрядов отображаются как один символ в какую-нибудь из 64 сигнальных точек, предписанных для 64QAM.

Далее, когда длина  $N$  кода равна 16.200 битов и множитель  $b$  равен 2, память 31 (фиг. 16 и 17) демуплексора 25 имеет двенадцать столбцов для хранения  $6 \times 2$  ( $=mb$ ) битов в направлении строки и хранит  $16.200/(6 \times 2)$  битов в направлении столбца.

В демуплексоре 25, когда кодовые разряды кода LDPC записаны в направлении столбца в памяти 31 и запись 16.200 кодовых разрядов (одного кодового слова) заканчивается, кодовые разряды, записанные в памяти 31, считываются в блоке из  $6 \times 2$  ( $=mb$ ) битов в направлении строки и подаются в секцию 32 замены (фиг. 16 и 17).

Секция 32 замены заменяет, например,  $6 \times 2$  ( $=mb$ ) кодовых разрядов  $b_0, b_1, b_2, b_3, b_4, b_5, b_7, b_8, b_9, b_{10}$  и  $b_{11}$ , считанные из памяти 31, так, что, как видно в части В по фиг. 61, эти  $6 \times 2$  ( $=mb$ ) биты  $b_0$ - $b_{11}$  назначаются  $6 \times 2$  ( $=mb$ ) символьным разрядам  $y_0, y_1, y_2, y_3, y_4, y_5, y_6, y_7, y_8, y_9, y_{10}$  и  $y_{11}$  следующих друг за другом двух ( $=b$ ) символов.

В частности, секция 32 замены осуществляет замену для назначения кодовых разрядов  $b_0$ - $b_{11}$  символьным разрядам  $y_0$ - $y_{11}$ , как в случае части В по фиг. 60, описанном выше.

В частности, часть С по фиг. 61 иллюстрирует пример способа замены по существующему способу, когда код LDPC представляет собой код LDPC с длиной кода 16.200 битов и скоростью кодирования  $3/5$ , а кроме того, способом модуляции является 256QAM и множитель  $b$  равен 1.

Когда способом модуляции является 256QAM, 8 ( $=m$ ) бита из числа кодовых разрядов отображаются как один символ в какую-нибудь из 256 сигнальных точек, предписанных для 256QAM.

Далее, когда длина  $N$  кода равна 16.200 битов и множитель  $b$  равен 1, память 31 (фиг. 16 и 17) демultipлексора 25 имеет восемь столбцов для хранения  $8 \times 1$  ( $=mb$ ) битов в направлении строки и хранит  $16.200/(8 \times 1)$  битов в направлении столбца.

В демultipлексоре 25, когда кодовые разряды кода LDPC записаны в направлении столбца в памяти 31 и запись 16.200 кодовых разрядов (одного кодового слова) заканчивается, кодовые разряды, записанные в памяти 31, считываются в блоке из  $8 \times 1$  ( $=mb$ ) битов в направлении строки и подаются в секцию 32 замены (фиг. 16 и 17).

Секция 32 замены заменяет, например,  $8 \times 1$  ( $=mb$ ) кодовых разрядов  $b_0, b_1, b_2, b_3, b_4, b_5, b_6$  и  $b_7$ , считанные из памяти 31, так, что, как видно в части С по фиг. 61, эти  $8 \times 1$  ( $=mb$ ) биты  $b_0$ - $b_7$  назначаются  $8 \times 1$  ( $=mb$ ) символьным разрядам  $y_0, y_1, y_2, y_3, y_4, y_5, y_6$  и  $y_7$  следующих друг за другом двух ( $=b$ ) символов.

В частности, секция 32 замены осуществляет замену для назначения

кодového разряда  $b_0$  символьному разряду  $y_7$ ,

кодového разряда  $b_1$  символьному разряду  $y_3$ ,

кодového разряда  $b_2$  символьному разряду  $y_1$ ,

кодového разряда  $b_3$  символьному разряду  $y_5$ ,

кодového разряда  $b_4$  символьному разряду  $y_2$ ,

кодového разряда  $b_5$  символьному разряду  $y_6$ ,

кодového разряда  $b_6$  символьному разряду  $y_4$  и

кодového разряда  $b_7$  символьному разряду  $y_0$ .

Теперь описывается процесс замены в соответствии с правилом назначения (именуемый далее также как процесс замены в соответствии с новым способом замены).

Фиг. 62-64 представляют собой виды, иллюстрирующие новый способ замены.

В новом способе замены секция 32 замены демultipлексора 25 осуществляет замену  $mb$  кодовых разрядов в соответствии с правилом назначения, определённым заранее.

Правило назначения является правилом для назначения кодовых разрядов кода LDPC символьным разрядам. В правиле назначения предписывается групповой набор, который является комбинацией кодовой разрядной группы из кодовых разрядов и символьной разрядной группы из символьных разрядов, которым назначаются кодовые разряды из кодовой разрядной группы, и число разрядов (именуемое далее также как число групповых разрядов) кодовых разрядов и символьных разрядов из кодовой разрядной группы и символьной разрядной группы группового набора.

Здесь, кодовые разряды различны по вероятности ошибок среди них, и символьные разряды также различны по вероятности появления ошибок среди них, как описано выше. Кодовая разрядная группа представляет собой группу, в которую кодовые разряды сгруппированы в соответствии с вероятностью ошибок, а символьная разрядная группа представляет собой группу, в которую символьные сгруппированы в соответствии с вероятностью ошибок.

Фиг. 62 иллюстрирует кодовые разрядные группы и символьные разрядные группы, когда код LDPC является кодом LDPC с длиной  $N$  кода 64.800 битов и скоростью кодирования  $2/3$ , а кроме того, способом модуляции является 256QAM и множитель  $b$  равен 2.

В этом случае  $8 \times 2$  ( $=mb$ ) кодовых разрядов  $b_0$ - $b_{15}$ , считанных из памяти 31, могут группироваться в пять кодовых разрядных групп  $Gb_1, Gb_2, Gb_3, Gb_4$  и  $Gb_5$ , как видно в части А по фиг. 62, в соответствии с различием в вероятности ошибок.

Здесь, кодовая разрядная группа  $Gb_i$  представляет собой группу, в которой кодовые разряды, принадлежащие к кодовой разрядной группе  $Gb_i$ , имеют лучшую (более низкую) вероятность ошибок, когда её индекс  $i$  имеет более низкое значение.

В части А по фиг. 62 к кодовой разрядной группе  $Gb_1$  принадлежит кодовый разряд  $b_0$ ; к кодовой разрядной группе  $Gb_2$  принадлежит кодовый разряд  $b_1$ ; к кодовой разрядной группе  $Gb_3$  принадлежат кодовые разряды  $b_2$ - $b_9$ ; к кодовой разрядной группе  $Gb_4$  принадлежит кодовый разряд  $b_{10}$ ; и к кодовой разрядной группе  $Gb_5$  принадлежат кодовые разряды  $b_{11}$ - $b_{15}$ .

Когда способом модуляции является 256QAM и множитель  $b$  равен  $2,8 \times 2$  ( $=mb$ ) символьных разрядов  $y_0$ - $y_{15}$  могут группироваться в четыре символьных разрядных группы  $Gy_1, Gy_2, Gy_3$  и  $Gy_4$ , как видно в части В по фиг. 62, в соответствии с различием в вероятности ошибок.

Здесь, символьная разрядная группа  $Gy_j$  представляет собой группу, в которой символьные разряды, принадлежащие к символьной разрядной группе  $Gy_j$ , имеют лучшую (более низкую) вероятность

ошибок, когда её индекс  $j$  имеет более низкое значение, аналогично кодовой разрядной группе.

В части В по фиг. 62 к символьной разрядной группе  $Gy_1$  принадлежат символьные разряды  $u_0, u_1, u_8$  и  $u_9$ ; к символьной разрядной группе  $Gy_2$  принадлежат символьные разряды  $u_2, u_3, u_{10}$  и  $u_{11}$ ; к символьной разрядной группе  $Gy_3$  принадлежат символьные разряды  $u_4, u_5, u_{12}$  и  $u_{13}$ ; и к символьной разрядной группе  $Gy_4$  принадлежат символьные разряды  $u_6, u_7, u_{14}$  и  $u_{15}$ .

Фиг. 63 иллюстрирует правило назначения, когда код LDPC является кодом LDPC с длиной  $N$  кода 64.800 битов и скоростью кодирования  $2/3$ , а кроме того, способом модуляции является 256QAM и множитель  $b$  равен 2.

В правиле назначения по фиг. 63 комбинация из кодовой разрядной группы  $Gb_1$  и символьной кодовой группы  $Gy_4$  в первой слева по фиг. 63 как один групповой набор. Далее, число групповых разрядов группового набора предписано как 1 бит.

В нижеследующем описании групповой набор и число групповых разрядов группового набора именуются вместе как информация группового набора. Например, групповой набор из кодовой разрядной группы  $Gb_1$  и символьной разрядной группы  $Gy_4$  и 1 бит, который является числом групповых разрядов этого группового набора, описываются как информация  $(Gb_1, Gy_4, 1)$  группового набора.

В правиле назначения по фиг. 63 информация  $(Gb_1, Gy_4, 1)$ ,  $(Gb_3, Gy_1, 3)$ ,  $(Gb_3, Gy_2, 1)$ ,  $(Gb_3, Gy_3, 2)$ ,  $(Gb_3, Gy_4, 2)$ ,  $(Gb_4, Gy_3, 1)$ ,  $(Gb_5, Gy_1, 1)$ ,  $(Gb_5, Gy_2, 3)$  и  $(Gb_5, Gy_3, 1)$  группового набора предписывается в дополнение к информации  $(Gb_1, Gy_4, 1)$  группового набора.

Например, информация  $(Gb_1, Gy_4, 1)$  группового набора означает, что один кодовый разряд, принадлежащий кодовой разрядной группе  $Gb_1$ , назначается одному символьному разряду, принадлежащему символьной разрядной группе  $Gy_4$ .

Соответственно, согласно правилу назначения по фиг. 63, предписывается, что

в зависимости от информации  $(Gb_1, Gy_4, 1)$  группового набора один кодовый разряд из кодовой разрядной группы  $Gb_1$ , которая является наилучшей по вероятности ошибок, назначается одному символьному разряду из символьной разрядной группы  $Gy_4$ , которая является четвёртой лучшей по вероятности ошибок;

в зависимости от информации  $(Gb_2, Gy_4, 1)$  группового набора один кодовый разряд из кодовой разрядной группы  $Gb_2$ , которая является второй лучшей по вероятности ошибок, назначается одному символьному разряду из символьной разрядной группы  $Gy_4$ , которая является четвёртой лучшей по вероятности ошибок;

в зависимости от информации  $(Gb_3, Gy_1, 3)$  группового набора три кодовых разряда из кодовой разрядной группы  $Gb_3$ , которая является третьей лучшей по вероятности ошибок, назначаются трём символьным разрядам из символьной разрядной группы  $Gy_1$ , которая является наилучшей по вероятности ошибок;

в зависимости от информации  $(Gb_3, Gy_2, 1)$  группового набора один кодовый разряд из кодовой разрядной группы  $Gb_2$ , которая является третьей лучшей по вероятности ошибок, назначается одному символьному разряду из символьной разрядной группы  $Gy_2$ , которая является второй лучшей по вероятности ошибок;

в зависимости от информации  $(Gb_3, Gy_3, 2)$  группового набора два кодовых разряда из кодовой разрядной группы  $Gb_3$ , которая является третьей лучшей по вероятности ошибок, назначаются двум символьным разрядам из символьной разрядной группы  $Gy_3$ , которая является третьей лучшей по вероятности ошибок;

в зависимости от информации  $(Gb_3, Gy_4, 2)$  группового набора два кодовых разряда из кодовой разрядной группы  $Gb_3$ , которая является третьей лучшей по вероятности ошибок, назначаются двум символьным разрядам из символьной разрядной группы  $Gy_4$ , которая является четвёртой лучшей по вероятности ошибок;

в зависимости от информации  $(Gb_4, Gy_3, 1)$  группового набора один кодовый разряд из кодовой разрядной группы  $Gb_4$ , которая является четвёртой лучшей по вероятности ошибок, назначается одному символьному разряду из символьной разрядной группы  $Gy_3$ , которая является третьей лучшей по вероятности ошибок;

в зависимости от информации  $(Gb_5, Gy_1, 1)$  группового набора один кодовый разряд из кодовой разрядной группы  $Gb_5$ , которая является пятой лучшей по вероятности ошибок, назначается одному символьному разряду из символьной разрядной группы  $Gy_1$ , которая является наилучшей по вероятности ошибок;

в зависимости от информации  $(Gb_5, Gy_2, 3)$  группового набора три кодовых разряда из кодовой разрядной группы  $Gb_5$ , которая является пятой лучшей по вероятности ошибок, назначаются трём символьным разрядам из символьной разрядной группы  $Gy_2$ , которая является второй лучшей по вероятности ошибок;

в зависимости от информации  $(Gb_5, Gy_3, 1)$  группового набора один кодовый разряд из кодовой разрядной группы  $Gb_5$ , которая является пятой лучшей по вероятности ошибок, назначается одному символьному разряду из символьной разрядной группы  $Gy_3$ , которая является третьей лучшей по вероятности ошибок.

Как описано выше, кодовая разрядная группа представляет собой группу, в которую кодовые разряды сгруппированы в соответствии с вероятностью ошибок, а символьная разрядная группа представляет собой группу, в которую символьные разряды сгруппированы в соответствии с вероятностью ошибок. Соответственно, можно также считать, что правило назначения предписывает комбинацию из вероятности ошибок кодовых разрядов и вероятности ошибок символьных разрядов, которым назначены кодовые разряды.

Таким образом, правило назначения, которое предписывает комбинацию из вероятности ошибок кодовых разрядов и вероятности ошибок символьных разрядов, которым назначены кодовые разряды, определяется так, что устойчивость к ошибкам (устойчивость к шуму) делается лучше, например, посредством моделирования, в котором измеряется BER, или т.п.

Следует отметить, что даже если цель назначения кодового разряда некоторой кодовой разрядной группы изменяется среди разрядов той же самой символьной разрядной группы, это не влияет (мало влияет) на устойчивость к ошибкам.

Соответственно, чтобы улучшить устойчивость к ошибкам, в качестве правила назначения должна быть определена информация группового набора, которая делает частоту появления ошибочных битов (BER), в том числе потолок ошибок, низкой, в частности, комбинации (групповые наборы) кодовых разрядных групп из кодовых разрядов и символьных разрядных групп из символьных разрядов, которым должны быть назначены кодовые разряды из кодовых разрядных групп, и число разрядов (групповое число разрядов) кодовых разрядов из кодовых разрядных групп и символьных разрядных групп из групповых наборов и из символьных разрядов, и замена кодовых разрядов должна осуществляться так, чтобы кодовые разряды назначались символьным разрядам в соответствии с этим правилом назначения.

Однако, конкретный способ назначения в отношении того, какому символу должен назначаться каждый кодовый разряд в соответствии с правилом назначения, необходимо заранее определить между передающим устройством 11 и приёмным устройством (фиг. 7).

Фиг. 64 иллюстрирует пример замены кодовых разрядов в соответствии с правилом назначения по фиг. 63.

В частности, часть А по фиг. 64 иллюстрирует первый пример замены кодовых разрядов в соответствии с правилом назначения по фиг. 63, когда код LDPC является кодом LDPC с длиной  $N$  кода 64.8000 битов и скоростью кодирования  $2/3$ , а кроме того, способом модуляции является 256QAM и множитель  $b$  равен 2.

Когда код LDPC является кодом LDPC с длиной  $N$  кода 64.8000 битов и скоростью кодирования  $2/3$ , а кроме того, способом модуляции является 256QAM и множитель  $b$  равен 2, в демультимплексе 25 кодовые разряды, записанные в память 31 для  $(64.800/(8 \times 2)) \times (8 \times 2)$  разрядов в направлении столбца  $\times$  направлении строки считываются в блоке из  $8 \times 2 (=mb)$  битов в направлении строки и подаются в секцию 32 замены (фиг. 16 и 17).

Секция 32 замены заменяет  $8 \times 2 (=mb)$  кодовых разрядов  $b_0-b_{15}$ , считанных из памяти 31, в соответствии с правилом назначения по фиг. 63 так, чтобы  $8 \times 2 (=mb)$  кодовых разрядов  $b_0-b_{15}$  назначались  $8 \times 2 (=mb)$  символьным разрядам  $y_0-y_{15}$  двух следующих друг за другом  $(=b)$  символов, как видно в части А по фиг. 64.

В частности, секция 32 замены осуществляет замену для назначения

кодového разряда  $b_0$  символному разряду  $y_{15}$ ,  
 кодového разряда  $b_1$  символному разряду  $y_7$ ,  
 кодového разряда  $b_2$  символному разряду  $y_1$ ,  
 кодového разряда  $b_3$  символному разряду  $y_5$ ,  
 кодového разряда  $b_4$  символному разряду  $y_6$ ,  
 кодového разряда  $b_5$  символному разряду  $y_{13}$ ,  
 кодového разряда  $b_6$  символному разряду  $y_{11}$ ,  
 кодového разряда  $b_7$  символному разряду  $y_9$ ,  
 кодového разряда  $b_8$  символному разряду  $y_8$ ,  
 кодového разряда  $b_9$  символному разряду  $y_{14}$ ,  
 кодového разряда  $b_{10}$  символному разряду  $y_{12}$ ,  
 кодového разряда  $b_{11}$  символному разряду  $y_3$ ,  
 кодového разряда  $b_{12}$  символному разряду  $y_0$ ,  
 кодového разряда  $b_{13}$  символному разряду  $y_{10}$ ,  
 кодového разряда  $b_{14}$  символному разряду  $y_4$  и  
 кодového разряда  $b_{15}$  символному разряду  $y_2$ .

Часть В по фиг. 64 иллюстрирует второй пример замены кодových разрядов в соответствии с правилом назначения по фиг. 63, когда код LDPC является кодом LDPC с длиной  $N$  кода 64.8000 битов и скоростью кодирования  $2/3$ , а кроме того, способом модуляции является 256QAM и множитель  $b$  равен 2.

Согласно части В по фиг. 64 секция 32 замены осуществляет замену для назначения  $8 \times 2$  ( $=mb$ ) кодových разрядов  $b_0$ - $b_{15}$ , считанных из памяти 31, в соответствии с правилом назначения по фиг. 63 таким образом, чтобы назначить

кодový разряд  $b_0$  символному разряду  $y_{15}$ ,  
 кодový разряд  $b_1$  символному разряду  $y_{14}$ ,  
 кодový разряд  $b_2$  символному разряду  $y_8$ ,  
 кодový разряд  $b_3$  символному разряду  $y_5$ ,  
 кодový разряд  $b_4$  символному разряду  $y_6$ ,  
 кодový разряд  $b_5$  символному разряду  $y_4$ ,  
 кодový разряд  $b_6$  символному разряду  $y_2$ ,  
 кодový разряд  $b_7$  символному разряду  $y_1$ ,  
 кодový разряд  $b_8$  символному разряду  $y_9$ ,  
 кодový разряд  $b_9$  символному разряду  $y_7$ ,  
 кодový разряд  $b_{10}$  символному разряду  $y_{12}$ ,  
 кодový разряд  $b_{11}$  символному разряду  $y_3$ ,  
 кодový разряд  $b_{12}$  символному разряду  $y_{13}$ ,  
 кодový разряд  $b_{13}$  символному разряду  $y_{10}$ ,  
 кодový разряд  $b_{14}$  символному разряду  $y_0$  и  
 кодový разряд  $b_{15}$  символному разряду  $y_{11}$ .

Здесь способы назначения кодových разрядов  $b_i$  символным разрядам  $y_i$ , проиллюстрированные в части А фиг. 64 и части В фиг. 64, соблюдают правило назначения по фиг. 63 (следуют правилу назначения).

Фиг. 65 иллюстрирует результат моделирования частоты появления ошибочных битов (BER) в случае, когда осуществляется процесс замены в части А по фиг. 64 из процессов замены новой системы замены, описанной выше со ссылкой на фиг. 62-64, и в другом случае, когда осуществляется процесс замены, описанный выше со ссылкой на фиг. 60 из числа существующих способов.

В частности, фиг. 65 иллюстрирует BER, когда в качестве объекта определяется код LDPC, который

предписан в стандарте DVB-S,2 и имеет длину  $N$  кода 64.800 и скорость кодирования  $2/3$ , а кроме того, в качестве способа модуляции принят 256QAM, а в качестве множителя  $b$  принято 2.

Следует отметить, что на фиг. 65 ось абсцисс указывает  $E_s/N_0$ , а ось ординат указывает BER. Далее, круглая метка представляет BER, когда осуществляется процесс замены из нового способа замены, а звёздочка (звездообразная метка) представляет BER, когда осуществляется процесс замены существующего способа.

Из фиг. 65 можно видеть, что согласно процессу замены нового способа замены потолок ошибок падает значительно по сравнению с процессом замены существующего способа, и устойчивость к ошибкам улучшается.

Следует отметить, что, хотя в данном варианте осуществления секция 32 замены в демультимплексоре 25 осуществляет процесс замены для кодовых разрядов, считанных из памяти 31, для удобства описания, процесс замены может выполняться путём управления записью или считыванием кодовых разрядов в память 31 или из неё.

В частности, процесс замены может осуществляться, например, путём управления адресом (адресом считывания) для считывания кодового разряда так, чтобы считывание кодовых разрядов из памяти 31 осуществлялось в порядке кодовых разрядов после замены.

Теперь, в качестве меры противодействия для улучшения устойчивости к ошибкам доступен способ использования кода LDPC, который понижает потолок ошибок, в дополнение к способу, который использует процесс замены по способу замены, который понижает потолок ошибок.

Таким образом, секция 21 кодирования LDPC (фиг. 8) может осуществлять кодирование кода LDPC с длиной  $N$  кода 64.800 битов и скоростью  $r$  кодирования  $2/3$  в высокоэффективный код путём применения таблицы начальных значений матрицы проверки на чётность, которая отлична от таблицы начальных значений матрицы проверки на чётность, предписанной в стандарте DVB-S,2, и из которой находится подходящая матрица  $H$  проверки на чётность, и с помощью матрицы проверки на чётность, найденной из таблицы начальных значений матрицы проверки на чётность.

Здесь, подходящей матрицей  $H$  проверки на чётность является матрица проверки на чётность, которая удовлетворяет заранее заданному условию для получения частоты появления ошибочных битов (BER) ниже, чем когда модулированный сигнал кода LDPC, полученного из матрицы проверки на чётность, передаётся при низком соотношении мощности сигнала к мощности шума на один символ ( $E_s/N_0$ ) или соотношении мощности сигнала к мощности шума на один бит ( $E_b/N_0$ ). Далее, высококачественный код LDPC представляет собой код LDPC, полученный из подходящей матрицы проверки на чётность.

Подходящая матрица  $H$  проверки на чётность может быть найдена, например, путём осуществления моделирования BER, когда модулированный сигнал кода LDPC, полученного из различных матриц проверки на чётность, которые удовлетворяют заранее заданному условию, передаётся при низком  $E_s/N_0$ .

Заранее заданное условие, которому должна удовлетворять матрица  $H$  проверки на чётность, является, например, таким, что результат анализа, полученного способом анализа пропускной способности кода, называемого развёртыванием плотности, является хорошим, что матрица  $H$  проверки на чётность не включает в себя петли элементов со значением 1, называемой циклом 4, что матрица  $H$  проверки на чётность не включает в себя цикла 6, и т.д.

Здесь, развёртывание плотности и её объединение раскрываются, например, в работе S.Y. Chung, G.D. Forney, T.J. Richardson and R. Urbanke, "On the Design of Low-Density Parity-Check Codes within 0.0045 dB of the Shannon Limit" (О проектировании кодов низкой плотности с проверкой на чётность в пределах 0,0045 дБ от предела Шеннона), IEEE Communications Letters, Vol. 5, NO. 2, Feb. 2001.

Например, если значение дисперсии шума постепенно увеличивается от нуля в канале AWGN, то, хотя ожидаемая величина вероятности ошибки кода LDPC сначала равна нулю, она становится отличной от нуля, если значение дисперсии шума становится выше, чем некоторое пороговое значение (порог).

Согласно развёртыванию плотности ожидаемое значение вероятности ошибки для того же случая становится отличной от нуля. Путём сравнения пороговой величины со значением дисперсии (именуемым здесь пороговым значением пропускной способности) шума можно определить, является ли пропускная способность кода LDPC (пригодность матрицы проверки на чётность) хорошей. Здесь, в качестве порогового значения пропускной способности используется  $E_s/N_0$ , когда BER начинает падать (уменьшаться).

Если пороговое значение пропускной способности, полученное путём анализа развёртывания плотности в отношении кода LDPC, который определён в стандарте DVB-S,2 и имеет длину  $N$  кода 64.800 битов и скорость  $r$  кодирования  $2/3$  (такой код LDPC именуется далее также как стандартный код), представлено через  $V$ , то при моделировании код LDPC (матрица проверки на чётность), который имеет длину  $N$  кода 64.800 и скорость  $r$  кодирования  $2/3$  и проявляет пороговое значение пропускной способности ниже, чем  $V+\Delta$ , полученное добавлением заранее заданного допуска  $\Delta$  к  $V$ , был выбран в качестве кода LDPC с хорошей пропускной способностью.

Фиг. 66-68 иллюстрируют таблицу начальных значений матрицы проверки на чётность для одного из кодов LDPC, у которого  $E_s/N_0$  в качестве порогового значения пропускной способности ниже, чем

V+Δ (код LDPC с длиной N кода 64.800 и скоростью кодирования 2/3).

Следует отметить, что фиг. 67 является видом, продолжающим фиг. 66, а фиг. 68 является видом, продолжающим фиг. 67.

В матрице N проверки на чётность, найденной из таблицы начальных значений матрицы проверки на чётность по фиг. 66-68, не существует ни цикла 4, ни цикла 6.

Фиг. 69 иллюстрирует результат моделирования BER в отношении кода LDPC матрицы N проверки на чётность, найденной из таблицы начальных значений матрицы проверки на чётность по фиг. 66-68 (такой код LDPC именуется далее также как предложенный код).

В частности, фиг. 69 иллюстрирует, когда способом модуляции является 256QAM, величину BER в отношении  $E_s/N_0$  стандартного кода (на чертеже эта BER указана круглой меткой) и величину BER для  $E_s/N_0$  предложенного кода (на чертеже эта BER указана квадратной меткой). Следует отметить, что на фиг. 69 процесс замены существующего способа из части C по фиг. 60 принят в качестве процесса замены.

Из фиг. 69 можно видеть, что предложенный код лучше по пропускной способности, нежели стандартный код, и что, в частности, порог ошибок значительно улучшен.

Следует отметить, что заранее заданное условие, которому должны удовлетворять подходящая матрица N проверки на чётность, можно надлежаше найти с такой точки зрения, как улучшение качества декодирования кода LDPC, облегчение (упрощение) процесса декодирования кода LDPC и т.д.

Фиг. 70 является блок-схемой, показывающей пример конфигурации приёмного устройства 12 по фиг. 7.

На фиг. 70 приёмное устройство 12 представляет собой устройство обработки данных для приёма модулированного сигнала от передающего устройства 11 (фиг. 7) и включает в себя секцию 51 ортогональной демодуляции, секцию 52 обратного отображения; деперемежитель 53 и секцию декодирования 56 LDPC.

Секция 51 ортогональной демодуляции принимает модулированный сигнал от передающего устройства 11 и осуществляет ортогональную демодуляцию, а затем подаёт символы, полученные в результате ортогональной демодуляции (значения на осях I и Q) в секцию 52 обратного отображения.

Секция 52 обратного отображения осуществляет обратное отображение по преобразованию сигнальных точек из секции 51 ортогональной демодуляции в кодовые разряды кода LDPC, отображённого символами, и подаёт эти кодовые разряды в деперемежитель 53.

Деперемежитель 53 включает в себя мультиплексор (MUX) 54 и деперемежитель 55 прокрутки столбцов и осуществляет деперемежение символов из символьных разрядов из секции 52 обратного отображения.

В частности, мультиплексор 54 осуществляет процесс обратной замены (обратный процесс процессу замены), соответствующий процессу замены, осуществляемому демультимплексором 25 по фиг. 8, для символов из символьных разрядов из секции 52 обратного отображения, т.е. процесс обратной замены по возвращению позиций кодовых разрядов (символьных разрядов) кодов LDPC, заменённых процессом замены, на исходные позиции. Затем мультиплексор 54 подаёт код LDPC, полученный в результате процесса обратной замены, в деперемежитель 55 прокрутки столбцов.

Деперемежитель 55 прокрутки столбцов осуществляет деперемежение прокрутки столбцов (процесс, обратный перемежению прокрутки столбцов), соответствующее перемежению прокрутки столбцов в качестве процесса перестановки, осуществлённого перемежителем 24 прокрутки столбцов по фиг. 8, т.е., например, деперемежение прокрутки столбцов в качестве процесса обратной перестановки по возвращению размещения кодовых разрядов кода LDPC, имеющего размещение, изменённое перемежением прокрутки столбцов в качестве процесса перестановки в исходное размещение, для кода LDPC из мультиплексора 54.

В частности, деперемежитель 55 прокрутки столбцов осуществляет деперемежение прокрутки столбцов путём записи кодовых разрядов кода LDPC в память и считывание записанных кодовых разрядов из памяти для деперемежения, при этом память выполнена аналогично памяти 31, показанной на фиг. 22, и т.д.

Следует отметить, что в деперемежителе 55 прокрутки столбцов запись кодовых разрядов осуществляется в направлении строки памяти для деперемежения с помощью адресов считывания при считывании кодов из памяти 31 в качестве адресов записи. При этом считывание кодовых разрядов осуществляется в направлении столбца памяти для деперемежения с помощью адресов записи при записи кодовых разрядов в память 31 в качестве адресов считывания.

Коды LDPC, полученные в результате деперемежения прокрутки столбцов, подаются из деперемежителя 55 прокрутки столбцов в секцию 56 декодирования LDPC.

Здесь, хотя код LDPC, поданный из секции 52 обратного отображения в деперемежитель 53, получен перемежением чётности, перемежением прокрутки столбцов и процессом замены, осуществлёнными в таком их порядке, деперемежитель 53 осуществляет только процесс обратной замены, соответствующий процессу замены, и деперемежение прокрутки столбцов, соответствующее перемежению прокрутки столбцов. Соответственно, деперемежение чётности, соответствующее перемежению чётности (процесс,

обратный перемежению чётности), т.е. деперемежение чётности, возвращающее размещение кодовых разрядов кодов LDPC, размещение которых изменено перемежением чётности, в исходное размещение, не осуществляется.

Соответственно, код LDPC, для которого процесс обратной замены и деперемежение прокрутки столбцов осуществлены, но деперемежение чётности не осуществлено, подаётся из (деперемежителя 55 прокрутки столбцов) деперемежителя 53 в секцию 56 декодирования LDPC.

Секция 56 декодирования LDPC осуществляет декодирование LDPC кода LDPC из деперемежителя 53 с помощью преобразованной матрицы проверки на чётность, полученной за счёт осуществления, по меньшей мере, замены столбцов, соответствующей перемежению чётности для матрицы  $H$  проверки на чётность, использованной для кодирования LDPC секцией 21 кодирования LDPC по фиг. 8, и выводит данные, полученные в результате декодирования LDPC в качестве результата декодирования объектных данных.

Фиг. 71 представляет собой блок-схему алгоритма, иллюстрирующую процесс приёма, осуществляемый приёмным устройством 12 по фиг. 70.

Секция 51 ортогональной демодуляции принимает модулированный сигнал от передающего устройства 11 на этапе S111. Затем, обработка переходит к этапу S112, на котором секция 51 ортогональной демодуляции осуществляет ортогональную демодуляцию модулированного сигнала. Секция 51 ортогональной демодуляции подаёт сигнальные точки, полученные в результате ортогональной демодуляции, в секцию 52 обратного отображения, после чего обработка переходит от этапа S112 к этапу S113.

На этапе S113 секция 52 обратного отображения осуществляет обратное отображение по преобразованию сигнальных точек из секции 51 ортогональной демодуляции в символы и подаёт кодовые разряды в деперемежителя 53, после чего обработка переходит к этапу S114.

На этапе S114 деперемежитель 53 осуществляет деперемежение символов из символьных битов из секции 52 обратного отображения, после чего обработка переходит к этапу S115.

В частности, на этапе S114 мультиплексор 54 в деперемежителе 53 осуществляет процесс обратной замены символов из символьных битов из секции 52 обратного отображения и подаёт код LDPC, полученный в результате процесса обратной замены в деперемежителя 55 прокрутки столбцов.

Деперемежитель 55 прокрутки столбцов осуществляет деперемежение прокрутки столбцов для кода LDPC из мультиплексора 54 и подаёт код LDPC, полученный в результате деперемежения прокрутки столбцов, в секцию 56 декодирования LDPC.

На этапе S115 секция 56 декодирования LDPC осуществляет декодирование LDPC кода LDPC из деперемежителя 55 прокрутки столбцов с помощью преобразованной матрицы проверки на чётность, полученной путём осуществления, по меньшей мере, замены столбцов, соответствующей перемежению чётности для матрицы  $H$  проверки на чётность, использованной для кодирования LDPC секцией 21 кодирования LDPC по фиг. 8, и выводит данные, полученные декодированием LDPC, как результат декодирования объектных данных. После этого обработка заканчивается.

Следует отметить, что процесс приёма по фиг. 71 осуществляется многократно.

Кроме того, на фиг. 70 мультиплексор 54 для осуществления процесса обратной замены и деперемежителя 55 прокрутки столбцов для осуществления деперемежения прокрутки столбцов выполнены отдельно друг от друга для удобства описания, аналогично случаю по фиг. 8. Однако мультиплексор 54 и деперемежитель 55 прокрутки столбцов могут быть выполнены совместно друг с другом.

Далее, когда передающее устройство 11 по фиг. 8 не осуществляет перемежение прокрутки столбцов, нет необходимости предусматривать деперемежителя 55 прокрутки столбцов в приёмном устройстве 12 по фиг. 70.

Теперь декодирование LDPC, осуществляемое секцией 56 декодирования LDPC по фиг. 70, описывается далее.

Секция 56 декодирования LDPC по фиг. 70 осуществляет декодирование LDPC кода LDPC, для которого осуществлены процесс обратной замены и деперемежение прокрутки столбцов, но не осуществлено деперемежение чётности, из деперемежителя 55 прокрутки столбцов, как описано выше, с помощью преобразованной матрицы проверки на чётность, полученной осуществлением, по меньшей мере, замены столбцов, соответствующей перемежению чётности для матрицы  $H$  проверки на чётность, использованной для кодирования LDPC секцией 21 кодирования LDPC по фиг. 8.

Здесь, декодирование LDPC, которое может подавлять рабочую частоту в достаточно осуществимом диапазоне при сокращении размеров схем за счёт осуществления декодирования LDPC с помощью преобразованной матрицы проверки на чётность, предложено раньше (см., например, выложенную заявку на патент Японии № 2004-343170).

Таким образом, ранее предложенное декодирование LDPC, которое использует преобразованную матрицу проверки на чётность, описывается сначала со ссылками на фиг. 72-75.

Фиг. 72 показывает пример матрицы  $H$  проверки на чётность кода LDPC, длина  $N$  кода которого равна 90, а скорость кодирования равна  $2/3$ .

Следует отметить, что на фиг. 72 ноль представлен точкой (.) (это аналогично применимо к фиг. 73 и 74, описанным далее).

В матрице  $H$  проверки на чётность по фиг. 72 матрица чётности имеет лестничную структуру.

Фиг. 73 иллюстрирует матрицу  $H'$  проверки на чётность, полученную применением замены строк по выражению (11) и замены столбцов по выражению (12) к матрице  $H$  проверки на чётность по фиг. 72.

Замена строк:  $(6s + t + 1)$ -я строка  $\rightarrow$   $(5t + s + 1)$ -я строка (11)

Замена столбцов:  $(6x + y + 61)$ -й столбец  $\rightarrow$   $(5y + x + 61)$ -й столбец (12)

Однако в выражениях (11) и (12)  $s$ ,  $t$ ,  $x$  и  $y$  являются целыми числами в пределах  $0 \leq s < 5$ ,  $0 \leq t < 6$ ,  $0 \leq x < 5$  и  $0 \leq y < 6$  соответственно.

Согласно замене строк по выражению (11), замена осуществляется таким образом, что 1-я, 7-я, 13-я, 19-я и 25-я строки, каждый из номеров которых указывает остаток от деления 1 на 6, заменяются на 1-ю, 2-ю, 3-ю, 4-ю и 5-ю строки, а 2-я, 8-я, 14-я, 20-я и 26-я строки, каждый из номеров которых указывает остаток от деления 2 на 6, заменяются на 6-ю, 7-ю, 8-ю, 9-ю и 10-ю строки.

С другой стороны, согласно замене столбцов по выражению (12), замена осуществляется для 61-го и последующих столбцов (матрицы чётности), так что 61-й, 67-й, 73-й, 79-й и 85-й столбцы, каждый из номеров которых указывает остаток от деления 1 на 6, заменяются на 61-й, 62-й, 63-й, 64-й и 65-й столбцы, а 62-й, 68-й, 74-й, 80-й и 86-й столбцы, каждый из номеров которых указывает остаток от деления 2 на 6, заменяются на 66-й, 67-й, 68-й, 69-й и 70-й столбцы.

Матрица, полученная путём осуществления замены строк и столбцов для матрицы  $H$  проверки на чётность по фиг. 72, есть матрица  $H'$  проверки на чётность по фиг. 73.

Здесь, даже если осуществляется замена строк матрицы  $H$  проверки на чётность, это не влияет на размещение кодовых разрядов кода LDPC.

При этом, замена столбцов по выражению (12) соответствует перемежению чётности, когда длина  $K$  информации, блоковое число  $P$  столбцов циклической структуры и делитель  $q$  ( $=M/P$ ) длины  $M$  чётности (здесь, 30) в перемежении чётности при перемежении  $(K+qx+y+1)$ -го кодового разряда в позицию  $(K+Py+x)$ -го кодового разряда устанавливаются соответственно на 60, 5 и 6.

Если матрица  $H'$  проверки на чётность (здесь и далее именуемая соответственно как замещённая матрица проверки на чётность) по фиг. 73 перемножается на результат её же замены по выражению (12) для кода LDPC матрицы  $H$  проверки на чётность (здесь и далее именуемая соответственно как исходная матрица проверки на чётность) по фиг. 72, то выводится нулевой вектор. В частности, когда вектор строки, полученный применением замены столбцов по выражению (12) для вектора с строки в качестве кода LDPC (кодového слова) исходной матрицы  $H$  проверки на чётность, представлен через  $c'$ , поскольку  $Hc'^T$  становится нулевым вектором на основе характеристики матрицы проверки на чётность, естественно, и  $H'c'^T$  становится нулевым вектором.

Из вышесказанного следует, что преобразованная матрица  $H'$  проверки на чётность по фиг. 73 становится матрицей проверки на чётность кода  $c'$  LDPC, полученного путём осуществления замены столбцов по выражению (12) для кода  $c$  LDPC исходной матрицы  $H$  проверки на чётность.

Соответственно, путём осуществления замены столбцов по выражению (12) для кода  $c$  LDPC исходной матрицы  $H$  проверки на чётность, декодирования (декодирования LDPC) кода  $c'$  LDPC после замены столбцов с помощью матрицы  $H'$  проверки на чётность по фиг. 73, а затем осуществления обратной замены для замены столбцов по выражению (12) для результата декодирования, можно получить результат декодирования, аналогичный тому, который получен, когда код LDPC исходной матрицы  $H$  проверки на чётность декодируется с помощью матрицы  $H$  проверки на чётность.

Фиг. 74 показывает преобразованную матрицу  $H'$  проверки на чётность по фиг. 73, в которой предусмотрено пространство между блоками из матриц  $5 \times 5$ .

На фиг. 74 преобразованная матрица  $H'$  проверки на чётность представлена комбинацией блоковых матриц из  $5 \times 5$  элементов, другой матрицы (именуемой здесь и далее как квазиблоковая матрица), которая соответствует блоковой матрице, у которой элемент или элементы со значением 1 заменены на элемент или элементы со значением 0, ещё одной матрицы (именуемой здесь и далее соответственно как сдвинутая матрица), которая соответствует блоковой матрице или квазиблоковой матрице после того, как она циклически сдвинута (циклический сдвиг), ещё одной матрицы (именуемой здесь и далее соответственно как суммарная матрица) из двух или более блоковых матриц, квазиблоковых матриц и сдвинутой матрицы, и нулевой матрицы из  $5 \times 5$  элементов.

Можно считать, что преобразованная матрица  $H'$  проверки на чётность по фиг. 74 составлена из блоковой матрицы, квазиблоковой матрицы, сдвинутой матрицы, суммарной матрицы и нулевой матрицы из  $5 \times 5$  элементов. Для этого матрицы из  $5 \times 5$  элементов, которые составляют преобразованную матрицу  $H'$  проверки на чётность, именуются здесь и далее как компонентные матрицы.

Для декодирования кода LDPC, представленного матрицей проверки на чётность, представленной матрицей из  $P \times P$  компонентов, можно использовать архитектуру, которая осуществляет математическую операцию узла проверки и математическую операцию узла переменной одновременно для  $P$  узлов проверки и  $P$  узлов переменной.

Фиг. 75 является блок-схемой, показывающей пример конфигурации декодирующего устройства, которое осуществляет такое декодирование, как только что описано.

В частности, фиг. 75 показывает пример конфигурации кодирующего устройства, которое осуществляет декодирование кодов LDPC исходной матрицы  $H$  проверки на чётность по фиг. 72 с помощью преобразованной матрицы  $H'$  проверки на чётность по фиг. 74, полученной путём осуществления, по меньшей мере, замены столбцов по выражению (12).

Декодирующее устройство по фиг. 75 включает в себя запоминающее устройство 300 данных рёбер, содержащее шесть регистров  $300_1$ - $300_6$  FIFO, селектор 301 для выбора регистров  $300_1$ - $300_6$  FIFO, секцию 302 вычисления узла проверки, две цепи 303 и 308 циклического сдвига, запоминающее устройство 304 данных рёбер, содержащее восемнадцать регистров  $304_1$ - $304_{18}$  FIFO, селектор 305 для выбора регистров  $304_1$ - $304_{18}$  FIFO, память 306 принятых данных, секцию 307 вычисления узла переменной, цепь 308 циклического сдвига, секцию 309 вычисления декодированного слова, секцию 310 перестановки принятых данных и секцию 311 реорганизации декодированных данных.

Сначала, описывается способ сохранения данных в запоминающие устройства 300 и 304 данных рёбер.

Запоминающее устройство 300 данных рёбер содержит шесть регистров  $300_1$ - $300_6$  FIFO, число которых равно частному от деления числа 30 строк преобразованной матрицы  $H'$  проверки на чётность по фиг. 74 на число 5 строк компонентной матрицы. Каждый из регистров  $300_y$  FIFO ( $y=1, 2, \dots, 6$ ) имеет множество ступеней областей хранения, так что сообщения, соответствующие пяти рёбрам, число которых равно числу строк и числу столбцов компонентных матриц, могут считываться из этих областей хранения каждой ступени или записываться в них в одно и то же время. Далее, число ступеней областей хранения каждого регистра  $300_y$  FIFO равно девяти, что является максимальным числом единиц (вес Хэмминга) в направлении строки преобразованной матрицы проверки на чётность по фиг. 74.

В регистре  $300_1$  FIFO данные (сообщения  $v_i$  из узлов переменной), соответствующие позициям со значением 1 в первой-пятой строках преобразованной матрицы  $H'$  проверки на чётность по фиг. 74, сохраняются в закрытом виде в горизонтальном направлении в отдельных строках (в форме, где 0 игнорируется). В частности, если элемент в  $j$ -й строке  $i$ -го столбца представлен как  $(j, i)$ , то в областях хранения в первой ступени регистра  $300_1$  FIFO сохраняются данные, соответствующие позициям со значением 1 блоковой матрицы из  $5 \times 5$  элементов от  $(1, 1)$  до  $(5, 5)$  преобразованной матрицы  $H'$  проверки на чётность. В областях хранения второй ступени сохраняются данные, соответствующие позициям со значением 1 сдвинутой матрицы от  $(1, 21)$  до  $(5, 25)$  преобразованной матрицы  $H'$  проверки на чётность (сдвинутая матрица получена циклическим сдвигом блоковой матрицы из  $5 \times 5$  элементов на три вправо). Кроме того, в областях хранения с третьей по восьмую ступени данные сохраняются в связанном соотношении с преобразованной матрицей  $H'$  проверки на чётность. Далее, в областях хранения в девятой ступени сохраняются данные, соответствующие позициям значений сдвинутой матрицы с  $(1, 86)$  до  $(5, 90)$  преобразованной матрицы  $H'$  проверки на чётность (сдвинутой матрицы, полученной заменой значения 1 в первой строке блоковой матрицы из  $5 \times 5$  элементов значением 0 и затем циклическим сдвигом этой блоковой матрицы после замены на один влево).

В регистре  $300_2$  FIFO сохраняются данные, соответствующие позициям значения 1 из шестой-десятой строк преобразованной матрицы  $H'$  проверки на чётность по фиг. 74. В частности, в области хранения в первой ступени регистра  $300_2$  FIFO сохраняются данные, соответствующие позициям значения 1 первой сдвинутой матрицы, которая образует суммарную матрицу от  $(6, 1)$  до  $(10, 5)$  преобразованной матрицы  $H'$  проверки на чётность (суммарную матрицу, которая является суммой первой сдвинутой матрицы, полученной циклическим сдвигом блоковой матрицы из  $5 \times 5$  элементов на один вправо, и второй сдвинутой матрицы, полученной циклическим сдвигом блоковой матрицы из  $5 \times 5$  элементов на два вправо). Далее, в области хранения во второй ступени сохраняются данные, соответствующие позициям значения 1 второй сдвинутой матрицы, которая образует суммарную матрицу от  $(6, 1)$  до  $(10, 5)$  преобразованной матрицы  $H'$  проверки на чётность.

В частности, в отношении компонентной матрицы, вес которой составляет 2 или больше, когда эта компонентная матрица представлена в виде суммы множества из числа блоковой матрицы из  $P \times P$  элементов с весом 1, квазиблоковой матрицы, которая соответствует блоковой матрице, один или несколько элементов которой со значением 1 замены на 0, и сдвинутой матрицы, полученной циклическим сдвигом блоковой матрицы или квазиблоковой матрицы, данные, соответствующие позициям значения 1 блоковой матрицы, квазиблоковой матрицы или сдвинутой матрицы, вес которой равен 1 (сообщения, соответствующие рёбрам, принадлежащим блоковой матрице, квазиблоковой матрице или сдвинутой матрице), сохраняются в тот же самый адрес (тот же самый регистр FIFO из числа регистров  $300_1$ - $300_6$  FIFO).

Кроме того, в областях хранения в третьей-девятой ступенях данные сохраняются в связанном соотношении с преобразованной матрицей  $H'$  проверки на чётность.

Кроме того, регистры  $300_1$ - $300_6$  FIFO хранят данные в связанном соотношении с преобразованной матрицей  $H'$  проверки на чётность.

Запоминающее устройство 304 данных рёбер содержит восемнадцать регистров  $304_1$ - $304_{18}$  FIFO, число которых равно частному от деления числа 90 столбцов преобразованной матрицы  $H'$  проверки на чётность по фиг. 74 на число 5 столбцов компонентной матрицы. Каждый из запоминающих устройств

$304_x$  ( $x=1, 2, \dots, 18$ ) включает в себя множество ступеней областей хранения, и сообщения, соответствующие пяти рёбрам, число которых равно числу строк и числу столбцов преобразованной матрицы  $H'$  проверки на чётность, могут считываться из этих областей хранения каждой ступени или записываться в них в одно и то же время.

В регистре  $304_1$  FIFO данные, соответствующие позициям со значением 1 в первом-пятом столбцах преобразованной матрицы  $H'$  проверки на чётность по фиг. 74, (сообщения  $u_j$  из узлов проверки) сохраняются в закрытом виде в вертикальном направлении в отдельных столбцах (в форме, где 0 игнорируется). В частности, в областях хранения в первой ступени регистра  $304_1$  FIFO сохраняются данные, соответствующие позициям со значением 1 блоковой матрицы из  $5 \times 5$  элементов от (1, 1) до (5, 5) преобразованной матрицы  $H'$  проверки на чётность. В областях хранения второй ступени сохраняются данные, соответствующие позициям значения первой сдвинутой матрицы, которые образуют суммарную матрицу от (6, 1) до (10, 5) вертикальной матрицы  $H'$  проверки на чётность (суммарную матрицу, которая является суммой первой сдвинутой матрицы, полученной циклическим сдвигом блоковой матрицы из  $5 \times 5$  элементов на один вправо, и второй сдвинутой матрицы, полученной циклическим сдвигом блоковой матрицы из  $5 \times 5$  элементов на два вправо). Далее, в областях хранения в третьей ступени сохраняются данные, соответствующие позициям со значениями 1 второй сдвинутой матрицы, которая образует суммарную матрицу от (6, 1) до (10, 5) вертикальной матрицы  $H'$  проверки на чётность.

В частности, в отношении компонентной матрицы, вес которой составляет 2 или больше, когда эта компонентная матрица представлена в виде суммы множества из числа блоковой матрицы из  $P \times P$  элементов с весом 1, квазиблоковой матрицы, которая соответствует блоковой матрице, один или несколько элементов которой со значением 1 замены на 0, и сдвинутой матрицы, полученной циклическим сдвигом блоковой матрицы или квазиблоковой матрицы, данные, соответствующие позициям значения 1 блоковой матрицы, квазиблоковой матрицы или сдвинутой матрицы, вес которой равен 1 (сообщения, соответствующие рёбрам, принадлежащим блоковой матрице, квазиблоковой матрице или сдвинутой матрице), сохраняются в тот же самый адрес (тот же самый регистр FIFO из числа регистров  $304_1$ - $304_{18}$  FIFO).

Кроме того, в отношении областей хранения в четвёртой и пятой ступенях, данные сохраняются в связанном соотношении с преобразованной матрицы  $H'$  проверки на чётность. Число ступеней областей хранения регистра  $304_1$  FIFO равно 5, что является максимальным числом для числа единиц (вес Хэмминга) в направлении строки в первом-пятом столбцах преобразованной матрицы  $H'$  проверки на чётность.

Кроме того, регистры  $304_2$  и  $304_3$  FIFO хранят данные в связанном соотношении с преобразованной матрицы  $H'$  проверки на чётность аналогично, и каждая длина (число ступеней) регистров  $304_2$  и  $304_3$  равно 5. Кроме того, регистры  $304_4$ - $304_{12}$  FIFO хранят данные в связанном соотношении с преобразованной матрицей  $H'$  проверки на чётность аналогично, и каждая длина регистров  $304_4$ - $304_{12}$  FIFO равна 3. Кроме того, регистры  $304_{13}$ - $304_{18}$  FIFO хранят данные в связанном соотношении с преобразованной матрицей  $H'$  проверки на чётность аналогично, и каждая длина регистров  $304_4$ - $304_{12}$  FIFO равна 2.

Теперь описывается работа декодирующего устройства по фиг. 75.

Запоминающее устройство 300 данных рёбер включает в себя шесть регистров  $300_1$ - $300_6$  FIFO, и регистры FIFO, в которые должны сохраняться данные, выбираются из числа регистров  $300_1$ - $300_6$  FIFO в соответствии с информацией (матричные данные)  $D312$ , представляющей, какой строке преобразованной матрицы  $H'$  проверки на чётность принадлежат пять сообщений  $D311$ , поданных из цепи 308 циклического сдвига на предыдущей ступени. Затем эти пять сообщений  $D311$  сохраняются совместно и по порядку в выбранные регистры FIFO. Далее, когда данные подлежат считыванию, запоминающее устройство 300 данных рёбер считывает пять сообщений  $D300_1$  по порядку из регистра  $300_1$  FIFO и подаёт эти пять сообщений  $D300_1$  в селектор 301 на следующей ступени. После считывания сообщений из регистра  $300_1$  FIFO запоминающее устройство 300 считывает сообщения по порядку также из регистров  $300_2$ - $300_6$  FIFO и подаёт считанные сообщения в селектор 301.

Селектор 301 выбирает пять сообщений из того регистра FIFO из числа регистров  $300_1$ - $300_6$ , из которого в настоящий момент считываются данные в соответствии сигналом  $D301$  и подаёт пять сообщений в качестве сообщений  $D302$  в секцию 302 вычислений узла проверки.

Секция 302 вычислений узла проверки включает в себя пять вычислителей  $302_1$ - $302_5$  узла проверки и осуществляет математическую операцию узла проверки в соответствии с выражением (7), используя сообщения  $D302$  ( $D302_1$ - $302_5$ ) (сообщения  $u_j$  по выражению (7)), полученные в результате математической операции, в цепь 303 циклического сдвига.

Цепь 303 циклического сдвига циклически сдвигает пять сообщений  $D303_1$ - $D303_5$ , найденных секцией 302 вычисления узла проверки на основе информации (матричных данных)  $D305$  в отношении того, на какое число исходных блоковых матриц циклически сдвигаются соответствующие рёбра в преобразованной матрице  $H'$  проверки на чётность, и подаёт результат этого циклического сдвига в качестве сообщения  $D304$  в запоминающее устройство 304 данных рёбер.

Запоминающее устройство 304 данных рёбер включает в себя 18 регистров  $304_1$ - $304_{18}$  FIFO. Запоминающее устройство 304 выбирает регистр FIFO, в который следует сохранять данные, из числа реги-

стров  $304_1$ - $304_{18}$  в соответствии с информацией D305, касающейся того, какой строке преобразованной матрицы  $H'$  проверки на чётность принадлежат пять сообщений D304, поданных из цепи 303 циклического сдвига на предыдущей ступени, и совместно сохраняет эти пять сообщений D304 по порядку в выбранном регистре FIFO. С другой стороны, когда данные должны быть считаны, запоминающее устройство 304 данных рёбер считывает пять сообщений D306<sub>1</sub> по порядку из регистра  $304_1$  FIFO и подаёт сообщения D306<sub>1</sub> в селектор 305 на следующей ступени. По окончании считывания данных из регистра  $304_1$  FIFO запоминающее устройство 304 считывает сообщения по порядку также из регистров  $304_2$ - $304_{18}$  и подаёт эти сообщения в селектор 305.

Селектор 305 выбирает пять сообщений из регистра FIFO, из которого в настоящий момент считываются данные, из числа регистров  $304_1$ - $304_{18}$  FIFO в соответствии с выбранным сигналом D307 и подаёт выбранные сообщения в качестве сообщений D308 в секцию 307 вычисления узла переменной и секцию 309 вычисления декодированного слова.

С другой стороны, секция 310 перестановки принятых данных осуществляет замену столбцов по выражению (12) для перестановки кода D313 LDPC, принятого через тракт связи, и подаёт переставленный код D313 LDPC в качестве принятых данных D314 в память 306 принятых данных. Память 306 принятых данных вычисляет и сохраняет логарифмическое отношение вероятностей (LLR) приёма из принятых данных D314, поданных в неё из секции 310 перестановки принятых данных и собирает и подаёт каждые пять из LLR приёма в качестве значений D 309 приёма в секцию 307 вычисления узла переменной и секцию 309 вычисления декодированного слова.

Секция 307 вычисления узла переменной включает в себя вычислители  $307_1$ - $307_5$  узла переменной и осуществляет математическую операцию узла переменной в соответствии с выражением (1) с помощью сообщений D308 ( $308_1$ - $308_5$ ) (сообщений  $c_j$  по выражению (1)), поданных на неё через селектор 305, и пять значений D309 приёма (значений  $u_{0i}$  приёма по выражению (1)), поданных на неё из памяти 306 принятых данных. Затем, секция 307 вычисления узла переменной подаёт сообщения D310 ( $D310_1$ - $D310_5$ ) (сообщения  $v_i$  по выражению (1)), полученные в результате математической операции, в цепь 308 циклического сдвига.

Цепь 308 циклического сдвига циклически сдвигает сообщения  $D310_1$ - $D310_5$ , вычисленные секцией 307 вычисления узла переменной на основе информации относительно того, на какое число исходных блочных матриц соответствующее ребро циклически сдвинуто в преобразованной матрице  $H'$  проверки на чётность, и подаёт результат циклического сдвига в качестве сообщения D311 в запоминающее устройство 300 данных рёбер.

За счёт осуществления описанной выше последовательности операций можно осуществлять декодирование в одном цикле кода LDPC. В декодирующем устройстве по фиг. 75 после того, как код LDPC декодирован заранее заданное число раз, конечный результат декодирования определяется секцией 309 вычисления декодированного слова и секцией 311 перестановки декодированных данных, а затем выводится.

В частности, секция 309 вычисления декодированного слова включает в себя пять калькуляторов  $309_1$ - $309_5$  и действует в качестве конечной ступени во множестве циклов декодирования для вычисления результата декодирования (декодированного слова) в соответствии с выражением (5) с использованием пяти сообщений D308 ( $D308_1$ - $D308_5$ ) (сообщений  $c_j$  по выражению (5)), выведенных из селектора 305, и пять значений D309 приёма (значений  $u_{0i}$  приёма по выражению (5)), выведенных из памяти 305 принятых данных. Затем, секция 309 вычисления декодированного слова подаёт декодированные данные D315, полученные в результате вычисления секцией 311 перестановки декодированных данных.

Секция 311 перестановки декодированных данных осуществляет обратную замену к замене столбцов по выражению (12) для декодированных данных D315 поданных в неё из секции 309 вычисления декодированного слова, для перестановки порядка декодированных данных D315 в качестве результата D316 декодирования.

Как описано выше, путём применения одной или двух из замены строк и замены столбцов к матрице проверки на чётность (исходной матрице проверки на чётность) для преобразования этой матрицы проверки на чётность в матрицу проверки на чётность (преобразованную матрицу проверки на чётность), которую можно представить комбинацией блочной матрицы из  $P \times P$  элементов, квазиблочной матрицы, которая соответствует блочной матрице, элементы которой со значением 1 заменены на элемент или элементы со значением 0, сдвинутой матрицы, которая соответствует блочной матрице или квазиблочной матрице после того, как она циклически сдвинута, суммарной матрицы из двух или более из блочной матрицы, квазиблочной матрицы и сдвинутой матрицы, и нулевой матрицы из  $P \times P$  элементов, как описано выше, становится возможным приспособить для декодирования кода LDPC архитектуру, которая осуществляет математическую операцию узла проверки и математическую операцию узла переменной одновременно для  $P$  узлов проверки и  $P$  узлов переменной. Следовательно, за счёт осуществления математической операции узла одновременно для  $P$  узлов возможно подавить рабочую частоту в осуществимом диапазоне для осуществления декодирования кода LDPC.

Секция 56 декодирования LDPC, которая состоит из приёмного устройства 12 по фиг. 70, осуществ-

влияет математическую операцию узла проверки и математическую операцию узла переменной одновременно для  $P$  узлов проверки и  $P$  узлов переменной для осуществления декодирования LDPC аналогично декодирующему устройству по фиг. 75.

В частности, предположим теперь для упрощения описания, что матрица проверки на чётность кода LDPC, выводимого из секции 21 кодирования LDPC, которая состоит из передающего устройства 11 по фиг. 8, представляет собой, например, матрицу  $H$  проверки на чётность, в которой матрица чётности имеет лестничную структуру, показанную на фиг. 72. В этом случае перемежитель 23 чётности передающего устройства осуществляет перемежение чётности для перемежения  $(K+qx+y+1)$ -го кодового разряда в позицию  $(K+Py+x+1)$ -го кодового разряда с информационной длиной, установленной на 60, с блоковым числом  $P$  столбцов циклической структуры, установленным на 5, и с делителем  $q$  ( $=M/P$ ) длины  $M$  чётности, равным 6.

Поскольку это перемежение чётности соответствует замене столбцов по выражению (12), секция 56 декодирования LDPC не осуществляет замену столбцов по выражению (12).

Поэтому в приёмном устройстве 12 по фиг. 70 код LDPC, для которого деперемежением чётности не осуществлено, т.е. код LDPC в состоянии, в котором осуществляется замена столбцов по выражению (12), подаётся из деперемежителя 55 прокрутки столбцов в секцию 56 декодирования LDPC, как описано выше. Секция 56 декодирования LDPC осуществляет обработку, аналогичную обработке декодирующего устройства по фиг. 75, за исключением того, что замена столбцов по выражению (12) не осуществляется.

В частности, фиг. 76 показывает пример конфигурации секции 56 декодирования LDPC по фиг. 70.

На фиг. 76 секция 56 декодирования LDPC выполнена аналогично тому, как в декодирующем устройстве по фиг. 75, за исключением того, что секция 310 перестановки принятых данных по фиг. 75 не предусмотрена, и осуществляет обработку, аналогичную той, как в декодирующем устройстве по фиг. 75, за исключением того, что не осуществляется замена столбцов по выражению (12). Поэтому описание секции 56 декодирования LDPC здесь опущено.

Поскольку секцию 56 декодирования LDPC можно выполнять без включения в неё секции 310 перестановки принятых данных, как описано выше, она может быть сокращена по своим масштабам по сравнению с декодирующим устройством по фиг. 75.

Следует отметить, что, хотя на фиг. 72-76 предполагается, что длина  $N$  кода в коде LDPC равна 90, длина  $K$  информации равна 60, блоковое число  $P$  столбцов (число строк и число столбцов компонентной матрицы) циклической структуры равно 5, и делитель  $q$  ( $=M/P$ ) длины  $M$  чётности равен 6 - для упрощённого описания, длина  $N$  кода, длина  $K$  информации, блоковое число  $P$  столбцов циклической структуры и делитель  $q$  ( $=M/P$ ) не ограничены индивидуально конкретными значениями, заданными выше.

В частности, хотя секция 21 кодирования LDPC в передающем устройстве 11 по фиг. 8 выводит код LDPC, в котором, например, длина  $N$  кода составляет 64.800 или 16.200, длина  $K$  информации равна  $N - Pq$  ( $=N - M$ ), блоковое число  $P$  циклической структуры равно 360, а делитель  $q$  равен  $M/P$ , секция 56 декодирования LDPC по фиг. 76 может быть применена и тогда, когда декодирование LDPC осуществляется путём осуществления математической операции узла проверки и математической операции узла переменной одновременно для  $P$  узлов проверки и  $P$  узлов переменной в отношении такого кода LDPC, как только что описанный.

Хотя описанную выше последовательность процедур можно исполнять аппаратно, она в ином случае может выполняться программно. Когда ряд процессов исполняется программно, на компьютер универсального использования или тому подобное устанавливается программа, которая создаёт программное обеспечение.

Фиг. 77 показывает пример выполнения варианта осуществления компьютера, в который установлена программа для исполнения последовательности описанных выше процедур.

Эту программу можно записать заранее на жёсткий диск 705 или в ПЗУ 703 в качестве носителя данных, встроенного в компьютер.

Либо эту программу можно сохранять (записывать) временно или постоянно на или в съёмный носитель 711 записи, такой как гибкий диск, постоянно запоминающее устройство на компакт-диске (CD-ROM), магнитооптический (MO) диск, универсальный цифровой диск (DVD), магнитный диск или полупроводниковую память. Такой съёмный носитель 711 записи может быть предусмотрен в качестве так называемого пакета программного обеспечения.

Следует отметить, что программа может быть не только установлена в компьютер с такого съёмного носителя 711 записи, как описано выше, но также может быть установлена в жёсткий диск 705, встроенный в компьютер, когда она переносится на него и принимается секцией 708 связи. В этом случае программа может быть перенесена в компьютер посредством беспроводной связи с загрузочного сайта через искусственный спутник для цифрового спутникового вещания или перенесена в компьютер посредством проводной связи через сеть, такую как местная сеть (LAN) или Интернет.

Компьютер имеет встроенный в него центральный процессор (ЦП) (CPU) 702. Интерфейс 710 ввода-вывода соединён с ЦП 702 шиной 701, и если команда вводится в ЦП 702 через интерфейс 710 ввода-вывода, когда секцией 707 ввода, выполненной из клавиатуры, мыши, микрофона и так далее, управляет оператор, или в подобном случае, ЦП 702 исполняет программу, хранящуюся в постоянно запоминаю-

щем устройстве (ПЗУ) (ROM) 703. Или же, ЦП 702 загружает программу, хранящуюся на жёстком диске 703, программу, переданную от спутника или из сети, принятую секцией 708 связи и установленную на жёстком диске 705, или программу, считанную со съёмного носителя 711 записи, загруженного в привод 709, и установленную на жёсткий диск 705, в оперативное запоминающее устройство (ОЗУ) (RAM) 704, и исполняет эту программу. Следовательно, ЦП 702 осуществляет обработку в соответствии с блок-схемой алгоритма, описанной выше, или обработку, осуществляемую конфигурацией блок-схемы, описанной выше. Затем, ЦП 702 выводит результат обработки из секции 706 вывода, выполненной из жидкокристаллического дисплея (ЖКД) (LCD), громкоговорителя и так далее, и передаёт результат обработки из секции 708 связи через интерфейс 710 ввода-вывода или записывает результат обработки на жёсткий диск 705, как требуется.

Здесь, в настоящем описании этапы обработки, которые описывают программу, заставляющую компьютер выполнять различные процессы, не обязательно должны происходить во временной последовательности в соответствии с порядком, описанным как блок-схема алгоритма, но включают в себя те процессы, которые подлежат исполнению параллельно или по отдельности (например, параллельные процессы или процессы посредством объекта).

Далее, программа может обрабатываться единственным компьютером или может обрабатываться за счёт распределённой обработки множеством компьютеров. Далее, программу можно передавать в компьютер и исполнять в компьютере в удалённом местоположении.

Теперь описывается процесс для кодирования LDPC секцией 21 кодирования LDPC передающего устройства 11.

Например, в стандарте DVB-S.2 предписано кодирование LDPC с двумя разными длинами  $N$  кода, равными 64.800 и 16.200.

Для кода LDPC, у которого длина  $N$  кода составляет 64.800, предписаны 11 скоростей кодирования, равные  $1/4$ ,  $1/3$ ,  $2/5$ ,  $1/2$ ,  $3/5$ ,  $2/3$ ,  $3/4$ ,  $4/5$ ,  $5/6$ ,  $8/9$  и  $9/10$ , а для кода LDPC, у которого длина  $N$  кода составляет 16.200, предписаны 10 скоростей кодирования, равные  $1/4$ ,  $1/3$ ,  $2/5$ ,  $1/2$ ,  $3/5$ ,  $2/3$ ,  $3/4$ ,  $4/5$ ,  $5/6$  и  $8/9$ .

Секция 21 кодирования LDPC осуществляет кодирование (кодирование с исправлением ошибок) в коды LDPC с различными скоростями кодирования, длина  $N$  кода которых составляет 64.800 битов или 16.200 битов, в соответствии с матрицей  $H$  проверки на чётность, подготовленной для длины  $N$  кода и для каждой скорости кодирования.

В частности, секция 56 кодирования LDPC сохраняет описанную выше таблицу начальных значений матрицы проверки на чётность для получения матрицы  $H$  проверки на чётность для каждой длины  $N$  кода и для каждой скорости кодирования.

Здесь, в стандарте DVB-S.2, коды LDPC двух различных длин  $N$  кода, равных 64.800 и 16.200, предписаны, как описано выше, и 11 различных скоростей кодирования предписаны для кода LDPC, длина  $N$  кода которого составляет 64.800 битов, и 10 различных скоростей кодирования предписаны для кода LDPC, длина  $N$  кода которого составляет 16.200 битов.

Соответственно, когда передающее устройство 11 представляет собой устройство, которое осуществляет обработку в соответствии со стандартом DVB-S.2, в секции 21 кодирования LDPC хранятся таблицы начальных значений матриц проверки на чётность, отдельно соответствующие 11 различным скоростям кодирования для кода LDPC, длина  $N$  кода которого составляет 64.800 битов, и таблицы начальных значений матрицы проверки на чётность, отдельно соответствующие различным скоростям кодирования для кода LDPC, длина  $N$  кода которого составляет 16.200 битов.

Секция 21 кодирования LDPC устанавливает длину  $N$  кода и скорость  $r$  кодирования для кодов LDPC, например, в ответ на работу оператора.

Длина  $N$  кода и скорость  $r$  кодирования, установленные секцией 21 кодирования LDPC, именуются дальше, соответственно, как установленная длина  $N$  кода и установленная скорость  $r$  кодирования соответственно.

Секция 21 кодирования LDPC, на основе таблиц начальных значений матрицы проверки на чётность, соответствующие установленной длине  $N$  кода и установленной скорости  $r$  кодирования, помещает элементы со значением 1 информационной матрицы  $H_A$ , соответствующей длине  $K$  ( $=N \cdot r$  = длина  $N$  кода - длина  $M$  чётности) информации, соответствующей установленной длине  $N$  кода и установленной скорости  $r$  кодирования в периоде из 360 столбцов (блоковое число  $P$  столбцов циклической структуры) в направлении столбца для получения матрицы  $H$  проверки на чётность.

Затем секция 21 кодирования LDPC выделяет информационные разряды для длины  $K$  информации из объектных данных, которые являются объектом передачи, такие как данные изображения или звуковые данные, поданные из передающего устройства 11. Далее, секция 21 кодирования LDPC вычисляет биты чётности, соответствующие информационным разрядам, на основе матрицы  $H$  проверки на чётность, для получения кодового слова (кода LDPC) для одной длины кода.

Иными словами, секция 21 кодирования LDPC последовательно осуществляет математическую операцию бита чётности кодового слова  $s$ , которая удовлетворяет нижеследующему выражению:  $Hs^T = 0$ .

Здесь, в приведённом выше выражении,  $s$  обозначает вектор строки в качестве кодового слова (код

LDPC), а  $s^T$  обозначает инверсию от вектора  $s$  строки.

Когда часть из вектора  $s$  строки в качестве кода LDPC (кодového слова), соответствующая информационным разрядам, представлена вектором  $A$  строки, а часть, соответствующая битам чётности, представлена вектором  $T$  строки, вектор  $s$  строки можно представить выражением  $s=[A|T]$  из вектора  $A$  строки в качестве информационных разрядов и вектора  $T$  строки в качестве битов чётности.

При этом, матрицу  $H$  проверки на чётность, исходя из информационной матрицы  $H_A$  тех кодовых разрядов кода LDPC, которые соответствуют информационным разрядам, и матрицы  $H_T$  тех кодовых разрядов кода LDPC, которые соответствуют битам чётности, можно представить выражением  $H=[H_A|H_T]$  (матрицей, в которой элементы информационной матрицы  $H_A$  являются элементами слева, а элементы матрицы  $H_T$  чётности являются элементами справа).

Далее, например, в стандарте DVB-S.2 матрица  $H_T$  чётности в матрице  $H=[H_A|H_T]$  проверки на чётность имеет лестничную структуру.

Для матрицы  $H$  проверки на чётность и вектора  $s=[A|T]$  строки в качестве кода LDPC необходимо удовлетворять выражению  $Hs^T=0$ , и когда матрица  $H_T$  в матрице  $H=[H_A|H_T]$  проверки на чётность имеет лестничную структуру, вектор  $T$  строки в качестве битов чётности, который конфигурирует вектор  $s=[A|T]$  строки, который удовлетворяет выражению  $Hs^T=0$ , можно найти последовательно установкой элементов каждой строки на нуль по порядку, начиная с элементов в первой строке вектора  $Hs^T$  столбца в выражении  $Hs^T=0$ .

Если секция 21 кодирования LDPC находит бит  $T$  чётности для информационного разряда  $A$ , она выводит кодовое слово  $s=[A|T]$ , представленное информационным битом  $A$  и битом  $T$  чётности в качестве результата кодирования LDPC для информационного разряда  $A$ .

Как описано выше, секция 21 кодирования LDPC заранее сохраняет в себе таблицы начальных значений матрицы проверки на чётность, соответствующие длинам  $N$  кода и скоростям  $r$  кодирования и осуществляет кодирование LDPC установленной длины  $N$  кода и установленной скорости  $r$  кодирования с помощью матрицы  $H$  проверки на чётность, полученной из таблиц начальных значений матрицы проверки на чётность, соответствующих установленной длине  $N$  кода и установленной скорости  $r$  кодирования.

Каждая таблица начальных значений матрицы проверки на чётность является таблицей, которая представляет позицию элементов со значением 1 информационной матрицы  $H_A$ , соответствующей длине  $K$  информации, соответствующей длине  $N$  кода и скорости  $r$  кодирования кода LDPC матрицы  $H$  проверки на чётность (кода LDPC, определённого матрицей  $H$  проверки на чётность) для каждых 360 строк (блоковое число  $P$  столбцов периодической структуры), и получается заранее для матрицы  $H$  проверки на чётность и для каждой длины  $N$  кода и каждой скорости  $r$  кодирования.

Фиг. 78-123 иллюстрируют таблицы начальных значений матрицы проверки на чётность, в том числе таблицы начальных значений матрицы проверки на чётность, предписанные в стандарте DVB-S.2.

В частности, фиг. 78 показывает таблицу начальных значений матрицы  $H$  проверки на чётность, предписанной в стандарте DVB-S.2 и имеющую длину  $N$  кода 16.200 и скорость  $r$  кодирования 2/3.

Фиг. 79-81 показывают таблицу начальных значений матрицы  $H$  проверки на чётность, предписанной в стандарте DVB-S.2 и имеющую длину  $N$  кода 64.800 и скорость  $r$  кодирования 2/3.

Следует отметить, что фиг. 80 представляет собой вид, продолжающийся с фиг. 79, а фиг. 81 представляет собой вид, продолжающийся с фиг. 80.

Фиг. 82 показывает таблицу начальных значений матрицы  $H$  проверки на чётность, предписанной в стандарте DVB-S.2 и имеющую длину  $N$  кода 16.200 и скорость  $r$  кодирования 3/4.

Фиг. 83-86 показывают таблицу начальных значений матрицы  $H$  проверки на чётность, предписанной в стандарте DVB-S.2 и имеющую длину  $N$  кода 64.800 и скорость  $r$  кодирования 3/4.

Следует отметить, что фиг. 84 представляет собой вид, продолжающийся с фиг. 83, а фиг. 85 представляет собой вид, продолжающийся с фиг. 84. Далее, фиг. 86 представляет собой вид, продолжающийся с фиг. 85.

Фиг. 87 показывает таблицу начальных значений матрицы  $H$  проверки на чётность, предписанной в стандарте DVB-S.2 и имеющую длину  $N$  кода 16.200 и скорость  $r$  кодирования 4/5.

Фиг. 88-91 показывают таблицу начальных значений матрицы  $H$  проверки на чётность, предписанной в стандарте DVB-S.2 и имеющую длину  $N$  кода 64.800 и скорость  $r$  кодирования 4/5.

Следует отметить, что фиг. 89 представляет собой вид, продолжающийся с фиг. 88, а фиг. 90 представляет собой вид, продолжающийся с фиг. 89. Далее, фиг. 91 представляет собой вид, продолжающийся с фиг. 90.

Фиг. 92 показывает таблицу начальных значений матрицы  $H$  проверки на чётность, предписанной в стандарте DVB-S.2 и имеющую длину  $N$  кода 16.200 и скорость  $r$  кодирования 5/6.

Фиг. 93-96 показывают таблицу начальных значений матрицы  $H$  проверки на чётность, предписанной в стандарте DVB-S.2 и имеющую длину  $N$  кода 64.800 и скорость  $r$  кодирования 5/6.

Следует отметить, что фиг. 94 представляет собой вид, продолжающийся с фиг. 93, а фиг. 95 представляет собой вид, продолжающийся с фиг. 94. Далее, фиг. 96 представляет собой вид, продолжающийся с фиг. 95.

Фиг. 97 показывает таблицу начальных значений матрицы  $H$  проверки на чётность, предписанной в стандарте DVB-S.2 и имеющую длину  $N$  кода 16.200 и скорость  $r$  кодирования 8/9.

Фиг. 98-101 показывают таблицу начальных значений матрицы  $H$  проверки на чётность, предписанной в стандарте DVB-S.2 и имеющую длину  $N$  кода 64.800 и скорость  $r$  кодирования 8/9.

Следует отметить, что фиг. 99 представляет собой вид, продолжающийся с фиг. 98, а фиг. 100 представляет собой вид, продолжающийся с фиг. 99. Далее, фиг. 101 представляет собой вид, продолжающийся с фиг. 100.

Фиг. 102-105 показывают таблицу начальных значений матрицы  $H$  проверки на чётность, предписанной в стандарте DVB-S.2 и имеющую длину  $N$  кода 64.800 и скорость  $r$  кодирования 9/10.

Следует отметить, что фиг. 103 представляет собой вид, продолжающийся с фиг. 102, а фиг. 104 представляет собой вид, продолжающийся с фиг. 103. Далее, фиг. 105 представляет собой вид, продолжающийся с фиг. 104.

Фиг. 106 и 107 показывают таблицу начальных значений матрицы  $H$  проверки на чётность, предписанной в стандарте DVB-S.2 и имеющую длину  $N$  кода 64.800 и скорость  $r$  кодирования 1/4.

Следует отметить, что фиг. 107 представляет собой вид, продолжающийся с фиг. 106.

Фиг. 108 и 109 показывают таблицу начальных значений матрицы  $H$  проверки на чётность, предписанной в стандарте DVB-S.2 и имеющую длину  $N$  кода 64.800 и скорость  $r$  кодирования 1/3.

Следует отметить, что фиг. 109 представляет собой вид, продолжающийся с фиг. 108.

Фиг. 110 и 111 показывают таблицу начальных значений матрицы  $H$  проверки на чётность, предписанной в стандарте DVB-S.2 и имеющую длину  $N$  кода 64.800 и скорость  $r$  кодирования 2/5.

Следует отметить, что фиг. 111 представляет собой вид, продолжающийся с фиг. 110.

Фиг. 112-114 показывают таблицу начальных значений матрицы  $H$  проверки на чётность, предписанной в стандарте DVB-S.2 и имеющую длину  $N$  кода 64.800 и скорость  $r$  кодирования 1/2.

Следует отметить, что фиг. 113 представляет собой вид, продолжающийся с фиг. 112, а фиг. 114 представляет собой вид, продолжающийся с фиг. 113.

Фиг. 115-117 показывают таблицу начальных значений матрицы  $H$  проверки на чётность, предписанной в стандарте DVB-S.2 и имеющую длину  $N$  кода 64.800 и скорость  $r$  кодирования 3/5.

Следует отметить, что фиг. 116 представляет собой вид, продолжающийся с фиг. 115, а фиг. 117 представляет собой вид, продолжающийся с фиг. 116.

Фиг. 118 показывает таблицу начальных значений матрицы  $H$  проверки на чётность, предписанной в стандарте DVB-S.2 и имеющую длину  $N$  кода 16.200 и скорость  $r$  кодирования 1/4.

Фиг. 119 показывает таблицу начальных значений матрицы  $H$  проверки на чётность, предписанной в стандарте DVB-S.2 и имеющую длину  $N$  кода 16.200 и скорость  $r$  кодирования 1/3.

Фиг. 120 показывает таблицу начальных значений матрицы  $H$  проверки на чётность, предписанной в стандарте DVB-S.2 и имеющую длину  $N$  кода 16.200 и скорость  $r$  кодирования 2/5.

Фиг. 121 показывает таблицу начальных значений матрицы  $H$  проверки на чётность, предписанной в стандарте DVB-S.2 и имеющую длину  $N$  кода 16.200 и скорость  $r$  кодирования 1/2.

Фиг. 122 показывает таблицу начальных значений матрицы  $H$  проверки на чётность, предписанной в стандарте DVB-S.2 и имеющую длину  $N$  кода 16.200 и скорость  $r$  кодирования 3/5.

Фиг. 123 показывает таблицу начальных значений матрицы  $H$  проверки на чётность, предписанной в стандарте DVB-S.2 и имеющую длину  $N$  кода 16.200 и скорость  $r$  кодирования 3/5, которую можно использовать вместо таблицы начальных значений матрицы проверки на чётность по фиг. 122.

Секция 21 кодирования LDPC определяет матрицу  $H$  проверки на чётность следующим образом с помощью таблиц начальных значений матрицы проверки на чётность.

В частности, фиг. 124 иллюстрирует способ определения матрицы  $H$  проверки на чётность из таблицы начальных значений матрицы проверки на чётность.

Следует отметить, что таблица начальных значений матрицы проверки на чётность по фиг. 124 указывает таблицу начальных значений матрицы проверки на чётность для матрицы  $H$  проверки на чётность, предписанной в стандарте DVB-S.2 и имеющей длину  $N$  кода 16.200 и скорость  $r$  кодирования 2/3, показанной на фиг. 78.

Как описано выше, таблица начальных значений матрицы проверки на чётность является таблицей, которая представляет позицию элементов со значением 1 информационной матрицы  $H_A$ , соответствующей длине  $K$  информации, соответствующей длине  $N$  кода и скорости  $r$  кодирования кода LDPC для каждых 360 столбцов (для каждого блочного числа  $P$  столбцов в циклической структуре), и в первой строке этой таблицы начальных значений матрицы проверки на чётность число номеров строк элементов со значением 1 в  $[1+360 \times (i-1)]$ -м столбце матрицы  $H$  проверки на чётность (номера строк, где номер строки первой строки матрицы  $H$  проверки на чётность равен 0) равно числу весов столбцов, которые имеет  $[(1+360 \times (i-1))$ -й столбец.

Здесь, предполагается, что матрица  $H_T$  чётности в матрице  $H$  проверки на чётность, соответствующей длине  $M$  чётности, имеет лестничную структуру и определяется заранее. Согласно таблице начальных значений матрицы проверки на чётность определяется информационная матрица  $H_A$ , соответствующая

щая длине  $K$  информации из матрицы  $H$  проверки на чётность.

Номер  $k+1$  строки таблицы начальных значений матрицы проверки на чётность отличается в зависимости от длины  $K$  информации.

Длина  $K$  информации и номер  $k+1$  строки таблицы начальных значений матрицы проверки на чётность удовлетворяют соотношению, заданному следующим выражением:  $K=(k+1) \times 360$ .

Здесь, 360 в вышеприведённом выражении есть блоковый номер  $P$  столбцов циклической структуры.

В таблице начальных значений матрицы проверки на чётность по фиг. 124 перечислены 13 числовых значений в первой-третьей строках и три числовых значения перечислены в четвёртой- $(k+1)$ -й (на фиг. 124 - тридцатой) строках.

Соответственно, число весов столбцов в матрице  $H$  проверки на чётность, найденное из таблицы начальных значений матрицы проверки на чётность по фиг. 124, равно 13 в первой- $[1+360 \times (3-1)]$ -й строках, но равно 3 в  $[1+360 \times (3-1)]$ -й -  $K$ -й строках.

Первая строка таблицы начальных значений матрицы проверки на чётность по фиг. 124 включает в себя 0, 2084, 1613, 1548, 1286, 1460, 3196, 4297, 2481, 3369, 3451, 4620 и 2622, и это означает, что в первом столбце матрицы  $H$  проверки на чётность элементы в строках с номерами строк 0, 2084, 1613, 1548, 1286, 1460, 3196, 4297, 2481, 3369, 3451, 4620 и 2622 имеют значение 1 (а помимо этого остальные элементы имеют значение 0).

При этом, вторая строка таблицы начальных значений матрицы проверки на чётность по фиг. 124 указывает 1, 122, 1516, 3448, 2880, 1407, 1847, 3799, 3529, 373, 971, 4358 и 3108, и это означает, что в 361-м ( $=[1+360 \times (2-1)]$ -м) столбце матрицы  $H$  проверки на чётность элементы в строках с номерами строк 1, 122, 1516, 3448, 2880, 1407, 1847, 3799, 3529, 373, 971, 4358 и 3108 имеют значение 1.

Как дано выше, таблица начальных значений матрицы проверки на чётность представляет позицию элементов со значением 1 информационной матрицы  $H_A$  в матрице  $H$  проверки на чётность для каждого 360 столбцов.

Каждый из столбцов матрицы  $H$  проверки на чётность иной, нежели  $[1+360 \times (i-1)]$ -й столбец, т.е. каждый из столбцов с  $[2+360 \times (i-1)]$ -го по  $(360 \times i)$ -й столбцы включает в себя элементы со значением 1, полученные циклическим сдвигом элементов со значением 1 из  $[1+360 \times (i-1)]$ -го столбца, который зависит от таблицы начальных значений матрицы проверки на чётность периодически в направлении вниз (в направлении вниз столбца) в соответствии с длиной  $M$  чётности.

В частности, например,  $[2+360 \times (i-1)]$ -й столбец является столбцом, полученным циклическим сдвигом  $[1+360 \times (i-1)]$ -го столбца в направлении вниз на  $M/360 (=q)$ , а следующий  $[3+360 \times (i-1)]$ -й столбец является столбцом, полученным циклическим сдвигом  $[1+360 \times (i-1)]$ -го столбца в направлении вниз на  $2 \times M/360 (=2 \times q)$ , а затем циклическим сдвигом циклически сдвинутого  $[2+360 \times (i-1)]$ -го столбца в направлении вниз на  $M/360 (=q)$ .

Теперь, если предполагается, что числовое значение в  $j$ -м столбце ( $j$ -м слева) в  $i$ -й строке ( $i$ -й сверху) таблицы начальных значений матрицы проверки на чётность представлено величиной  $b_{i,j}$  и номер строки  $j$ -го элемента со значением 1 в  $w$ -м столбце матрицы  $H$  проверки на чётность представлен величиной  $H_{w,j}$ , то номер  $H_{w,j}$  строки элемента со значением 1 в  $w$ -м столбце ином, нежели  $[1+360 \times (i-1)]$ -й столбец матрицы  $H$  проверки на чётность находится в соответствии с нижеследующим выражением:

$$H_{w,j} = \text{mod}\{h_{i,j} + \text{mod}((w-1), P) \times q, M\}.$$

Здесь,  $\text{mod}\{y, x\}$  означает остаток от деления  $y$  на  $x$ .

При этом  $P$  есть блоковый номер столбцов циклической структуры, описанной выше, и равен, например, 360 в стандарте DVB-S. 2. Далее,  $q$  есть значение  $M/360$ , полученное делением длины  $M$  чётности на блоковое число  $P (=360)$  столбцов циклической структуры.

Секция 21 кодирования LDPC конкретизирует номер строки элементов со значением 1 в  $[1+360 \times (i-1)]$ -м столбце матрицы  $H$  проверки на чётность из таблицы начальных значений матрицы проверки на чётность.

Далее, секция 21 кодирования LDPC находит номер  $H_{w,j}$  строки элемента со значением 1 в  $w$ -м столбце, который является столбцом иным, нежели  $[1+360 \times (i-1)]$ -й столбец матрицы  $H$  проверки на чётность, и получает матрицу  $H$  проверки на чётность, в которой элементы с номерами строк, полученными вышеуказанным образом, имеют значение 1.

Теперь описываются варианты способа замены кодовых разрядов кода LDPC в процессе замены секцией 32 замены демультиплексора 25 в передающем устройстве 11, т.е. комбинация назначения (именуемая далее комбинацией назначения разрядов) кодовых разрядов кода LDPC и символьных разрядов, представляющих символ.

В демультиплексоре 26 кодовые разряды кода LDPC записываются в направлении столбца в памяти 31, которая сохраняет  $(N/(mb)) \times (mb)$  битов в направлении столбца  $\times$  направлении строки. После этого кодовые разряды считываются в блоке из  $mb$  битов в направлении строки. Далее, в демультиплексоре 25 секция 32 замены заменяет  $mb$  кодовых разрядов, считанных в направлении строки памяти 31 и определяет кодовые разряды после этой замены как  $mb$  символьных разрядов (следующих друг за другом)  $m$

символов.

В частности, секция 32 замены находит  $(i+1)$ -й бит от самого значимого разряда в  $mb$  кодовых разрядах, считанных в направлении строки памяти 31, в качестве кодового разряда  $b_i$  и находит  $(i+1)$ -й бит от самого значимого разряда в  $mb$  символьных разрядах из  $b$  (следующих друг за другом) символов как символьный разряд  $u_i$ , а затем заменяет  $mb$  кодовых разрядов  $b_0 - b_{mb-1}$  в соответствии с заранее заданной комбинацией назначения.

Фиг. 125 показывает пример комбинации назначения разрядов, которую можно принять, когда код LDPC является кодом LDPC, длина  $N$  кода которого равна 64.800 и скорость кодирования которого составляет 5/6 или 9/10, а кроме того, способом модуляции является 4096QAM и множитель  $b$  равен 1.

Когда код LDPC является кодом LDPC, длина  $N$  кода которого равна 64.800 и скорость кодирования которого составляет 5/6 или 9/10, а кроме того, способом модуляции является 4096QAM и множитель  $b$  равен 1, в демультимплексе 25 кодовые разряды, записанные в памяти 31 для хранения  $(64.800/(12 \times 1)) \times (12 \times 1)$  битов в направлении столбца  $\times$  направлении строки, считываются в блоке из  $(12 \times 1)$  ( $=mb$ ) битов в направлении строки и подаются в секцию 32 замены.

Секция 32 замены заменяет  $12 \times 1$  ( $=mb$ ) кодовых разрядов  $b_0 - b_{11}$  так, что  $12 \times 1$  ( $=mb$ ) кодовых разрядов  $b_0 - b_{11}$ , подлежащих считыванию из памяти 31, могут быть назначены  $12 \times 1$  ( $=mb$ ) символьным разрядам  $u_0 - u_{11}$  одного ( $=b$ ) символа, как видно на фиг. 125.

В частности, согласно фиг. 125, секция 32 замены осуществляет в отношении как кода LDPC со скоростью кодирования 5/6, так и кода LDPC со скоростью кодирования 9/10 из числа кодов LDPC с длиной  $N$  кода, равной 64.800 битов, замену для назначения:

- кодového разряда  $b_0$  символьному разряду  $u_8$ ,
- кодového разряда  $b_1$  символьному разряду  $u_0$ ,
- кодového разряда  $b_2$  символьному разряду  $u_6$ ,
- кодového разряда  $b_3$  символьному разряду  $u_1$ ,
- кодového разряда  $b_4$  символьному разряду  $u_4$ ,
- кодového разряда  $b_5$  символьному разряду  $u_5$ ,
- кодového разряда  $b_6$  символьному разряду  $u_2$ ,
- кодového разряда  $b_7$  символьному разряду  $u_3$ ,
- кодového разряда  $b_8$  символьному разряду  $u_7$ ,
- кодového разряда  $b_9$  символьному разряду  $u_{10}$ ,
- кодového разряда  $b_{10}$  символьному разряду  $u_{11}$  и
- кодového разряда  $b_{11}$  символьному разряду  $u_9$ .

Фиг. 126 показывает пример комбинации назначения разрядов, которую можно принять, когда код LDPC является кодом LDPC, длина  $N$  кода которого равна 64.800 и скорость кодирования которого составляет 5/6 или 9/10, а кроме того, способом модуляции является 4096QAM и множитель  $b$  равен 2.

Когда код LDPC является кодом LDPC, длина  $N$  кода которого равна 64.800 и скорость кодирования которого составляет 5/6 или 9/10, а кроме того, способом модуляции является 4096QAM и множитель  $b$  равен 2, в демультимплексе 25 кодовые разряды, записанные в памяти 31 для хранения  $(64.800/(12 \times 2)) \times (12 \times 2)$  битов в направлении столбца  $\times$  направлении строки, считываются в блоке из  $(12 \times 2)$  ( $=mb$ ) битов в направлении строки и подаются в секцию 32 замены.

Секция 32 замены заменяет  $12 \times 2$  ( $=mb$ ) кодовых разрядов  $b_0 - b_{23}$  так, что  $12 \times 2$  ( $=mb$ ) кодовых разрядов  $b_0 - b_{23}$ , подлежащих считыванию из памяти 31, могут быть назначены  $12 \times 2$  ( $=mb$ ) символьным разрядам  $u_0 - u_{23}$  двух ( $=b$ ) следующих друг за другом символов, как видно на фиг. 126.

В частности, согласно фиг. 126, секция 32 замены осуществляет в отношении как кода LDPC со скоростью кодирования 5/6, так и кода LDPC со скоростью кодирования 9/10 из числа кодов LDPC с длиной  $N$  кода, равной 64.800 битов, замену для назначения:

кодового разряда  $b_0$  символьному разряду  $y_8$ ,  
 кодового разряда  $b_2$  символьному разряду  $y_0$ ,  
 кодового разряда  $b_4$  символьному разряду  $y_6$ ,  
 кодового разряда  $b_6$  символьному разряду  $y_1$ ,  
 кодового разряда  $b_8$  символьному разряду  $y_4$ ,  
 кодового разряда  $b_{10}$  символьному разряду  $y_5$ ,  
 кодового разряда  $b_{12}$  символьному разряду  $y_2$ ,  
 кодового разряда  $b_{14}$  символьному разряду  $y_3$ ,  
 кодового разряда  $b_{16}$  символьному разряду  $y_7$ ,  
 кодового разряда  $b_{18}$  символьному разряду  $y_{10}$ ,  
 кодового разряда  $b_{20}$  символьному разряду  $y_{11}$ ,  
 кодового разряда  $b_{22}$  символьному разряду  $y_9$ .  
 кодового разряда  $b_1$  символьному разряду  $y_{20}$ ,  
 кодового разряда  $b_3$  символьному разряду  $y_{12}$ ,  
 кодового разряда  $b_5$  символьному разряду  $y_{18}$ ,  
 кодового разряда  $b_7$  символьному разряду  $y_{13}$ ,  
 кодового разряда  $b_9$  символьному разряду  $y_{16}$ ,  
 кодового разряда  $b_{11}$  символьному разряду  $y_{17}$ ,  
 кодового разряда  $b_{13}$  символьному разряду  $y_{14}$ ,  
 кодового разряда  $b_{15}$  символьному разряду  $y_{15}$ ,  
 кодового разряда  $b_{17}$  символьному разряду  $y_{19}$ ,  
 кодового разряда  $b_{19}$  символьному разряду  $y_{22}$ ,  
 кодового разряда  $b_{21}$  символьному разряду  $y_{23}$  и  
 кодового разряда  $b_{23}$  символьному разряду  $y_{21}$ .

Здесь, комбинация назначения разрядов по фиг. 126 использует комбинацию назначения разрядов по фиг. 125, в которой множитель  $b$  равен 1 без видоизменения. В частности, на фиг. 126 назначение кодовых разрядов  $b_0, b_2, \dots, b_{22}$  символьным разрядам  $y_i$  и назначение кодовых разрядов  $b_1, b_3, \dots, b_{23}$  символьным разрядам  $y_i$  аналогично назначению кодовых разрядов  $b_0 - b_{11}$  символьным разрядам  $y_i$  по фиг. 125.

Фиг. 127 показывает пример комбинации назначения разрядов, которую можно принять, когда способом модуляции является 1024QAM, а код LDPC является кодом LDPC, длина  $N$  кода которого равна 16.200 и скорость кодирования которого составляет  $3/4$ ,  $5/6$  или  $8/9$ , а кроме того, множитель  $b$  равен 2, а также когда способом модуляции является 1024QAM, а код LDPC является кодом LDPC, длина  $N$  кода которого равна 64.800 и скорость кодирования которого составляет  $3/4$ ,  $5/6$  или  $9/10$ , а кроме того, множитель  $b$  равен 2.

Когда код LDPC является кодом LDPC, длина  $N$  кода которого равна 16.200 и скорость кодирования которого составляет  $3/4$ ,  $5/6$  или  $8/9$ , а кроме того, способом модуляции является 1024QAM и множитель  $b$  равен 2, в демультиплексоре 25 кодовые разряды, записанные в памяти 31 для хранения  $(16.200/(10 \times 2)) \times (10 \times 2)$  битов в направлении столбца  $\times$  направлении строки, считываются в блоке из  $(10 \times 2) (=mb)$  битов в направлении строки и подаются в секцию 32 замены.

С другой стороны, когда код LDPC является кодом LDPC, длина  $N$  кода которого равна 64.800 и скорость кодирования которого составляет  $3/4$ ,  $5/6$  или  $9/10$ , а кроме того, способом модуляции является 1024QAM и множитель  $b$  равен 2, в демультиплексоре 25 кодовые разряды, записанные в памяти 31 для хранения  $(64.800/(10 \times 2)) \times (10 \times 2)$  битов в направлении столбца  $\times$  направлении строки, считываются в блоке из  $(10 \times 2) (=mb)$  битов в направлении строки и подаются в секцию 32 замены.

Секция 32 замены заменяет  $10 \times 2 (=mb)$  кодовых разрядов  $b_0 - b_{19}$  так, что  $10 \times 2 (=mb)$  кодовых разрядов  $b_0 - b_{19}$ , подлежащих считыванию из памяти 31, могут быть назначены  $10 \times 2 (=mb)$  символьным разрядам  $y_0 - y_{19}$  двух  $(=b)$  следующих друг за другом символов, как видно на фиг. 127.

В частности, согласно фиг. 127, секция 32 замены осуществляет в отношении всех из кодов LDPC со скоростью кодирования  $3/4$ , кодов LDPC со скоростью кодирования  $5/6$  и кодов LDPC со скоростью кодирования  $8/9$  из числа кодов LDPC с длиной  $N$  кода, равной 16.200 битов, а также кодов LDPC со

скоростью кодирования 3/4, кодов LDPC со скоростью кодирования 5/6 и кодов LDPC со скоростью кодирования 9/10 из числа кодов LDPC с длиной N кода, равной 64.800 битов из числа кодов LDPC с длиной N кода, равной 64.800 битов, замену для назначения:

кодového разряда  $b_0$  символному разряду  $u_8$ ,  
 кодového разряда  $b_1$  символному разряду  $u_3$ ,  
 кодového разряда  $b_2$  символному разряду  $u_7$ ,  
 кодového разряда  $b_3$  символному разряду  $u_{10}$ ,  
 кодového разряда  $b_4$  символному разряду  $u_{19}$ ,  
 кодového разряда  $b_5$  символному разряду  $u_4$ ,  
 кодového разряда  $b_6$  символному разряду  $u_9$ ,  
 кодového разряда  $b_7$  символному разряду  $u_5$ ,  
 кодového разряда  $b_8$  символному разряду  $u_{17}$ ,  
 кодového разряда  $b_9$  символному разряду  $u_6$ ,  
 кодového разряда  $b_{10}$  символному разряду  $u_{14}$ ,  
 кодového разряда  $b_{11}$  символному разряду  $u_{11}$ ,  
 кодového разряда  $b_{12}$  символному разряду  $u_2$ ,  
 кодového разряда  $b_{13}$  символному разряду  $u_{18}$ ,  
 кодového разряда  $b_{14}$  символному разряду  $u_{16}$ ,  
 кодového разряда  $b_{15}$  символному разряду  $u_{15}$ ,  
 кодového разряда  $b_{16}$  символному разряду  $u_0$ ,  
 кодového разряда  $b_{17}$  символному разряду  $u_1$ ,  
 кодového разряда  $b_{18}$  символному разряду  $u_{13}$  и  
 кодového разряда  $b_{19}$  символному разряду  $u_{12}$ .

Фиг. 128 показывает пример комбинации назначения разрядов, которую можно принять, когда способом модуляции является 4096QAM, а код LDPC является кодом LDPC, длина N кода которого равна 16.200 и скорость кодирования которого составляет 5/6 или 8/9, а кроме того, множитель  $b$  равен 2, а также когда способом модуляции является 4096QAM, а код LDPC является кодом LDPC, длина N кода которого равна 64.800 и скорость кодирования которого составляет 5/6 или 9/10, а кроме того, множитель  $b$  равен 2.

Когда код LDPC является кодом LDPC, длина N кода которого равна 16.200 и скорость кодирования которого составляет 5/6 или 8/9, а кроме того, способом модуляции является 4096QAM и множитель  $b$  равен 2, в демультимплексоре 25 кодовые разряды, записанные в памяти 31 для хранения  $(16.200/(12 \times 2)) \times (12 \times 2)$  битов в направлении столбца  $\times$  направлении строки, считываются в блоке из  $(12 \times 2)$  ( $=mb$ ) битов в направлении строки и подаются в секцию 32 замены.

С другой стороны, когда код LDPC является кодом LDPC, длина N кода которого равна 64.800 и скорость кодирования которого составляет 5/6 или 9/10, а кроме того, способом модуляции является 4096QAM и множитель  $b$  равен 2, в демультимплексоре 25 кодовые разряды, записанные в памяти 31 для хранения  $(64.800/(12 \times 2)) \times (12 \times 2)$  битов в направлении столбца  $\times$  направлении строки, считываются в блоке из  $(12 \times 2)$  ( $=mb$ ) битов в направлении строки и подаются в секцию 32 замены.

Секция 32 замены заменяет  $12 \times 2$  ( $=mb$ ) кодовых разрядов  $b_0 - b_{23}$  так, что  $12 \times 2$  ( $=mb$ ) кодовых разрядов  $b_0 - b_{23}$ , подлежащих считыванию из памяти 31, могут быть назначены  $12 \times 2$  ( $=mb$ ) символным разрядам  $u_0 - u_{23}$  двух ( $=b$ ) следующих друг за другом символов, как видно на фиг. 128.

В частности, согласно фиг. 128, секция 32 замены осуществляет в отношении всех из кодов LDPC со скоростью кодирования 5/6 и кодов LDPC со скоростью кодирования 8/9 из числа кодов LDPC с длиной N кода, равной 16.200 битов, а также кодов LDPC со скоростью кодирования 5/6 и кодов LDPC со скоростью кодирования 9/10 из числа кодов LDPC с длиной N кода, равной 64.800 битов из числа кодов LDPC с длиной N кода, равной 64.800 битов, замену для назначения:

кодового разряда  $b_0$  символному разряду  $y_{10}$ ,  
 кодового разряда  $b_1$  символному разряду  $y_{15}$ ,  
 кодового разряда  $b_2$  символному разряду  $y_4$ ,  
 кодового разряда  $b_3$  символному разряду  $y_{19}$ ,  
 кодового разряда  $b_4$  символному разряду  $y_{21}$ ,  
 кодового разряда  $b_5$  символному разряду  $y_{16}$ ,  
 кодового разряда  $b_6$  символному разряду  $y_{23}$ ,  
 кодового разряда  $b_7$  символному разряду  $y_{18}$ ,  
 кодового разряда  $b_8$  символному разряду  $y_{11}$ ,  
 кодового разряда  $b_9$  символному разряду  $y_{14}$ ,  
 кодового разряда  $b_{10}$  символному разряду  $y_{22}$ ,  
 кодового разряда  $b_{11}$  символному разряду  $y_5$ ,  
 кодового разряда  $b_{12}$  символному разряду  $y_6$ ,  
 кодового разряда  $b_{13}$  символному разряду  $y_{17}$ ,  
 кодового разряда  $b_{14}$  символному разряду  $y_{13}$ ,  
 кодового разряда  $b_{15}$  символному разряду  $y_{20}$ ,  
 кодового разряда  $b_{16}$  символному разряду  $y_1$ ,  
 кодового разряда  $b_{17}$  символному разряду  $y_3$ ,  
 кодового разряда  $b_{18}$  символному разряду  $y_9$ ,  
 кодового разряда  $b_{19}$  символному разряду  $y_2$ ,  
 кодового разряда  $b_{20}$  символному разряду  $y_7$ ,  
 кодового разряда  $b_{21}$  символному разряду  $y_8$ ,  
 кодового разряда  $b_{22}$  символному разряду  $y_{12}$  и  
 кодового разряда  $b_{23}$  символному разряду  $y_0$ .

Согласно комбинациям назначения разрядов, показанным на фиг. 125-128, одна и та же комбинация назначения разрядов может быть принята для множества видов кодов LDPC, а кроме того, устойчивость к ошибкам может быть установлена на желаемую характеристику в отношении всех многочисленных видов кодов LDPC.

В частности, фиг. 129-132 иллюстрируют результаты моделирования частоты появления ошибочных битов (BER), когда процесс замены осуществляется в соответствии с комбинациями назначения разрядов по фиг. 125-128.

Следует отметить, что на фиг. 129-132 ось абсцисс представляет  $E_s/N_0$  (отношение мощности сигнала к мощности шума на один символ), а ось ординат представляет BER.

Далее, жирная кривая линия представляет BER, когда процесс замены осуществляется, а штрихпунктирная линия представляет BER, когда процесс замены не осуществляется.

Фиг. 129 иллюстрирует BER, когда процесс замены в соответствии с комбинацией назначения разрядов по фиг. 125 осуществляется для кодов LDPC, длина  $N$  кода которых составляет 64.800, а скорость кодирования которых равна  $5/6$  и  $9/10$ , принимая в качестве способа модуляции 4096QAM и устанавливая множитель  $b$  на 1.

Фиг. 130 иллюстрирует BER, когда процесс замены в соответствии с комбинацией назначения разрядов по фиг. 126 осуществляется для кодов LDPC, длина  $N$  кода которых составляет 64.800, а скорость кодирования которых равна  $5/6$  и  $9/10$ , принимая в качестве способа модуляции 4096QAM и устанавливая множитель  $b$  на 2.

Следует отметить, что на фиг. 129 и 130 график с нанесёнными на него треугольными метками представляет BER в отношении кода LDPC со скоростью кодирования  $5/6$ , а график с нанесёнными на него звездообразными метками представляет BER в отношении кода LDPC со скоростью кодирования  $9/10$ .

Фиг. 131 иллюстрирует BER, когда процесс замены в соответствии с комбинацией назначения разрядов по фиг. 127 осуществляется для кодов LDPC, длина  $N$  кода которых составляет 16.200, а скорость кодирования которых равна  $3/4$ ,  $5/6$  и  $8/9$ , и кодов LDPC, длина  $N$  кода которых составляет 64.800, а скорость кодирования которых равна  $3/4$ ,  $5/6$  и  $9/10$ , принимая в качестве способа модуляции 1024QAM и

устанавливая множитель  $b$  на 2.

Следует отметить, что на фиг. 131 график с нанесёнными на него звездообразными метками представляет BER в отношении кода LDPC с длиной  $N$  кода 64.800 и скоростью кодирования 9/10, а график с нанесёнными на него направленными вверх треугольными метками представляет BER в отношении кода LDPC с длиной  $N$  кода 64.800 и скоростью кодирования 5/6. Далее, график с нанесёнными на него квадратными метками представляет BER в отношении кода LDPC с длиной  $N$  кода 64.800 и скоростью кодирования 3/4.

Далее, на фиг. 131 график с нанесёнными на него круглыми метками представляет BER в отношении кода LDPC с длиной  $N$  кода 16.200 и скоростью кодирования 8/9, а график с нанесёнными на него направленными вниз треугольными метками представляет BER в отношении кода LDPC с длиной  $N$  кода 16.200 и скоростью кодирования 5/6. Далее, график с нанесёнными на него крестообразными метками представляет BER в отношении кода LDPC с длиной  $N$  кода 16.200 и скоростью кодирования 3/4.

Фиг. 132 иллюстрирует BER, когда процесс замены в соответствии с комбинацией назначения разрядов по фиг. 128 осуществляется для кодов LDPC, длина  $N$  кода которых составляет 16.200, а скорость кодирования которых равна 5/6 и 8/9, и кодов LDPC, длина  $N$  кода которых составляет 64.800, а скорость кодирования которых равна 5/6 и 9/10, принимая в качестве способа модуляции 4096QAM и устанавливая множитель  $b$  на 2.

Следует отметить, что на фиг. 132 график с нанесёнными на него звездообразными метками представляет BER в отношении кода LDPC с длиной  $N$  кода 64.800 и скоростью кодирования 9/10, а график с нанесёнными на него направленными вверх треугольными метками представляет BER в отношении кода LDPC с длиной  $N$  кода 64.800 и скоростью кодирования 5/6.

Далее, на фиг. 132 график с нанесёнными на него круглыми метками представляет BER в отношении кода LDPC с длиной  $N$  кода 16.200 и скоростью кодирования 8/9, а график с нанесёнными на него направленными вниз треугольными метками представляет BER в отношении кода LDPC с длиной  $N$  кода 16.200 и скоростью кодирования 5/6.

Согласно фиг. 129-132 одна и та же комбинация назначения разрядов может быть принята для множества видов кодов LDPC. Кроме того, устойчивость к ошибкам может быть установлена на желаемую характеристику в отношении всех многочисленных видов кодов LDPC.

В частности, когда комбинация назначения разрядов для исключительного использования принята для каждого из множества видов кодов LDPC, которые имеют различные длины кода и различные скорости кодирования, устойчивость к ошибкам может быть поднята до очень высокого значения, однако необходимо изменять комбинацию назначения разрядов для каждого из множества видов кодов LDPC.

С другой стороны, согласно комбинациям назначения разрядов по фиг. 125-128, одна и та же комбинация назначения разрядов может быть принята для множества видов кодов LDPC, которые имеют различные длины кода и различные скорости кодирования, и исключается необходимость изменять комбинацию назначения разрядов для каждого из множества видов кодов LDPC, как в случае, в котором комбинация назначения разрядов для исключительного использования принята для каждого из множества видов кодов LDPC.

Далее, согласно комбинациям назначения разрядов по фиг. 125-128 устойчивость к ошибкам может быть поднята до очень высокого значения, хотя она несколько ниже, чем когда комбинация назначения разрядов для исключительного использования принята для каждого из множества видов кодов LDPC.

В частности, например, когда способом модуляции является 4096QAM, одна и та же комбинация назначения разрядов по фиг. 125 или 126 может использоваться для всех кодов LDPC, которые имеют длину  $N$  кода 64.800 и скорость кодирования 5/6 или 9/10. Даже когда комбинация назначения разрядов для исключительного использования для каждого из множества видов кодов LDPC принята в таком виде, устойчивость к ошибкам может быть поднята до высокого значения.

Далее, например, когда способом модуляции является 1024QAM, одна и та же комбинация назначения разрядов по фиг. 127 может быть принята для всех кодов LDPC, которые имеют длину  $N$  кода 16.200 и скорость кодирования 3/4, 5/6 и 8/9, и кодов LDPC, которые имеют длину  $N$  кода 64.800 и скорость кодирования 3/4, 5/6 и 9/10. Тогда, даже если комбинация назначения разрядов для исключительного использования для каждого из множества видов кодов LDPC принята в таком виде, устойчивость к ошибкам может быть поднята до высокого значения.

При этом, например, когда способом модуляции является 4096QAM, одна и та же комбинация назначения разрядов по фиг. 128 может быть принята для всех кодов LDPC, которые имеют длину  $N$  кода 16.200 и скорость кодирования 5/6 и 8/9, и кодов LDPC, которые имеют длину  $N$  кода 64.800 и скорость кодирования 5/6 и 9/10. Тогда, даже если комбинация назначения разрядов для исключительного использования для каждого из множества видов кодов LDPC принята в таком виде, устойчивость к ошибкам может быть поднята до высокого значения.

Далее описываются варианты комбинации назначения разрядов.

Фиг. 133 иллюстрирует пример комбинации назначения разрядов, которую можно принять, когда код LDPC является любым кодом LDPC, который имеет длину  $N$  кода 16.200 или 64.800 битов и одну из скоростей кодирования для кода LDPC, определённого матрицей  $H$  проверки на чётность, полученной,

например, из любой из таблиц начальных значений матрицы проверки на чётность, показанных на фиг. 78-123, отличную от скорости кодирования  $3/5$ , а кроме того, способом модуляции является QPSK и множитель  $b$  равен 1.

Когда код LDPC является кодом LDPC, который имеет длину  $N$  кода 16.200 или 64.800 битов и имеет скорость кодирования иную, нежели  $3/5$ , а кроме того, способом модуляции является QPSK и множитель  $b$  равен 1, демультиплексор 25 считывает кодовые разряды, записанные в память 31 для хранения  $(N/(2 \times 1)) \times (2 \times 1)$  битов в направлении столбца  $\times$  направлении строки в блоке из  $2 \times 1$  ( $=mb$ ) битов в направлении строки и подаёт считанные кодовые разряды в секцию 32 замены.

Секция 32 замены заменяет  $2 \times 1$  ( $=mb$ ) кодовых разрядов  $b_0$  и  $b_1$ , считанных из памяти 31, таким образом, что  $2 \times 1$  ( $=mb$ ) кодовых разрядов  $b_0$  и  $b_1$  назначаются  $2 \times 1$  ( $=mb$ ) символьным разрядам  $y_0$  и  $y_1$  одного ( $=b$ ) символа, как видно из фиг. 133.

В частности, согласно фиг. 133, секция 32 замены осуществляет замену для назначения кодового разряда  $b_0$  символьному разряду  $y_0$  и

кодового разряда  $b_1$  символьному разряду  $y_1$ .

Следует отметить, что в этом случае можно также считать, что замена не осуществляется, а кодовые разряды  $b_0$  и  $b_1$  находят, как будто они являются символьными разрядами  $y_0$  и  $y_1$  соответственно.

Фиг. 134 показывает пример комбинации назначения разрядов, которую принимают, когда код LDPC является кодом LDPC, который имеет длину  $N$  кода 16.200 или 64.800 битов и имеет скорость кодирования иную, нежели  $3/5$ , а кроме того, способом модуляции является 16QAM и множитель  $b$  равен 2.

Когда код LDPC является кодом LDPC, который имеет длину  $N$  кода 16.200 или 64.800 битов и имеет скорость кодирования иную, нежели  $3/5$ , а кроме того, способом модуляции является 16QAM и множитель  $b$  равен 2, демультиплексор 25 считывает кодовые разряды, записанные в память 31 для хранения  $(N/(4 \times 2)) \times (4 \times 2)$  битов в направлении столбца  $\times$  направлении строки в блоке из  $4 \times 2$  ( $=mb$ ) битов в направлении строки и подаёт считанные кодовые разряды в секцию 32 замены.

Секция 32 замены заменяет  $4 \times 2$  ( $=mb$ ) кодовых разрядов  $b_0 - b_7$ , считанных из памяти 31, таким образом, что  $4 \times 2$  ( $=mb$ ) кодовых разрядов назначаются  $4 \times 2$  ( $=mb$ ) символьным разрядам  $y_0 - y_7$  двух ( $=b$ ) следующих друг за другом символов, как видно из фиг. 134.

В частности, согласно фиг. 134, секция 32 замены осуществляет замену для назначения кодового разряда  $b_0$  символьному разряду  $y_7$ ,

кодового разряда  $b_1$  символьному разряду  $y_1$ ,

кодового разряда  $b_2$  символьному разряду  $y_4$ ,

кодового разряда  $b_3$  символьному разряду  $y_2$ ,

кодового разряда  $b_4$  символьному разряду  $y_5$ ,

кодового разряда  $b_5$  символьному разряду  $y_3$ ,

кодового разряда  $b_6$  символьному разряду  $y_6$  и

кодового разряда  $b_7$  символьному разряду  $y_0$ .

Фиг. 135 показывает пример комбинации назначения разрядов, которую принимают, когда способом модуляции является 64QAM и код LDPC является кодом LDPC, который имеет длину  $N$  кода 16.200 или 64.800 битов и имеет скорость кодирования иную, нежели  $3/5$ , а кроме того, множитель  $b$  равен 2.

Когда код LDPC является кодом LDPC, который имеет длину  $N$  кода 16.200 или 64.800 битов и имеет скорость кодирования иную, нежели  $3/5$ , а кроме того, способом модуляции является 64QAM и множитель  $b$  равен 2, демультиплексор 25 считывает кодовые разряды, записанные в память 31 для хранения  $(N/(6 \times 2)) \times (6 \times 2)$  битов в направлении столбца  $\times$  направлении строки в блоке из  $6 \times 2$  ( $=mb$ ) битов в направлении строки и подаёт считанные кодовые разряды в секцию 32 замены.

Секция 32 замены заменяет  $6 \times 2$  ( $=mb$ ) кодовых разрядов  $b_0 - b_{11}$ , считанных из памяти 31, таким образом, что  $6 \times 2$  ( $=mb$ ) кодовых разрядов  $b_0 - b_{11}$  назначаются  $6 \times 2$  ( $=mb$ ) символьным разрядам  $y_0 - y_{11}$  двух ( $=b$ ) следующих друг за другом символов, как видно из фиг. 135.

В частности, согласно фиг. 135, секция 32 замены осуществляет замену для назначения

кодового разряда  $b_0$  символному разряду  $y_{11}$ ,  
 кодового разряда  $b_1$  символному разряду  $y_7$ ,  
 кодового разряда  $b_2$  символному разряду  $y_3$ ,  
 кодового разряда  $b_3$  символному разряду  $y_{10}$ ,  
 кодового разряда  $b_4$  символному разряду  $y_6$ ,  
 кодового разряда  $b_5$  символному разряду  $y_2$ ,  
 кодового разряда  $b_6$  символному разряду  $y_9$ ,  
 кодового разряда  $b_7$  символному разряду  $y_5$ ,  
 кодового разряда  $b_8$  символному разряду  $y_1$ ,  
 кодового разряда  $b_9$  символному разряду  $y_8$ ,  
 кодового разряда  $b_{10}$  символному разряду  $y_4$  и  
 кодового разряда  $b_{11}$  символному разряду  $y_0$ .

Фиг. 136 показывает пример комбинации назначения разрядов, которую принимают, когда способом модуляции является 256QAM и код LDPC является кодом LDPC, который имеет длину  $N$  кода 64.800 битов и у которого скорость кодирования иная, нежели  $3/5$ , а кроме того, множитель  $b$  равен 2.

Когда код LDPC является кодом LDPC, который имеет длину  $N$  кода 64.800 битов и у которого скорость кодирования иная, нежели  $3/5$ , а кроме того, способом модуляции является 256QAM и множитель  $b$  равен 2, демультимплексор 25 считывает кодовые разряды, записанные в память 31 для хранения  $(64.800/(8 \times 2)) \times (8 \times 2)$  битов в направлении столбца  $\times$  направлении строки в блоке из  $8 \times 2$  ( $=mb$ ) битов в направлении строки и подаёт считанные кодовые разряды в секцию 32 замены.

Секция 32 замены заменяет  $8 \times 2$  ( $=mb$ ) кодовых разрядов  $b_0 - b_{15}$ , считанных из памяти 31, таким образом, что  $8 \times 2$  ( $=mb$ ) кодовых разрядов  $b_0 - b_{15}$  назначаются  $8 \times 2$  ( $=mb$ ) символным разрядам  $y_0 - y_{15}$  двух ( $=b$ ) следующих друг за другом символов, как видно из фиг. 136.

В частности, согласно фиг. 136, секция 32 замены осуществляет замену для назначения

кодового разряда  $b_0$  символному разряду  $y_{15}$ ,  
 кодового разряда  $b_1$  символному разряду  $y_1$ ,  
 кодового разряда  $b_2$  символному разряду  $y_{13}$ ,  
 кодового разряда  $b_3$  символному разряду  $y_3$ ,  
 кодового разряда  $b_4$  символному разряду  $y_8$ ,  
 кодового разряда  $b_5$  символному разряду  $y_{11}$ ,  
 кодового разряда  $b_6$  символному разряду  $y_9$ ,  
 кодового разряда  $b_7$  символному разряду  $y_5$ ,  
 кодового разряда  $b_8$  символному разряду  $y_{10}$ ,  
 кодового разряда  $b_9$  символному разряду  $y_6$ ,  
 кодового разряда  $b_{10}$  символному разряду  $y_4$ ,  
 кодового разряда  $b_{11}$  символному разряду  $y_0$ ,  
 кодового разряда  $b_{12}$  символному разряду  $y_{12}$ ,  
 кодового разряда  $b_{13}$  символному разряду  $y_2$ ,  
 кодового разряда  $b_{14}$  символному разряду  $y_{14}$  и  
 кодового разряда  $b_{15}$  символному разряду  $y_0$ .

Фиг. 137 показывает пример комбинации назначения разрядов, которую принимают, когда способом модуляции является 256QAM и код LDPC является кодом LDPC, который имеет длину  $N$  кода 16.200 битов и у которого скорость кодирования иная, нежели  $3/5$ , а кроме того, множитель  $b$  равен 1.

Когда код LDPC является кодом LDPC, который имеет длину  $N$  кода 16.200 битов и у которого скорость кодирования иная, нежели  $3/5$ , а кроме того, способом модуляции является 256QAM и множитель  $b$  равен 1, демультимплексор 25 считывает кодовые разряды, записанные в память 31 для хранения  $(16.200/(8 \times 1)) \times (8 \times 1)$  битов в направлении столбца  $\times$  направлении строки в блоке из  $8 \times 1$  ( $=mb$ ) битов в направлении строки и подаёт считанные кодовые разряды в секцию 32 замены.

Секция 32 замены заменяет  $8 \times 1$  ( $=mb$ ) кодовых разрядов  $b_0 - b_7$ , считанных из памяти 31, таким об-

разом, что  $8 \times 1 (=mb)$  кодовых разрядов  $b_0 - b_7$  назначаются  $8 \times 1 (=mb)$  символьным разрядам  $y_0 - y_7$  одного  $(=b)$  символа, как видно из фиг. 137.

В частности, согласно фиг. 137, секция 32 замены осуществляет замену для назначения кодового разряда  $b_0$  символьному разряду  $y_7$ ,

кодového разряда  $b_1$  символьному разряду  $y_3$ ,

кодového разряда  $b_2$  символьному разряду  $y_1$ ,

кодového разряда  $b_3$  символьному разряду  $y_5$ ,

кодového разряда  $b_4$  символьному разряду  $y_2$ ,

кодového разряда  $b_5$  символьному разряду  $y_6$ ,

кодového разряда  $b_6$  символьному разряду  $y_4$ , и

кодového разряда  $b_7$  символьному разряду  $y_0$ .

Фиг. 138 показывает пример комбинации назначения разрядов, которую принимают, когда код LDPC является кодом LDPC, который имеет длину  $N$  кода 16.200 или 64.800 битов и имеет скорость кодирования иную, нежели  $3/5$ , а кроме того, способом модуляции является QPSK и множитель  $b$  равен 1.

Когда код LDPC является кодом LDPC, который имеет длину  $N$  кода 16.200 или 64.800 битов и имеет скорость кодирования иную, нежели  $3/5$ , а кроме того, способом модуляции является QPSK и множитель  $b$  равен 1, демультиплексор 25 считывает кодовые разряды, записанные в память 31 для хранения  $(N/(2 \times 1)) \times (2 \times 1)$  битов в направлении столбца  $\times$  направлении строки в блоке из  $2 \times 1 (=mb)$  битов в направлении строки и подаёт считанные кодовые разряды в секцию 32 замены.

Секция 32 замены заменяет  $2 \times 1 (=mb)$  кодовых разрядов  $b_0$  и  $b_1$ , считанных из памяти 31, таким образом, что  $2 \times 1 (=mb)$  кодовых разрядов  $b_0$  и  $b_1$  назначаются  $2 \times 1 (=mb)$  символьным разрядам  $y_0$  и  $y_1$  одного  $(=b)$  символа, как видно из фиг. 138.

В частности, согласно фиг. 138, секция 32 замены осуществляет замену для назначения кодового разряда  $b_0$  символьному разряду  $y_0$ ,

кодového разряда  $b_1$  символьному разряду  $y_1$ .

Следует отметить, что в данном случае можно также считать, что замена не осуществляется, а кодовые разряды  $b_0$  и  $b_1$  находят, как будто они являются символьными разрядами  $y_0$  и  $y_1$  соответственно.

Фиг. 139 показывает пример комбинации назначения разрядов, которую принимают, когда код LDPC является кодом LDPC, который имеет длину  $N$  кода 64.800 битов и у которого скорость кодирования равна  $3/5$ , а кроме того, способом модуляции является 16QAM и множитель  $b$  равен 2.

Когда код LDPC является кодом LDPC, который имеет длину  $N$  кода 64.800 битов и у которого скорость кодирования равна  $3/5$ , а кроме того, способом модуляции является 16QAM и множитель  $b$  равен 2, демультиплексор 25 считывает кодовые разряды, записанные в память 31 для хранения  $(64.800/(4 \times 2)) \times (4 \times 2)$  битов в направлении столбца  $\times$  направлении строки в блоке из  $4 \times 2 (=mb)$  битов в направлении строки и подаёт считанные кодовые разряды в секцию 32 замены.

Секция 32 замены заменяет  $4 \times 2 (=mb)$  кодовых разрядов  $b_0 - b_7$ , считанных из памяти 31, таким образом, что  $4 \times 2 (=mb)$  кодовых разрядов  $b_0 - b_7$  назначаются  $4 \times 2 (=mb)$  символьным разрядам  $y_0 - y_7$  двух  $(=b)$  следующих друг за другом символов, как видно из фиг. 139.

В частности, согласно фиг. 139, секция 32 замены осуществляет замену для назначения кодового разряда  $b_0$  символьному разряду  $y_0$ ,

кодového разряда  $b_1$  символьному разряду  $y_5$ ,

кодového разряда  $b_2$  символьному разряду  $y_1$ ,

кодového разряда  $b_3$  символьному разряду  $y_2$ ,

кодového разряда  $b_4$  символьному разряду  $y_4$ ,

кодového разряда  $b_5$  символьному разряду  $y_7$ ,

кодového разряда  $b_6$  символьному разряду  $y_3$ , и

кодového разряда  $b_7$  символьному разряду  $y_6$ .

Фиг. 140 показывает пример комбинации назначения разрядов, которую принимают, когда код LDPC является кодом LDPC, который имеет длину  $N$  кода 16.200 битов и у которого скорость кодирования равна  $3/5$ , а кроме того, способом модуляции является 16QAM и множитель  $b$  равен 2.

Когда код LDPC является кодом LDPC, который имеет длину  $N$  кода 16.200 битов и у которого скорость кодирования равна  $3/5$ , а кроме того, способом модуляции является 16QAM и множитель  $b$  равен 2, демультиплексор 25 считывает кодовые разряды, записанные в память 31 для хранения  $(16.200/(4 \times 2)) \times (4 \times 2)$  битов в направлении столбца  $\times$  направлении строки в блоке из  $4 \times 2 (=mb)$  битов в

направлении строки и подаёт считанные кодовые разряды в секцию 32 замены.

Секция 32 замены заменяет  $4 \times 2$  ( $=mb$ ) кодовых разрядов  $b_0 - b_7$ , считанных из памяти 31, таким образом, что  $4 \times 2$  ( $=mb$ ) кодовых разрядов  $b_0 - b_7$  назначаются  $4 \times 2$  ( $=mb$ ) символьным разрядам  $y_0 - y_7$  двух ( $=b$ ) следующих друг за другом символов, как видно из фиг. 140.

В частности, согласно фиг. 140, секция 32 замены осуществляет замену для назначения

- кодového разряда  $b_0$  символьному разряду  $y_7$ ,
- кодového разряда  $b_1$  символьному разряду  $y_1$ ,
- кодového разряда  $b_2$  символьному разряду  $y_4$ ,
- кодového разряда  $b_3$  символьному разряду  $y_2$ ,
- кодového разряда  $b_4$  символьному разряду  $y_5$ ,
- кодového разряда  $b_5$  символьному разряду  $y_3$ ,
- кодového разряда  $b_6$  символьному разряду  $y_6$ , и
- кодového разряда  $b_7$  символьному разряду  $y_0$ .

Фиг. 141 показывает пример комбинации назначения разрядов, которую принимают, когда способом модуляции является 64QAM и код LDPC является кодом LDPC, который имеет длину  $N$  кода 64.800 битов и у которого скорость кодирования равна  $3/5$ , а кроме того, множитель  $b$  равен 2.

Когда код LDPC является кодом LDPC, который имеет длину  $N$  кода 64.800 битов и у которого скорость кодирования равна  $3/5$ , а кроме того, способом модуляции является 64QAM и множитель  $b$  равен 2, демультиплексор 25 считывает кодовые разряды, записанные в память 31 для хранения  $(64.800/(6 \times 2)) \times (6 \times 2)$  битов в направлении столбца  $\times$  направлении строки в блоке из  $6 \times 2$  ( $=mb$ ) битов в направлении строки и подаёт считанные кодовые разряды в секцию 32 замены.

Секция 32 замены заменяет  $6 \times 2$  ( $=mb$ ) кодовых разрядов  $b_0 - b_{11}$ , считанных из памяти 31, таким образом, что  $6 \times 2$  ( $=mb$ ) кодовых разрядов  $b_0 - b_{11}$  назначаются  $6 \times 2$  ( $=mb$ ) символьным разрядам  $y_0 - y_{11}$  двух ( $=b$ ) следующих друг за другом символов, как видно из фиг. 141.

В частности, согласно фиг. 141, секция 32 замены осуществляет замену для назначения

- кодového разряда  $b_0$  символьному разряду  $y_2$ ,
- кодového разряда  $b_1$  символьному разряду  $y_7$ ,
- кодového разряда  $b_2$  символьному разряду  $y_6$ ,
- кодového разряда  $b_3$  символьному разряду  $y_9$ ,
- кодového разряда  $b_4$  символьному разряду  $y_0$ ,
- кодového разряда  $b_5$  символьному разряду  $y_3$ ,
- кодového разряда  $b_6$  символьному разряду  $y_1$ ,
- кодového разряда  $b_7$  символьному разряду  $y_8$ ,
- кодového разряда  $b_8$  символьному разряду  $y_4$ ,
- кодového разряда  $b_9$  символьному разряду  $y_{11}$ ,
- кодového разряда  $b_{10}$  символьному разряду  $y_5$ , и
- кодového разряда  $b_{11}$  символьному разряду  $y_{10}$ .

Фиг. 142 показывает пример комбинации назначения разрядов, которую принимают, когда способом модуляции является 64QAM и код LDPC является кодом LDPC, который имеет длину  $N$  кода 16.200 битов и у которого скорость кодирования равна  $3/5$ , а кроме того, множитель  $b$  равен 2.

Когда код LDPC является кодом LDPC, который имеет длину  $N$  кода 16.200 битов и у которого скорость кодирования равна  $3/5$ , а кроме того, способом модуляции является 64QAM и множитель  $b$  равен 2, демультиплексор 25 считывает кодовые разряды, записанные в память 31 для хранения  $(16.200/(6 \times 2)) \times (6 \times 2)$  битов в направлении столбца  $\times$  направлении строки в блоке из  $6 \times 2$  ( $=mb$ ) битов в направлении строки и подаёт считанные кодовые разряды в секцию 32 замены.

Секция 32 замены заменяет  $6 \times 2$  ( $=mb$ ) кодовых разрядов  $b_0 - b_{11}$ , считанных из памяти 31, таким образом, что  $6 \times 2$  ( $=mb$ ) кодовых разрядов  $b_0 - b_{11}$  назначаются  $6 \times 2$  ( $=mb$ ) символьным разрядам  $y_0 - y_{11}$  двух ( $=b$ ) следующих друг за другом символов, как видно из фиг. 142.

В частности, согласно фиг. 142, секция 32 замены осуществляет замену для назначения кодового разряда  $b_0$  символному разряду  $y_{11}$ ,

кодового разряда  $b_1$  символному разряду  $y_7$ ,

кодового разряда  $b_2$  символному разряду  $y_3$ ,

кодового разряда  $b_3$  символному разряду  $y_{10}$ ,

кодового разряда  $b_4$  символному разряду  $y_6$ ,

кодового разряда  $b_5$  символному разряду  $y_2$ ,

кодового разряда  $b_6$  символному разряду  $y_9$ ,

кодового разряда  $b_7$  символному разряду  $y_5$ ,

кодового разряда  $b_8$  символному разряду  $y_1$ ,

кодового разряда  $b_9$  символному разряду  $y_8$ ,

кодового разряда  $b_{10}$  символному разряду  $y_4$  и

кодового разряда  $b_{11}$  символному разряду  $y_0$ .

Фиг. 143 показывает пример комбинации назначения разрядов, которую принимают, когда способом модуляции является 256QAM и код LDPC является кодом LDPC, который имеет длину  $N$  кода 64.800 битов и у которого скорость кодирования равна  $3/5$ , а кроме того, множитель  $b$  равен 2.

Когда код LDPC является кодом LDPC, который имеет длину  $N$  кода 64.800 битов и у которого скорость кодирования равна  $3/5$ , а кроме того, способом модуляции является 256QAM и множитель  $b$  равен 2, демультиплексор 25 считывает кодовые разряды, записанные в память 31 для хранения  $(64.800/(8 \times 2)) \times (8 \times 2)$  битов в направлении столбца  $\times$  направлении строки в блоке из  $8 \times 2$  ( $=mb$ ) битов в направлении строки и подаёт считанные кодовые разряды в секцию 32 замены.

Секция 32 замены заменяет  $8 \times 2$  ( $=mb$ ) кодовых разрядов  $b_0 - b_{15}$ , считанных из памяти 31, таким образом, что  $8 \times 2$  ( $=mb$ ) кодовых разрядов  $b_0 - b_{15}$  назначаются  $8 \times 2$  ( $=mb$ ) символным разрядам  $y_0 - y_{15}$  двух ( $=b$ ) следующих друг за другом символов, как видно из фиг. 143.

В частности, согласно фиг. 143, секция 32 замены осуществляет замену для назначения кодового разряда  $b_0$  символному разряду  $y_2$ ,

кодового разряда  $b_1$  символному разряду  $y_{11}$ ,

кодового разряда  $b_2$  символному разряду  $y_3$ ,

кодового разряда  $b_3$  символному разряду  $y_4$ ,

кодового разряда  $b_4$  символному разряду  $y_0$ ,

кодового разряда  $b_5$  символному разряду  $y_9$ ,

кодового разряда  $b_6$  символному разряду  $y_1$ ,

кодового разряда  $b_7$  символному разряду  $y_8$ ,

кодового разряда  $b_8$  символному разряду  $y_{10}$ ,

кодового разряда  $b_9$  символному разряду  $y_{13}$ ,

кодового разряда  $b_{10}$  символному разряду  $y_7$ ,

кодового разряда  $b_{11}$  символному разряду  $y_{14}$ ,

кодового разряда  $b_{12}$  символному разряду  $y_6$ ,

кодового разряда  $b_{13}$  символному разряду  $y_{15}$ ,

кодового разряда  $b_{14}$  символному разряду  $y_5$  и

кодового разряда  $b_{15}$  символному разряду  $y_{12}$ .

Фиг. 144 показывает пример комбинации назначения разрядов, которую принимают, когда способом модуляции является 256QAM и код LDPC является кодом LDPC, который имеет длину  $N$  кода 16.200 битов и у которого скорость кодирования равна  $3/5$ , а кроме того, множитель  $b$  равен 1.

Когда код LDPC является кодом LDPC, который имеет длину  $N$  кода 16.200 битов и у которого скорость кодирования равна  $3/5$ , а кроме того, способом модуляции является 256QAM и множитель  $b$  равен 1, демультиплексор 25 считывает кодовые разряды, записанные в память 31 для хранения  $(16.200/(8 \times 1)) \times (8 \times 1)$  битов в направлении столбца  $\times$  направлении строки в блоке из  $8 \times 1$  ( $=mb$ ) битов в направлении строки и подаёт считанные кодовые разряды в секцию 32 замены.

Секция 32 замены заменяет  $8 \times 1$  ( $=mb$ ) кодовых разрядов  $b_0 - b_7$ , считанных из памяти 31, таким образом, что  $8 \times 1$  ( $=mb$ ) кодовых разрядов  $b_0 - b_7$  назначаются  $8 \times 1$  ( $=mb$ ) символьным разрядам  $y_0 - y_7$  одного ( $=b$ ) символа, как видно из фиг. 144.

В частности, согласно фиг. 144, секция 32 замены осуществляет замену для назначения

- кодového разряда  $b_0$  символьному разряду  $y_7$ ,
- кодového разряда  $b_1$  символьному разряду  $y_3$ ,
- кодového разряда  $b_2$  символьному разряду  $y_1$ ,
- кодového разряда  $b_3$  символьному разряду  $y_5$ ,
- кодového разряда  $b_4$  символьному разряду  $y_2$ ,
- кодového разряда  $b_5$  символьному разряду  $y_6$ ,
- кодového разряда  $b_6$  символьному разряду  $y_4$ , и
- кодového разряда  $b_7$  символьному разряду  $y_0$ .

Теперь описывается депережежитель 53, который составляет приёмное устройство 12.

Фиг. 145 представляет собой вид, иллюстрирующий обработку мультиплексора 54, который составляет депережежитель 53.

В частности, часть А по фиг. 145 показывает пример функциональной конфигурации мультиплексора 54.

Мультиплексор 54 состоит из секции 1001 обратной замены и памяти 1002.

Мультиплексор 54 находит символьные разряды, поданные из секции 52 обратного отображения на предшествующей ступени в качестве объекта своей обработки, и осуществляет процесс обратной замены, соответствующий процессу замены, осуществлённому демультимплексором 25 передающего устройства 11 (процесс, обратный процессу замены), т.е. процесс обратной замены по возвращению позиций кодовых разрядов (символьных разрядов) кода LDPC, заменённых в процессе замены. Затем, мультиплексор 54 подаёт код LDPC, полученный в результате процесса обратной замены, в депережежитель 55 прокрутки столбцов на следующую ступень.

В частности, в мультиплексоре 54  $mb$  символьных разрядов  $y_0, y_1, \dots, y_{mb-1}$  из  $b$  символов подаются в блоке из  $b$  (следующих друг за другом) символов в секцию 1001 обратной замены.

Секция 1001 обратной замены осуществляет обратную замену по возвращению размещения  $mb$  символьных разрядов  $y_0, y_1, \dots, y_{mb-1}$  к исходному размещению  $mb$  кодовых разрядов  $b_0, b_1, \dots, b_{mb-1}$  (размещению кодовых разрядов  $b_0, b_1, \dots, b_{mb-1}$  перед заменой в секции 32 замены, которая составляет демультимплексор 25 на стороне передающего устройства 11). Секция 1001 обратной замены выводит кодовые разряды  $b_0, b_1, \dots, b_{mb-1}$ , полученные в результате обратной замены.

Память 1002 имеет ёмкость хранения для хранения  $mb$  битов в (горизонтальном) направлении строки и хранения  $N/(mb)$  битов в (вертикальном) направлении столбца аналогично памяти 31, которая составляет демультимплексор 25 на стороне передающего устройства 11. Иными словами, секция 1001 обратной замены выполнена из  $mb$  столбцов, каждый из которых сохраняет  $N/(mb)$  битов.

Однако в памяти 1002 запись кодовых разрядов, выведенных из секции 1001 обратной замены, осуществляется в направлении, в котором осуществляется считывание кодовых разрядов из памяти 31 демультимплексора 25 передающего устройства 11, а считывание кодовых разрядов, записанных в памяти 1002, осуществляется в направлении, в котором осуществляется запись кодовых разрядов в память 31.

В частности, мультиплексор 54 приёмного устройства 12 последовательно осуществляет запись кодовых разрядов кода LDPC, выведенного из секции 1001 обратной замены в блоке из  $mb$  битов в направлении строки, начиная с первой строки памяти 1002 к нижней строке, как видно в части А по фиг. 145.

Затем, когда запись кодовых разрядов для одной длины кода заканчивается, мультиплексор 54 считывает кодовые разряды в направлении столбца из памяти 1002 и подаёт кодовые разряды в депережежитель 55 прокрутки столбцов на следующей ступени.

Здесь, часть В по фиг. 145 представляет собой вид, иллюстрирующий считывание кодовых разрядов из памяти 1002.

Мультиплексор 54 осуществляет считывание кодовых разрядов в направлении вниз (направлении столбца) сверху столбца, который составляет память 1002, начиная с самого левого столбца к столбцу на правой стороне.

Теперь со ссылкой на фиг. 146 описывается обработка депережежителя 55 прокрутки столбцов, который составляет депережежитель 53 приёмного устройства 12.

Фиг. 146 показывает пример конфигурации памяти 1002 мультиплексора 54.

Память 1002 имеет ёмкость хранения для хранения  $mb$  битов в (вертикальном) направлении столбца и хранит  $N/(mb)$  битов в (горизонтальном) направлении строки и состоит из  $mb$  столбцов.

Депережежитель 55 прокрутки столбцов записывает кодовые разряды кода LDPC в направлении строки в память 1002 и управляет позицией, в которой начинается считывание, когда кодовые разряды

считываются в направлении столбца, чтобы осуществлять деперемежение прокрутки столбцов.

В частности, деперемежитель 53 прокрутки столбцов осуществляет процесс обратной перестановки соответственного изменения начальной позиции считывания, в которой должно начинаться считывание кодовых разрядов по отношению к каждому из множества столбцов для возвращения размещения кодовых разрядов, переставленных перемежением прокрутки столбцов, к исходному размещению.

Здесь, фиг. 146 показывает пример конфигурации памяти 1002, когда способом модуляции является 16QAM, а множитель  $b$  равен 1. Соответственно, число  $m$  битов одного символа равно 4, а память 1002 включает в себя четыре (mb) столбца.

Деперемежитель 55 прокрутки столбцов осуществляет (вместо мультиплексора 54) запись кодовых разрядов кода LDPC, выведенных из секции 1001 обратной замены, в направлении строки последовательно в память 1002, начиная с первой строки к самой нижней строке.

Затем, если запись кодовых разрядов для одной длины кода заканчивается, деперемежитель 55 прокрутки столбцов осуществляет считывание кодовых разрядов в направлении вниз (направлении столбца) сверху памяти 1002, начиная с самого левого столбца к столбцу на правой стороне.

Однако деперемежитель 55 прокрутки столбцов осуществляет считывание кодовых разрядов из памяти 1002, находя начальную позицию записи при записи кодовых разрядов перемежителем 24 прокрутки столбцов на стороне передающего устройства 11, для считывания начальной позиции кодовых разрядов.

В частности, если адрес позиции верха каждого столбца определён как 0, а адрес каждой позиции в направлении столбца представлен целым числом, заданным в нарастающем порядке, то, когда способом модуляции является 16QAM и множитель  $b$  равен 1, деперемежитель 55 прокрутки столбцов устанавливает начальную позицию считывания для самого левого столбца в позицию, адрес которой равен 0, устанавливает начальную позицию считывания для второго столбца (слева) в позицию, адрес которой равен 2, устанавливает начальную позицию считывания третьего столбца в позицию, адрес которой равен 4, и устанавливает начальную позицию считывания для четвёртого столбца в позицию, адрес которой равен 7.

Следует отметить, что по отношению к каждому из тех столбцов, начальная позиция считывания которых имеет адрес иной, нежели 0, считывание кодовых разрядов осуществляется так, что после того, как считывание осуществлено вниз до самой нижней позиции, считывание позиции возвращается на верх (к позиции, адрес которой равен 0) столбца и считывание осуществляется вниз до позиции, непосредственно предшествующей начальной позиции считывания. Затем, после этого считывание осуществляется из следующего (правого) столбца.

За счёт осуществления такого перемежения прокрутки столбцов, как описано выше, размещение кодовых разрядов, переставленных перемежением прокрутки столбцов, возвращается к исходному размещению.

Фиг. 147 является блок-схемой, показывающей другой пример конфигурации приёмного устройства 12.

На фиг. 147 приёмное устройство 12 является устройством обработки данных, которое принимает модулированный сигнал от передающего устройства 11 и включает в себя секцию 51 ортогональной демодуляции, секцию 52 обратного отображения, деперемежитель 53 и секцию 1021 декодирования LDPC.

Секция 51 ортогональной демодуляции принимает модулированный сигнал от передающего устройства 11, осуществляет ортогональную демодуляцию и подаёт символы (значения в направлении осей I и Q), полученные в результате ортогональной демодуляции, в секцию 52 обратного отображения.

Секция 52 обратного отображения осуществляет обратное отображение по преобразованию символов из секции 51 ортогональной демодуляции в кодовые разряды кода LDPC и подаёт кодовые разряды в деперемежитель 53.

Деперемежитель 53 включает в себя мультиплексор (MUX) 54, деперемежитель 55 прокрутки столбцов и деперемежитель 1011 чётности и осуществляет деперемежение кодовых разрядов кода LDPC из секции 52 обратного отображения.

В частности, мультиплексор 54 определяет код LDPC из секции 52 обратного отображения в качестве объекта своей обработки и осуществляет процесс обратной замены, соответствующий процессу замены, осуществлённому демультимплексором 25 передающего устройства 11 (процесс, обратный процессу замены), т.е. процесс обратной замены по возвращению позиций кодовых разрядов, заменённых процессом замены, в исходные позиции. Затем мультиплексор 54 подаёт код LDPC, полученный в результате процесса обратной замены, в деперемежитель 55 прокрутки столбцов.

Деперемежитель 55 прокрутки столбцов определяет код LDPC из мультиплексора 54 в качестве объекта своей обработки и осуществляет деперемежение прокрутки столбцов, соответствующее перемежению прокрутки столбцов в качестве процесса перестановки, осуществлённого перемежителем 24 прокрутки столбцов передающего устройства 11.

Код LDPC, полученный в результате деперемежения прокрутки столбцов, подаётся из деперемежителя 55 прокрутки столбцов в деперемежитель 1011 чётности.

Деперемежитель 1011 чётности определяет кодовые разряды после деперемежения прокрутки

столбцов деперемежителем 55 прокрутки столбцов в качестве объекта своей обработки и осуществляет деперемежение чётности, соответствующее перемежению чётности, осуществлённому перемежителем 23 чётности передающего устройства 11 (процесс, обратный перемежению чётности), т.е. деперемежение чётности по возвращению размещения кодовых разрядов кода LDPC, размещение которых было изменено перемежением чётности, к исходному размещению.

Код LDPC, полученный в результате деперемежения чётности, подаётся из деперемежителя 1011 чётности в секцию 1021 декодирования LDPC.

Соответственно, в приёмном устройстве 12 по фиг. 147 код LDPC, для которого осуществлены процесс обратной замены, деперемежение прокрутки столбцов и деперемежение чётности, т.е. код LDPC, полученный кодированием LDPC в соответствии с матрицей Н проверки на чётность, подаётся в секцию 1021 декодирования LDPC.

Секция 1021 декодирования LDPC осуществляет декодирование LDPC кода LDPC из деперемежителя 53 с помощью самой матрицы Н проверки на чётность, использованной для кодирования LDPC секцией 21 кодирования LDPC передающего устройства 11, или преобразованной матрицы проверки на чётность, полученной путём осуществления, по меньшей мере, преобразования столбцов, соответствующего перемежению чётности, для матрицы Н проверки на чётность. Затем, секция 1021 декодирования LDPC выводит данные, полученные декодированием LDPC, в качестве результата декодирования объектных данных.

Здесь, в приёмном устройстве 12 по фиг. 147, поскольку код LDPC, полученный кодированием LDPC в соответствии с матрицей Н проверки на чётность, подаётся из (деперемежителя 1011 чётности из) деперемежителя 53 в секцию 1021 декодирования LDPC, когда декодирование LDPC кода LDPC осуществляется с помощью самой матрицы Н проверки на чётность, использованной для кодирования LDPC секций 21 кодирования LDPC передающего устройства 11, секцию 1021 декодирования LDPC можно выполнить, например, из декодирующего устройства, которое осуществляет декодирование LDPC в соответствии со способом полного последовательного декодирования, в котором математическая операция сообщений (сообщений узла проверки и сообщений узла переменной) осуществляется для одного узла за другим, или другого декодирующего устройства, в котором декодирование LDPC осуществляется в соответствии со способом полного параллельного декодирования, в котором математическая операция сообщений осуществляется одновременно (параллельно) для всех узлов.

Далее, когда декодирование LDPC кода LDPC осуществляется с помощью преобразованной матрицы проверки на чётность, полученной путём осуществления, по меньшей мере, замены столбцов, соответствующей перемежению чётности для перемежения чётности для матрицы Н проверки на чётность, используемой при кодировании LDPC секцией 21 кодирования LDPC передающего устройства 11, секцию 1021 декодирования LDPC можно выполнить из декодирующего устройства с архитектурой, которая осуществляет математическую операцию узла проверки и математическую операцию узла переменной одновременно для Р (или делителя Р, отличного от 1) узлов проверки и Р узлов переменной и которая имеет секцию 310 перестановки принятых данных для осуществления замены столбцов, аналогичной замене столбцов для получения преобразованной матрицы проверки на чётность для кода LDPC для перестановки кодовых разрядов кодов LDPC.

Следует отметить, что хотя на фиг. 147 мультиплексор 54 для осуществления процесса обратной замены, деперемежитель 55 прокрутки столбцов для осуществления деперемежения прокрутки столбцов и деперемежитель 1011 чётности для осуществления деперемежения чётности выполнены по отдельности друг от друга для удобства описания, два или более из мультиплексора 54, деперемежителя 55 прокрутки столбцов и деперемежителя 1011 чётности могут быть выполнены совместно аналогично перемежителю 23 чётности, перемежителю 24 прокрутки столбцов и демультимплексору 25 передающего устройства 11.

Фиг. 148 является блок-схемой, показывающей первый пример выполнения приёмной системы, которую можно применить в приёмном устройстве 12.

На фиг. 148 приёмная система включает в себя секцию 1101 получения, секцию 1102 обработки декодирования линии передачи и секцию 1103 обработки декодирования информационного источника.

Секция 1101 получения получает сигнал, включающий в себя код LDPC, полученный, по меньшей мере, кодированием LDPC объектных данных, таких как данные изображения и музыкальные данные программы, через линию передачи, такую как, например, наземное цифровое вещание, спутниковое цифровое вещание, сеть кабельного телевидения (CATV), Интернет или некая иная сеть. Затем, секция 1101 получения подаёт полученный сигнал в секцию 1102 обработки декодирования линии передачи.

Здесь, когда сигнал, полученный секцией 1101 получения, является широковещательным, например, от вещательной станции посредством поверхностных волн, спутниковых волн, кабельного телевидения (CATV) или тому подобного, секция 1101 получения выполнена из тюнера, телевизионной приставки (STB) или тому подобного. С другой стороны, когда сигнал, полученный секцией 1101 получения, передан в многоадресном состоянии, как в Интернет-телевидении (IPTV), например, от веб-сервера, секция 1101 получения выполнена из сетевого интерфейса, такого как, например, сетевая интерфейсная карта (NIC).

Секция 1102 обработки декодирования линии передачи осуществляет процесс декодирования линии передачи, включающий в себя, по меньшей мере, процесс исправления ошибок, произошедших в линии передачи для сигнала, полученного через линию передачи секцией 1101 получения, и подаёт сигнал, полученный в результате процесса декодирования линии передачи, в секцию 1103 обработки декодирования информационного источника.

В частности, сигнал, полученный через линию передачи секцией 1101 получения, представляет собой сигнал, полученный путём осуществления, по меньшей мере, кодирования с исправлением ошибок для исправления ошибок, произошедших в линии передачи, и для такого сигнала, как только что описанный, секция 1102 обработки декодирования линии передачи осуществляет процесс декодирования линии передачи, такой, например, как процесс исправления ошибок.

Здесь, в качестве кодирования с исправлением ошибок доступны, например, кодирование LDPC, кодирование Рида-Соломона и т.д. Здесь, в качестве кодирования с исправлением ошибок осуществляется, по меньшей мере, кодирование LDPC.

Далее, процесс декодирования линии передачи иногда включает в себя демодуляцию модулированного сигнала и т.д.

Секция 1103 обработки декодирования информационного источника осуществляет процесс декодирования информационного источника, включающий в себя, по меньшей мере, процесс развёртывания сжатой информации в исходную информацию для сигнала, для которого осуществляется процесс декодирования линии передачи.

В частности, сигнал, полученный через линию передачи секцией 1101 получения иногда обработан путём кодирования со сжатием для сжатой информации, чтобы снизить объём данных, таких как изображения, звук и так далее, в качестве информации. В этом случае, секция 1103 обработки декодирования информационного источника осуществляет процесс декодирования информационного источника, такой как процесс (процесс развёртывания) для развёртывания сжатой информации в исходную информацию для сигнала, для которого осуществлён процесс декодирования линии передачи.

Следует отметить, что когда над сигналом, полученным через линию передачи секцией 1101 получения, не осуществлялось кодирование со сжатием, секция 1103 обработки декодирования информационного источника не осуществляет процесс развёртывания сжатой информации в исходную информацию.

Здесь, в качестве процесса развёртывания доступно, например, декодирование MPEG и т.д. Далее, процесс декодирования линии передачи иногда включает в себя дескремблирование в дополнение к процессу развёртывания.

В приёмной системе, выполненной так, как описано выше, секция 1101 получения принимает сигнал, полученный путём осуществления кодирования со сжатием, такого как кодирование MPEG, для данных в виде, например, изображений, звука и так далее, и далее осуществляет кодирование с исправлением ошибок, такое как кодирование LDPC, для закодированных со сжатием данных через линию передачи. Этот сигнал подаётся в секцию 1102 обработки декодирования линии передачи.

В секции 1102 обработки декодирования линии передачи процессы, аналогичные осуществляемым, например, секцией 51 ортогональной демодуляции, секции 52 обратного отображения, демультиплексированием 53 и секцией 56 декодирования LDPC (или секцией 1021 декодирования LDPC), осуществляются в качестве процесса декодирования линии передачи для сигнала из секции 1101 получения. Затем, сигнал, полученный в результате процесса декодирования линии передачи, подаётся в секцию 1103 обработки декодирования информационного источника.

В секции 1103 обработки декодирования информационного источника осуществляется процесс декодирования информационного источника, такой как декодирование MPEG, для сигнала из секции 1102 обработки декодирования линии передачи, и выводятся изображение или звук, полученные в результате процесса декодирования информации.

Такая приёмная система по фиг. 148, как описано выше, может применяться, например, в телевизионном тюнере для приёма телевизионного вещания в качестве цифрового вещания, и т.д.

Следует отметить, что возможно выполнить секцию 1101 получения, секцию 1102 обработки декодирования линии передачи и секцию 1103 обработки декодирования информационного источника каждую как независимое устройство (аппаратно (в виде интегральной схемы - ИС) или тому подобного) или в виде программного модуля.

Далее, что касается секции 1101 получения, секции 1102 обработки декодирования линии передачи и секции 1103 обработки декодирования информационного источника, то набор из секции 1101 получения и секции 1102 обработки декодирования линии передачи, другой набор из секции 1102 обработки декодирования линии передачи и секции 1103 обработки декодирования информационного источника, или ещё один набор из секции 1101 получения, секции 1102 обработки декодирования линии передачи и секции 1103 обработки декодирования информационного источника могут быть выполнены в виде единого независимого устройства.

Фиг. 149 является блок-схемой, показывающей второй пример выполнения приёмной системы, которую можно применять в приёмном устройстве 12.

Следует отметить, что на фиг. 149 элементы, соответствующие элементам на фиг. 148, обозначены такими же ссылочными позициями, и их описание ниже в соответствующих случаях опущено.

Приёмная система по фиг. 149 имеет то общее с системой на фиг. 148, что она включает в себя секцию 1101 получения, секцию 1102 обработки декодирования линии передачи и секцию 1103 обработки декодирования информационного источника, но отлична от системы по фиг. 148 в том, что она заново включает в себя секцию 1111 вывода.

Секция 1111 вывода представляет собой, например, дисплейное устройство для отображения изображения или громкоговоритель для вывода звука и выводит изображение, звук или тому подобное в качестве сигнала, выводимого из секции 1103 обработки декодирования информационного источника. Иными словами, секция 1111 вывода отображает изображение или выводит звук.

Такая приёмная система по фиг. 149, как описано выше, может применяться, например, к телевизионному приёмнику (TV) для приёма телевизионного вещания в качестве цифрового вещания, к радиоприёмнику для приёма радиовещания и т.д.

Следует отметить, что, когда сигнал, полученный секцией 1101 получения, не находится в виде, в котором кодирование со сжатием не применяется, сигнал, выводимый из секции 1102 обработки декодирования линии передачи, подаётся в секцию 1111 вывода.

Фиг. 150 является блок-схемой, показывающей третий пример выполнения приёмной системы, которую можно применять в приёмном устройстве 12.

Следует отметить, что на фиг. 150 элементы, соответствующие элементам на фиг. 148, обозначены такими же ссылочными позициями, и их описание ниже в соответствующих случаях опущено.

Приёмная система по фиг. 150 имеет то общее с системой на фиг. 148, что она включает в себя секцию 1101 получения и секцию 1102 обработки декодирования линии передачи.

Однако приёмная система по фиг. 150 отлична от системы по фиг. 148 в том, что она не включает в себя секцию 1103 обработки декодирования информационного источника, но заново включает в себя секцию 1121 записи.

Секция 1121 записи записывает (сохраняет) сигнал (например, пакет транспортного потока (ТП) или ТП MPEG), выводимый из секции 1102 обработки декодирования линии передачи на или в носитель записи (хранения), такой как оптический диск, жёсткий диск (магнитный диск) или флэш-память.

Такая приёмная система по фиг. 150, как описанная выше, может применяться к магнитофону для записи телевизионного вещания или тому подобного.

Следует отметить, что на фиг. 150 приёмная система может включать в себя секцию 1103 обработки декодирования информационного источника, такую, что сигнал после того осуществлён как процесс обработки декодирования информационного источника секцией 1103 обработки декодирования информационного источника, т.е. изображение или звук, полученные декодированием, записывается секцией 1121 записи.

В данном случае, согласно процессу замены по новому способу замены, в котором кодовые разряды заменяются так, как иллюстрируется на фиг. 64 в соответствии с правилом назначения по фиг. 63, устойчивость к ошибкам может быть улучшена по сравнению с процессом замены по существующему способу, в котором кодовые разряды заменяются так, как иллюстрируется в части С на фиг. 60 (фиг. 65).

Далее, с кодом LDPC (предложенным кодом) матрицы  $N$  проверки на чётность, найденной из таблицы начальных значений матрицы проверки на чётность по фиг. 66-68, устойчивость к ошибкам может быть улучшена по сравнению со стандартным кодом.

Хотя устойчивость к ошибкам можно улучшить путём принятия нового способа замены или предложенного кода, как описано выше, устойчивость к ошибкам можно ещё улучшить путём принятия процесса замены по способу (именуемому здесь также как подходящий способ), в котором принимается предложенный код и для предложенного кода осуществляется замена кодовых разрядов в соответствии с подходящим правилом назначения.

Фиг. 151-155 представляют собой виды, иллюстрирующие подходящий способ.

В частности, фиг. 151 иллюстрирует группы кодовых разрядов и группы символьных разрядов, где код LDPC является кодом (предложенным кодом) матрицы  $N$  проверки на чётность с длиной кода 64.800 и скоростью кодирования  $2/3$  и определяется из таблицы начальных значений матрицы проверки на чётность по фиг. 66-68, а кроме того, способом модуляции является 256QAM и множитель  $b$  равен 2.

В этом случае, считывание осуществляется в блоке из  $8 \times 2 (=mb)$  кодовых разрядов  $b_0 - b_{15}$  из памяти 31, и  $8 \times 2 (=mb)$  кодовых разрядов  $b_0 - b_{15}$  могут быть сгруппированы в пять групп  $Gb_1, Gb_2, Gb_3, Gb_4$  и  $Gb_5$  кодовых разрядов, как видно в части А по фиг. 151, в соответствии с разницей в вероятности ошибок.

В части А по фиг. 151 к группе  $Gb_1$  кодовых разрядов принадлежит кодовый разряд  $b_0$ ; к группе  $Gb_2$  кодовых разрядов принадлежит кодовый разряд  $b_1$ ; к группе  $Gb_3$  кодовых разрядов принадлежат кодовые разряды  $b_2 - b_9$ ; к группе  $Gb_4$  кодовых разрядов принадлежит кодовый разряд  $b_{10}$ ; а к группе  $Gb_5$  кодовых разрядов принадлежат кодовые разряды  $b_{12} - b_{15}$ .

Когда способом модуляции является 256QAM и множитель  $b$  равен 2,  $8 \times 2 (=mb)$  символьных раз-

рядов  $y_0 - y_{15}$  могут быть сгруппированы в четыре группы  $G_{y1}$ ,  $G_{y2}$ ,  $G_{y3}$  и  $G_{y4}$  символьных разрядов, как видно из фиг. 151, в соответствии с разницей в вероятности ошибок.

В части В по фиг. 151 к группе  $G_{y1}$  символьных разрядов принадлежат символьные разряды  $y_0$ ,  $y_1$ ,  $y_8$  и  $y_9$ ; к группе  $G_{y2}$  символьных разрядов принадлежат символьные разряды  $y_2$ ,  $y_3$ ,  $y_{10}$  и  $y_{11}$ ; к группе  $G_{y3}$  символьных разрядов принадлежат символьные разряды  $y_4$ ,  $y_5$ ,  $y_{12}$  и  $y_{13}$ ; а к группе  $G_{y4}$  символьных разрядов принадлежат символьные разряды  $y_6$ ,  $y_7$ ,  $y_{14}$  и  $y_{15}$ .

Фиг. 152 иллюстрирует правило назначения подходящего способа, когда код LDPC представляет собой предложенный код, а кроме того, способом модуляции является 256QAM и множитель  $b$  равен 2.

Согласно правилу назначения по фиг. 152 предписывается информация групповых наборов:  $(Gb_1, Gy_4, 1)$ ,  $(Gb_2, Gy_2, 1)$ ,  $(Gb_3, Gy_1, 2)$ ,  $(Gb_3, Gy_2, 2)$ ,  $(Gb_3, Gy_3, 2)$ ,  $(Gb_3, Gy_4, 2)$ ,  $(Gb_4, Gy_4, 1)$ ,  $(Gb_5, Gy_1, 2)$ ,  $(Gb_5, Gy_2, 1)$  и  $(Gb_5, Gy_3, 2)$ .

Поэтому согласно правилу назначения по фиг. 152 предписано:

назначать на основе информации  $(Gb_1, Gy_4, 1)$  группового набора один из кодовых разрядов в группе  $Gb_1$  кодовых разрядов, которая имеет наилучшую вероятность ошибок, одному из символьных разрядов группы  $Gy_4$  символьных разрядов, которая имеет четвёртую лучшую вероятность ошибок;

назначать на основе информации  $(Gb_2, Gy_2, 1)$  группового набора один из кодовых разрядов в группе  $Gb_2$  кодовых разрядов, которая имеет вторую лучшую вероятность ошибок, одному из символьных разрядов группы  $Gy_2$  символьных разрядов, которая имеет вторую лучшую вероятность ошибок;

назначать на основе информации  $(Gb_3, Gy_1, 2)$  группового набора два из кодовых разрядов в группе  $Gb_3$  кодовых разрядов, которая имеет третью лучшую вероятность ошибок, двум из символьных разрядов группы  $Gy_1$  символьных разрядов, которая имеет наилучшую вероятность ошибок;

назначать на основе информации  $(Gb_3, Gy_2, 2)$  группового набора два из кодовых разрядов в группе  $Gb_3$  кодовых разрядов, которая имеет третью лучшую вероятность ошибок, двум из символьных разрядов группы  $Gy_2$  символьных разрядов, которая имеет вторую лучшую вероятность ошибок;

назначать на основе информации  $(Gb_3, Gy_3, 2)$  группового набора два из кодовых разрядов в группе  $Gb_3$  кодовых разрядов, которая имеет третью лучшую вероятность ошибок, двум из символьных разрядов группы  $Gy_3$  символьных разрядов, которая имеет третью лучшую вероятность ошибок;

назначать на основе информации  $(Gb_3, Gy_4, 2)$  группового набора два из кодовых разрядов в группе  $Gb_3$  кодовых разрядов, которая имеет третью лучшую вероятность ошибок, двум из символьных разрядов группы  $Gy_4$  символьных разрядов, которая имеет четвёртую лучшую вероятность ошибок;

назначать на основе информации  $(Gb_4, Gy_4, 1)$  группового набора один из кодовых разрядов в группе  $Gb_4$  кодовых разрядов, которая имеет четвёртую лучшую вероятность ошибок, одному из символьных разрядов группы  $Gy_4$  символьных разрядов, которая имеет четвёртую лучшую вероятность ошибок;

назначать на основе информации  $(Gb_5, Gy_1, 2)$  группового набора два из кодовых разрядов в группе  $Gb_5$  кодовых разрядов, которая имеет пятую лучшую вероятность ошибок, двум из символьных разрядов группы  $Gy_1$  символьных разрядов, которая имеет наилучшую вероятность ошибок;

назначать на основе информации  $(Gb_5, Gy_2, 1)$  группового набора один из кодовых разрядов в группе  $Gb_5$  кодовых разрядов, которая имеет пятую лучшую вероятность ошибок, одному из символьных разрядов группы  $Gy_2$  символьных разрядов, которая имеет вторую лучшую вероятность ошибок; и

назначать на основе информации  $(Gb_5, Gy_3, 2)$  группового набора два из кодовых разрядов в группе  $Gb_5$  кодовых разрядов, которая имеет пятую лучшую вероятность ошибок, двум из символьных разрядов группы  $Gy_3$  символьных разрядов, которая имеет третью лучшую вероятность ошибок.

Фиг. 153 иллюстрирует пример замены кодовых разрядов в соответствии с правилом назначения по фиг. 152.

В частности, часть А по фиг. 153 иллюстрирует первый пример замены кодовых разрядов в соответствии с правилом назначения по фиг. 152, когда код LDPC является кодом LDPC с длиной  $N$  кода 64.800 и скоростью кодирования  $2/3$ , а кроме того, способом модуляции является 256QAM и множитель  $b$  равен 2.

Когда код LDPC является кодом LDPC с длиной  $N$  кода 64.800 и скоростью кодирования  $2/3$ , а кроме того, способом модуляции является 256QAM и множитель  $b$  равен 2, в демультимплексе 25 кодовые разряды, записанные в памяти 31 из  $64.800/(8 \times 2) \times (8 \times 2)$  битов в направлении столбца  $\times$  направлении строки считываются в блоке из  $8 \times 2 (=mb)$  битов в направлении строки и подаются в секцию 32 замены (фиг. 16 и 17).

Секция 32 замены заменяет  $8 \times 2 (=mb)$  кодовых разрядов  $b_0 - b_{15}$  в соответствии с правилом замены по фиг. 152 так, что  $8 \times 2$  кодовых разрядов  $b_0 - b_{15}$ , считанных из памяти 31, назначаются  $8 \times 2$  символьным разрядам  $y_0 - y_{15}$  двух  $(=b)$  следующих друг за другом символов, например, как видно в части А по фиг. 153.

В частности, секция 32 замены осуществляет замену для назначения:

кодового разряда  $b_0$  символному разряду  $u_7$ ,  
 кодового разряда  $b_1$  символному разряду  $u_2$ ,  
 кодового разряда  $b_2$  символному разряду  $u_9$ ,  
 кодового разряда  $b_3$  символному разряду  $u_0$ ,  
 кодового разряда  $b_4$  символному разряду  $u_4$ ,  
 кодового разряда  $b_5$  символному разряду  $u_6$ ,  
 кодового разряда  $b_6$  символному разряду  $u_{13}$ ,  
 кодового разряда  $b_7$  символному разряду  $u_3$ ,  
 кодового разряда  $b_8$  символному разряду  $u_{14}$ ,  
 кодового разряда  $b_9$  символному разряду  $u_{10}$ ,  
 кодового разряда  $b_{10}$  символному разряду  $u_{15}$ ,  
 кодового разряда  $b_{11}$  символному разряду  $u_5$ ,  
 кодового разряда  $b_{12}$  символному разряду  $u_8$ ,  
 кодового разряда  $b_{13}$  символному разряду  $u_{12}$ ,  
 кодового разряда  $b_{14}$  символному разряду  $u_{11}$  и  
 кодового разряда  $b_{15}$  символному разряду  $u_1$ .

Часть В по фиг. 153 иллюстрирует второй пример замены кодовых разрядов в соответствии с правилом назначения по фиг. 152, когда код LDPC является кодом LDPC с длиной  $N$  кода 64.800 и скоростью кодирования  $2/3$ , а кроме того, способом модуляции является 256QAM и множитель  $b$  равен 2.

Согласно части В по фиг. 153, секция 32 замены осуществляет для  $8 \times 2 (=mb)$  кодовых разрядов  $b_0 - b_{15}$ , считанных из памяти 31 в соответствии с правилом замены по фиг. 152, замену для назначения:

кодового разряда  $b_0$  символному разряду  $u_7$ ,  
 кодового разряда  $b_1$  символному разряду  $u_2$ ,  
 кодового разряда  $b_2$  символному разряду  $u_1$ ,  
 кодового разряда  $b_3$  символному разряду  $u_0$ ,  
 кодового разряда  $b_4$  символному разряду  $u_{13}$ ,  
 кодового разряда  $b_5$  символному разряду  $u_{12}$ ,  
 кодового разряда  $b_6$  символному разряду  $u_6$ ,  
 кодового разряда  $b_7$  символному разряду  $u_3$ ,  
 кодового разряда  $b_8$  символному разряду  $u_{15}$ ,  
 кодового разряда  $b_9$  символному разряду  $u_{11}$ ,  
 кодового разряда  $b_{10}$  символному разряду  $u_{14}$ ,  
 кодового разряда  $b_{11}$  символному разряду  $u_5$ ,  
 кодового разряда  $b_{12}$  символному разряду  $u_8$ ,  
 кодового разряда  $b_{13}$  символному разряду  $u_4$ ,  
 кодового разряда  $b_{14}$  символному разряду  $u_{10}$  и  
 кодового разряда  $b_{15}$  символному разряду  $u_9$ .

Здесь, оба режима замены кодовых разрядов  $b_i$  на символные разряды  $u_i$ , проиллюстрированных в части А по фиг. 153 и в части В по фиг. 153, соблюдают правило назначения по фиг. 152 (соответствуют правилу назначения).

Фиг. 154 и 155 иллюстрируют результаты моделирования BER, когда осуществлялся процесс замены по подходящему способу, описанный здесь выше со ссылкой на фиг. 151-153.

Следует отметить, что на фиг. 154 и 155 ось абсцисс указывает  $E_s/N_0$ , а ось ординат указывает BER. Далее, на фиг. 154 и 155 способом модуляции является 256QAM и множитель  $b$  равен 2.

Фиг. 154 иллюстрирует BER (представлено круглой меткой на чертеже), когда способ замены части А по фиг. 153 из подходящего способа описывался здесь выше со ссылкой на фиг. 151-153 для предложенного кода, и BER (представлено звёздочкой на чертеже), когда способ замены описывался со ссылкой на часть С по фиг. 60 (процесс замены по существующему способу) для кода LDPC (стандартного кода), который имеет длину  $N$  кода 64.800 и скорость кодирования  $2/3$  и предписан в стандарте DVB-S.2.

Из фиг. 154 можно видеть, что при осуществлении процесса замены подходящего способа для предложенного кода потолок ошибок можно значительно понизить, а устойчивость к ошибкам можно улучшить по сравнению с альтернативным случаем, в котором процесс замены по существующему способу осуществляется для стандартного кода.

Фиг. 155 иллюстрирует BER (указано круглой меткой на чертеже), когда осуществлялся процесс замены по подходящему способу для предложенного кода, и BER (указано звёздочкой на чертеже), когда осуществлялся процесс замены, описанный выше со ссылкой на фиг. 60 (процесс замены по существующему способу) для предложенного кода.

Из фиг. 155 можно видеть, что путём принятия процесса замены по подходящему способу BER можно сократить, а устойчивость к ошибкам можно улучшить по сравнению с альтернативным случаем, когда принят процесс замены по существующему случаю.

Специалистам следует понимать, что различные модификации, комбинации, подкомбинации и изменения могут происходить в зависимости от проектных требований и иных факторов, пока они находятся в объёме приложенной формулы изобретения или её эквивалентов.

#### ФОРМУЛА ИЗОБРЕТЕНИЯ

##### 1. Устройство обработки данных, содержащее

запоминающее устройство, имеющее емкость накопителя для сохранения  $mb$  битов в направлении строки и сохранения  $N/(mb)$  битов в направлении столбцов и выполненное с возможностью записи кодовых битов кода LDPC (низкой плотности с контролем чётности), имеющего длину кода в  $N$  битов, подаваемых в него, в направлении столбца для хранения кодовых битов в направлении строки и в направлении столбца, и считывания  $m$  битов из кодовых битов кода LDPC в направлении строки, при этом  $m$  битов кодовых битов для кода LDPC установлены как один символ и  $b$  представляет собой заданное положительное целое число; и

средство замены, соединенное с запоминающим устройством и выполненное с возможностью замены  $mb$  кодовых битов, чтобы эти кодовые биты после замены образовали биты символов, представляющие символы, когда  $mb$  кодовых разрядов, считанных в направлении строки запоминающего устройства, устанавливаются в качестве  $b$  символов;

в котором код LDPC является кодом LDPC, который имеет длину кода  $N$ , равную 64.800, и имеет скорость кодирования  $2/3$ ;

$m$  битов равны 8 битам, тогда как целое число  $b$  равно 2;

8 кодовых битов отображаются в качестве одного символа в одну из 256 сигнальных точек, предписанных в 256QAM (квадратурная амплитудная модуляция);

упомянутое запоминающее устройство имеет 16 столбцов для хранения  $8 \times 2$  битов в направлении строки и хранения  $64.800/(8 \times 2)$  битов в направлении столбца; и

упомянутое средство замены выполнено с возможностью замены для назначения

бита  $b_0$  биту  $y_7$ ,

бита  $b_1$  биту  $y_2$ ,

бита  $b_2$  биту  $y_9$ ,

бита  $b_3$  биту  $y_0$ ,

бита  $b_4$  биту  $y_4$ ,

бита  $b_5$  биту  $y_6$ ,

бита  $b_6$  биту  $y_{13}$ ,

бита  $b_7$  биту  $y_3$ ,

бита  $b_8$  биту  $y_{14}$ ,

бита  $b_9$  биту  $y_{10}$ ,

бита  $b_{10}$  биту  $y_{15}$ ,

бита  $b_{11}$  биту  $y_5$ ,

бита  $b_{12}$  биту  $y_8$ ,

бита  $b_{13}$  биту  $y_{12}$ ,

бита  $b_{14}$  биту  $y_{11}$  и

бита  $b_{15}$  биту  $y_1$ ,

когда  $(i+1)$ -й бит из старшего значащего бита из  $8 \times 2$  кодовых битов, считанных в направлении строки запоминающего устройства, представляется как бит  $b_i$ , а  $(i+1)$ -й бит из старшего значащего бита из  $8 \times 2$  битов символов двух следующих друг за другом символов представляется как бит  $y_i$ ;

и в котором матрица проверки на чётность этого кода LDPC выполнена так, что элементы со значе-

нием 1 информационной матрицы, которая соответствует длине кода матрицы проверки на чётность и информационной длине, соответствующей скорости кодирования, разрешаемой по таблице начальных значений матрицы проверки на чётность, представляющей положения элементов со значением 1 информационной матрицы, размещены с периодом каждые 360 столбцов в вертикальном направлении запоминающего устройства,

таблица начальных значений матрицы проверки на чётность образована из

317 2255 2324 2723 3538 3576 6194 6700 9101 10057 12739 17407 21039  
 1958 2007 3294 4394 12762 14505 14593 14692 16522 17737 19245 21272 21379  
 127 860 5001 5633 8644 9282 12690 14644 17553 19511 19681 20954 21002  
 2514 2822 5781 6297 8063 9469 9551 11407 11837 12985 15710 20236 20393  
 1565 3106 4659 4926 6495 6872 7343 8720 15785 16434 16727 19884 21325  
 706 3220 8568 10896 12486 13663 16398 16599 19475 19781 20625 20961 21335  
 4257 10449 12406 14561 16049 16522 17214 18029 18033 18802 19062 19526 20748  
 412 433 558 2614 2978 4157 6584 9320 11683 11819 13024 14486 16860  
 777 5906 7403 8550 8717 8770 11436 12846 13629 14755 15688 16392 16419  
 4093 5045 6037 7248 8633 9771 10260 10809 11326 12072 17516 19344 19938  
 2120 2648 3155 3852 6888 12258 14821 15359 16378 16437 17791 20614 21025  
 1085 2434 5816 7151 8050 9422 10884 12728 15353 17733 18140 18729 20920  
 856 1690 12787  
 6532 7357 9151  
 4210 16615 18152  
 11494 14036 17470  
 2474 10291 10323  
 1778 6973 10739

4347 9570 18748  
2189 11942 20666  
3868 7526 17706  
8780 14796 18268  
160 16232 17399  
1285 2003 18922  
4658 17331 20361  
2765 4862 5875  
4565 5521 8759  
3484 7305 15829  
5024 17730 17879  
7031 12346 15024  
179 6365 11352  
2490 3143 5098  
2643 3101 21259  
4315 4724 13130  
594 17365 18322  
5983 8597 9627  
10837 15102 20876  
10448 20418 21478  
3848 12029 15228  
708 5652 13146  
5998 7534 16117  
2098 13201 18317  
9186 14548 17776  
5246 10398 18597  
3083 4944 21021  
13726 18495 19921  
6736 10811 17545  
10084 12411 14432  
1064 13555 17033  
679 9878 13547  
3422 9910 20194  
3640 3701 10046  
5862 10134 11498

5923 9580 15060  
1073 3012 16427  
5527 20113 20883  
7058 12924 15151  
9764 12230 17375  
772 7711 12723  
555 13816 15376  
10574 11268 17932  
15442 17266 20482  
390 3371 8781  
10512 12216 17180  
4309 14068 15783  
3971 11673 20009  
9259 14270 17199  
2947 5852 20101  
3965 9722 15363  
1429 5689 16771  
6101 6849 12781  
3676 9347 18761  
350 11659 18342  
5961 14803 16123  
2113 9163 13443  
2155 9808 12885  
2861 7988 11031  
7309 9220 20745  
6834 8742 11977  
2133 12908 14704  
10170 13809 18153  
13464 14787 14975  
799 1107 3789  
3571 8176 10165  
5433 13446 15481  
3351 6767 12840  
8950 8974 11650  
1430 4250 21332

6283 10628 15050  
 8632 14404 16916  
 6509 10702 16278  
 15900 16395 17995  
 8031 18420 19733  
 3747 4634 17087  
 4453 6297 16262  
 2792 3513 17031  
 14846 20893 21563  
 17220 20436 21337  
 275 4107 10497  
 3536 7520 10027  
 14089 14943 19455  
 1965 3931 21104  
 2439 11565 17932  
 154 15279 21414  
 10017 11269 16546  
 7169 10161 16928  
 10284 16791 20655  
 36 3175 8475  
 2605 16269 19290  
 8947 9178 15420  
 5687 9156 12408  
 8096 9738 14711  
 4935 8093 19266  
 2667 10062 15972  
 6389 11318 14417  
 8800 18137 18434  
 5824 5927 15314  
 6056 13168 15179  
 3284 13138 18919  
 13115 17259 17332.

2. Способ обработки данных, выполняемый устройством обработки данных по п.1, содержащий этапы, на которых

записывают кодовые биты кода LDPC (низкой плотности с контролем чётности), имеющего длину кода в  $N$  битов в направлении столбца для хранения кодовых разрядов в направлении строки и в направлении столбца запоминающего устройства, имеющего емкость накопителя, требуемую для сохранения  $mb$  битов в направлении строки и сохранения  $N/(mb)$  битов в направлении столбцов;

считывают  $m$  битов из кодовых разрядов кода LDPC в направлении строки, при этом  $m$  битов кодовых битов для кода LDPC установлены как один символ и  $b$  представляет собой заданное положительное целое число; и

осуществляют замену  $mb$  кодовых битов, чтобы эти кодовые биты после замены образовали биты символов, представляющие символы, когда  $mb$  кодовых разрядов, считанных в направлении строки запоминающего средства, устанавливаются в качестве  $b$  символов;

в котором код LDPC является кодом LDPC, который имеет длину кода  $N$ , равную 64.800, и имеет скорость кодирования  $2/3$ ;

$m$  битов равны 8 битам, тогда как целое число  $b$  равно 2;

8 кодовых битов отображаются в качестве одного символа в одну из 256 сигнальных точек, предписанных в 256QAM;

запоминающее устройство имеет 16 столбцов для хранения  $8 \times 2$  битов в направлении строки и хранения  $64.800/(8 \times 2)$  битов в направлении столбца;

на этапе замены осуществляет замену для назначения

бита  $b_0$  биту  $y_7$ ,  
 бита  $b_1$  биту  $y_2$ ,  
 бита  $b_2$  биту  $y_9$ ,  
 бита  $b_3$  биту  $y_0$ ,  
 бита  $b_4$  биту  $y_4$ ,  
 бита  $b_5$  биту  $y_6$ ,  
 бита  $b_6$  биту  $y_{13}$ ,  
 бита  $b_7$  биту  $y_3$ ,  
 бита  $b_8$  биту  $y_{14}$ ,  
 бита  $b_9$  биту  $y_{10}$ ,  
 бита  $b_{10}$  биту  $y_{15}$ ,  
 бита  $b_{11}$  биту  $y_5$ ,  
 бита  $b_{12}$  биту  $y_8$ ,  
 бита  $b_{13}$  биту  $y_{12}$ ,  
 бита  $b_{14}$  биту  $y_{11}$  и  
 бита  $b_{15}$  биту  $y_1$ ,

когда  $(i+1)$ -й бит из старшего значащего бита из  $8 \times 2$  кодовых битов, считанных в направлении строки запоминающего устройства, представляется как бит  $b_i$ , а  $(i+1)$ -й бит из старшего значащего бита из  $8 \times 2$  битов символов двух следующих друг за другом символов представляется как бит  $y_i$ ;

и в котором матрица проверки на чётность этого кода LDPC выполнена так, что элементы со значением 1 информационной матрицы, которая соответствует длине кода матрицы проверки на чётность и информационной длине, соответствующей скорости кодирования, разрешаемой по таблице начальных значений матрицы проверки на чётность, представляющей положения элементов со значением 1 информационной матрицы, размещены с периодом каждые 360 столбцов в направлении столбцов,

таблица начальных значений матрицы проверки на чётность образована из

**021966**

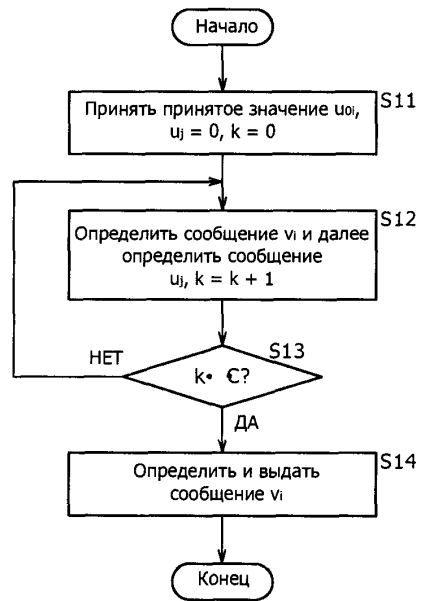
317 2255 2324 2723 3538 3576 6194 6700 9101 10057 12739 17407 21039  
1958 2007 3294 4394 12762 14505 14593 14692 16522 17737 19245 21272 21379  
127 860 5001 5633 8644 9282 12690 14644 17553 19511 19681 20954 21002  
2514 2822 5781 6297 8063 9469 9551 11407 11837 12985 15710 20236 20393  
1565 3106 4659 4926 6495 6872 7343 8720 15785 16434 16727 19884 21325  
706 3220 8568 10896 12486 13663 16398 16599 19475 19781 20625 20961 21335  
4257 10449 12406 14561 16049 16522 17214 18029 18033 18802 19062 19526 20748  
412 433 558 2614 2978 4157 6584 9320 11683 11819 13024 14486 16860  
777 5906 7403 8550 8717 8770 11436 12846 13629 14755 15688 16392 16419  
4093 5045 6037 7248 8633 9771 10260 10809 11326 12072 17516 19344 19938  
2120 2648 3155 3852 6888 12258 14821 15359 16378 16437 17791 20614 21025  
1085 2434 5816 7151 8050 9422 10884 12728 15353 17733 18140 18729 20920  
856 1690 12787  
6532 7357 9151  
4210 16615 18152  
11494 14036 17470  
2474 10291 10323  
1778 6973 10739  
4347 9570 18748  
2189 11942 20666  
3868 7526 17706  
8780 14796 18268  
160 16232 17399  
1285 2003 18922

4658 17331 20361  
2765 4862 5875  
4565 5521 8759  
3484 7305 15829  
5024 17730 17879  
7031 12346 15024  
179 6365 11352  
2490 3143 5098  
2643 3101 21259  
4315 4724 13130  
594 17365 18322  
5983 8597 9627  
10837 15102 20876  
10448 20418 21478  
3848 12029 15228  
708 5652 13146  
5998 7534 16117  
2098 13201 18317  
9186 14548 17776  
5246 10398 18597  
3083 4944 21021  
13726 18495 19921  
6736 10811 17545  
10084 12411 14432  
1064 13555 17033  
679 9878 13547  
3422 9910 20194  
3640 3701 10046  
5862 10134 11498  
5923 9580 15060  
1073 3012 16427  
5527 20113 20883  
7058 12924 15151  
9764 12230 17375  
772 7711 12723

555 13816 15376  
10574 11268 17932  
15442 17266 20482  
390 3371 8781  
10512 12216 17180  
4309 14068 15783  
3971 11673 20009  
9259 14270 17199  
2947 5852 20101  
3965 9722 15363  
1429 5689 16771  
6101 6849 12781  
3676 9347 18761  
350 11659 18342  
5961 14803 16123  
2113 9163 13443  
2155 9808 12885  
2861 7988 11031  
7309 9220 20745  
6834 8742 11977  
2133 12908 14704  
10170 13809 18153  
13464 14787 14975  
799 1107 3789  
3571 8176 10165  
5433 13446 15481  
3351 6767 12840  
8950 8974 11650  
1430 4250 21332  
6283 10628 15050  
8632 14404 16916  
6509 10702 16278  
15900 16395 17995  
8031 18420 19733  
3747 4634 17087

$$H = \begin{bmatrix} \vdots & \vdots & \vdots \\ \cdots & 1 & \cdots & \cdots & 1 & \cdots & \cdots & 1 & \cdots & \cdots & 1 \\ \vdots & \vdots & \vdots \end{bmatrix}$$

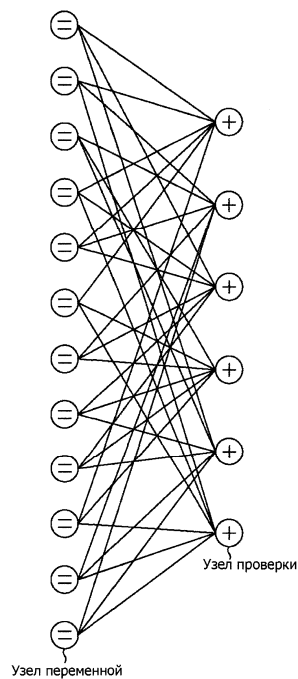
- 88 -



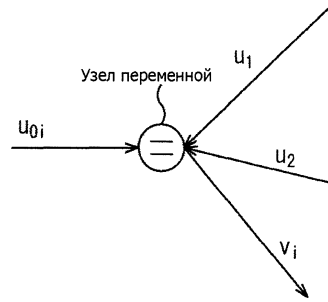
Фиг. 2

$$H = \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 \\ 1 & 1 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 \\ 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 1 & 1 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 0 & 1 & 1 & 0 & 0 & 1 \\ 1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & 0 & 1 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 1 & 1 & 1 & 0 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

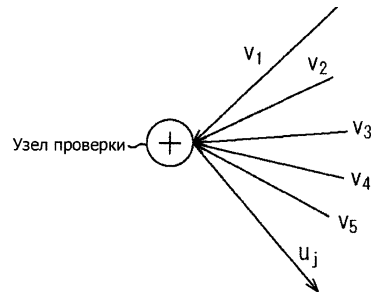
Фиг. 3



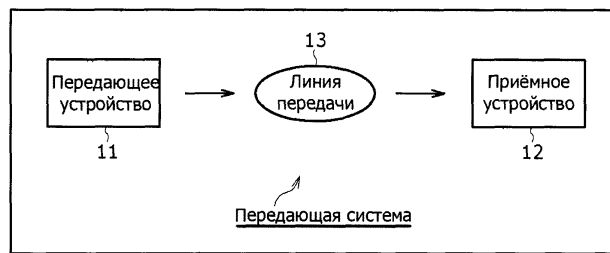
Фиг. 4



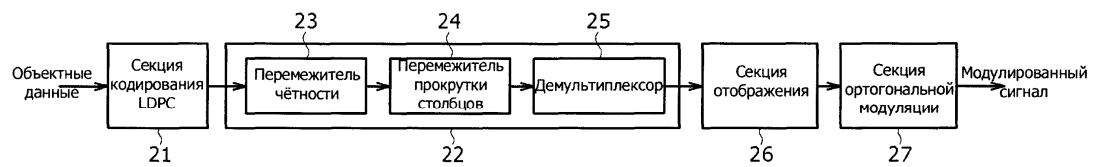
Фиг. 5



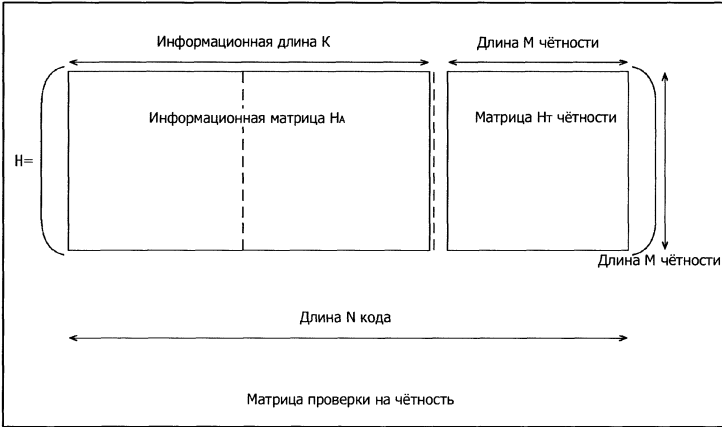
Фиг. 6



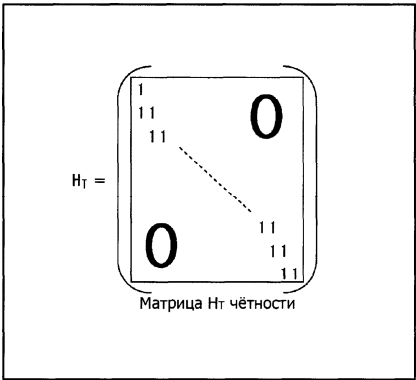
Фиг. 7



↑  
11  
Фиг. 8



Фиг. 9



Фиг. 10

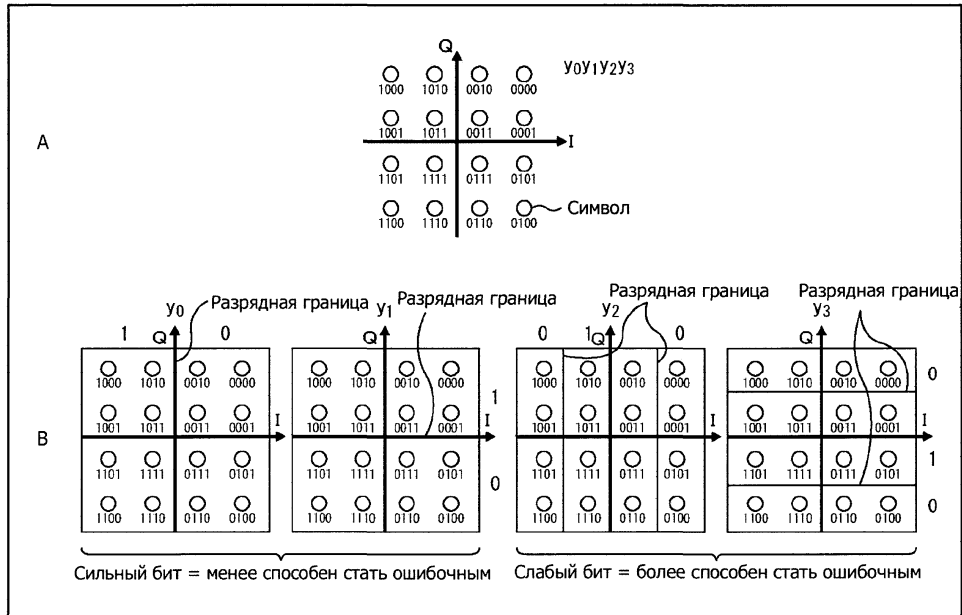
А Матрица проверки на чётность

| Информационная матрица H <sub>A</sub> |               |  |  |  | Матрица H <sub>T</sub> чётности |   |  |   |
|---------------------------------------|---------------|--|--|--|---------------------------------|---|--|---|
| X                                     | Вес столбца 3 |  |  |  | Вес столбца 2                   | 1 |  |   |
| KX                                    | K3            |  |  |  | M-1                             | 1 |  | M |

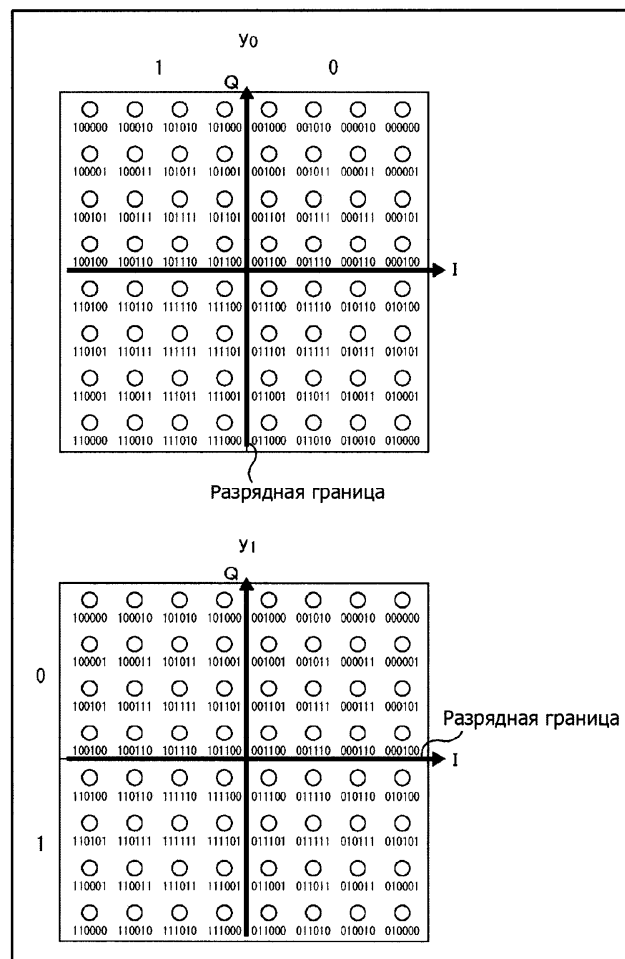
В Число столбцов веса столбцов

| Номинальная скорость кодирования | N=64800 |       |       |       | N=16200 |      |       |       |
|----------------------------------|---------|-------|-------|-------|---------|------|-------|-------|
|                                  | X       | KX    | K3    | M     | x       | KX   | K3    | M     |
| 1/4                              | 12      | 5400  | 10800 | 48600 | 12      | 1440 | 1800  | 12960 |
| 1/3                              | 12      | 7200  | 14400 | 43200 | 12      | 1800 | 3600  | 10800 |
| 2/5                              | 12      | 8640  | 17280 | 38880 | 12      | 2160 | 4320  | 9720  |
| 1/2                              | 8       | 12960 | 19440 | 32400 | 8       | 1800 | 5400  | 9000  |
| 3/5                              | 12      | 12960 | 25920 | 25920 | 12      | 3240 | 6480  | 6480  |
| 2/3                              | 13      | 4320  | 38880 | 21600 | 13      | 1080 | 9720  | 5400  |
| 3/4                              | 12      | 5400  | 43200 | 16200 | 12      | 360  | 11520 | 4320  |
| 4/5                              | 11      | 6480  | 45360 | 12960 | —       | 0    | 12600 | 3600  |
| 5/6                              | 13      | 5400  | 48600 | 10800 | 13      | 360  | 12960 | 2880  |
| 8/9                              | 4       | 7200  | 50400 | 7200  | 4       | 1800 | 12600 | 1800  |
| 9/10                             | 4       | 6480  | 51840 | 6480  | —       | —    | —     | —     |

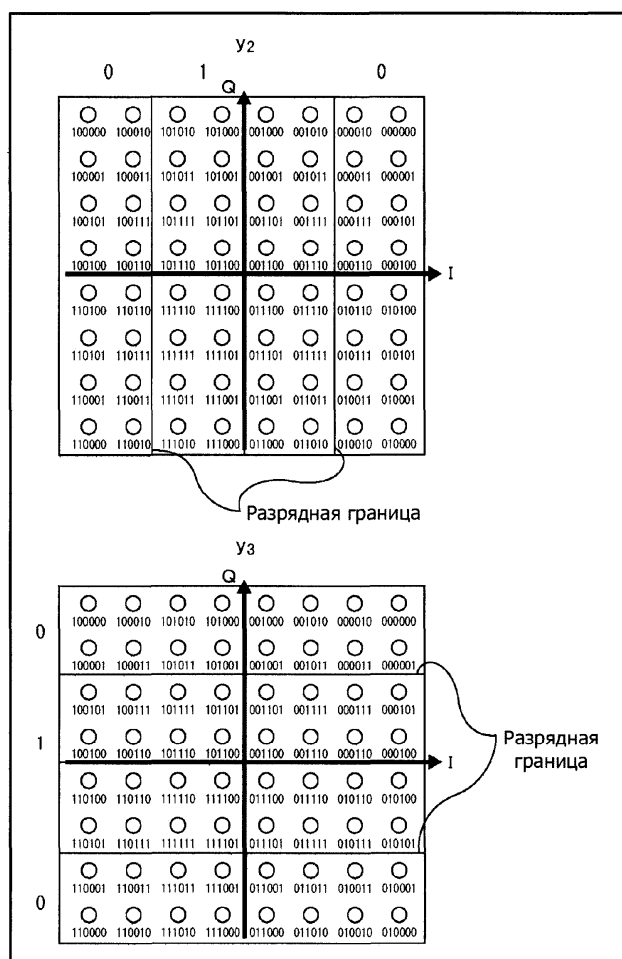
Фиг. 11



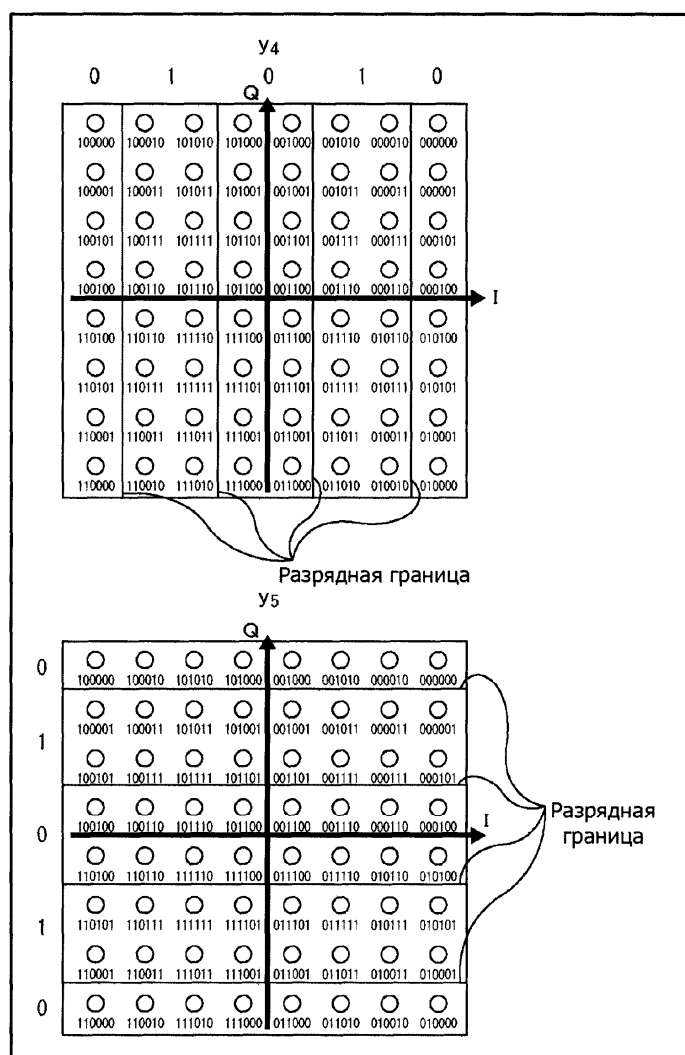
Фиг. 12



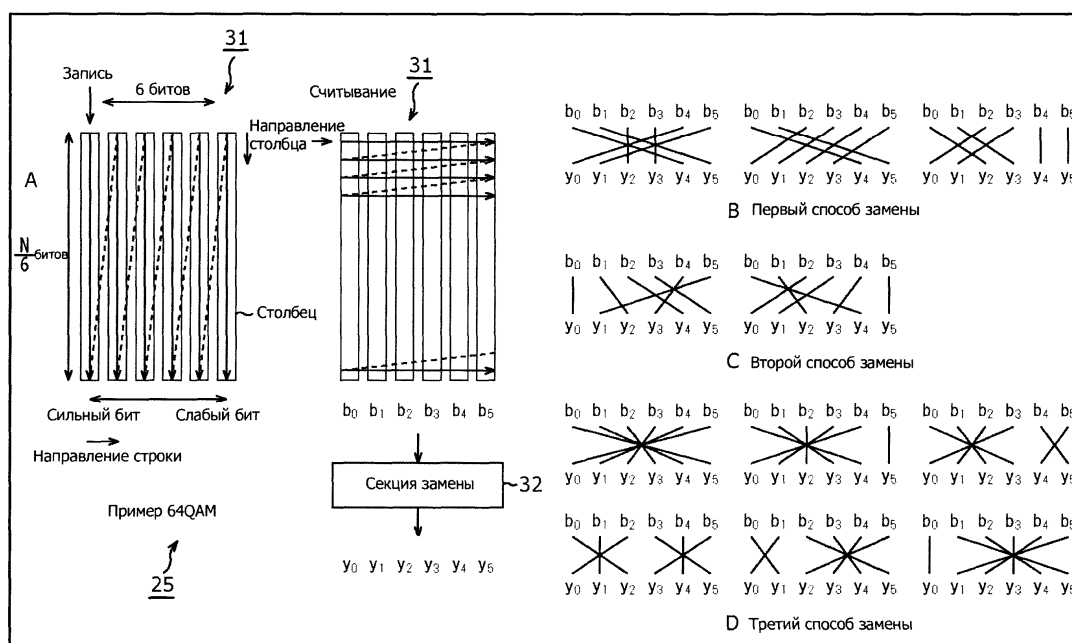
Фиг. 13



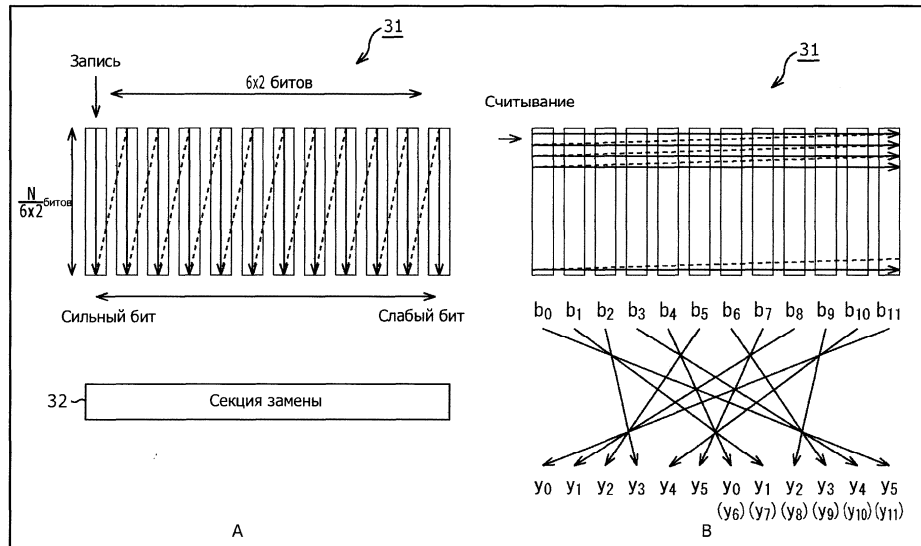
Фиг. 14



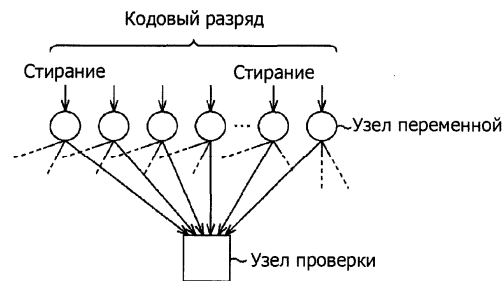
Фиг. 15



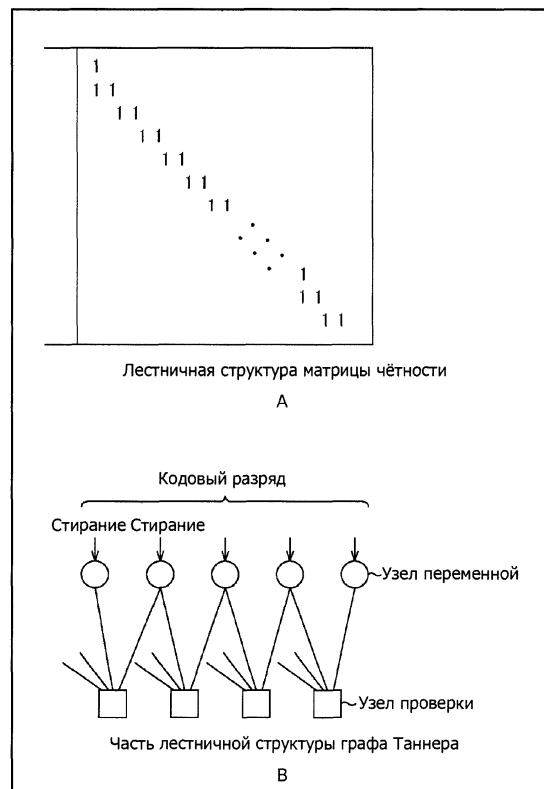
Фиг. 16



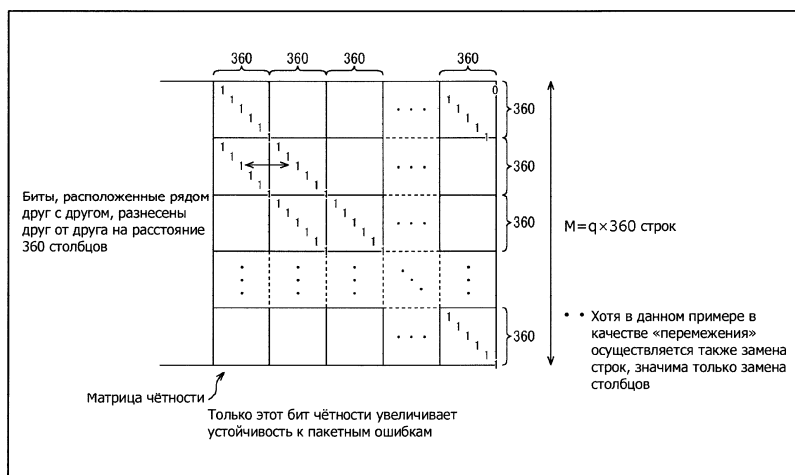
Фиг. 17



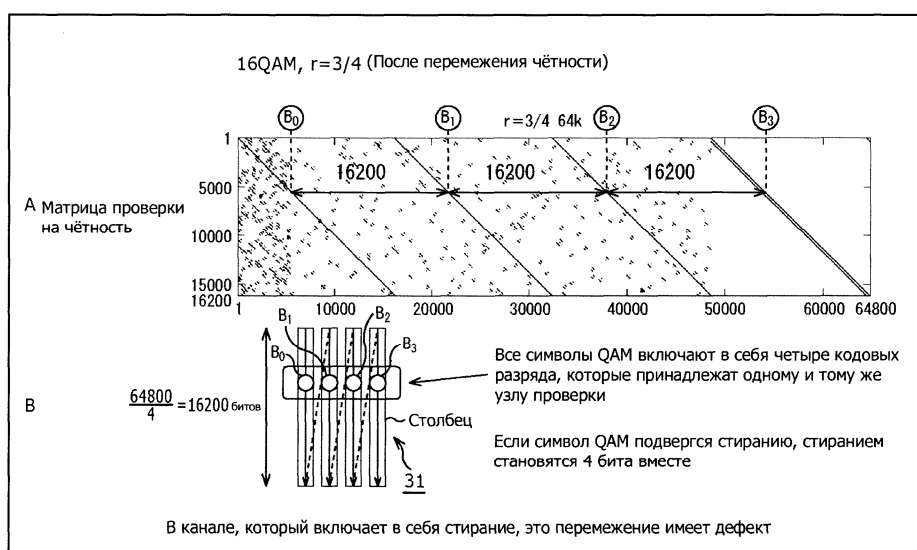
Фиг. 18



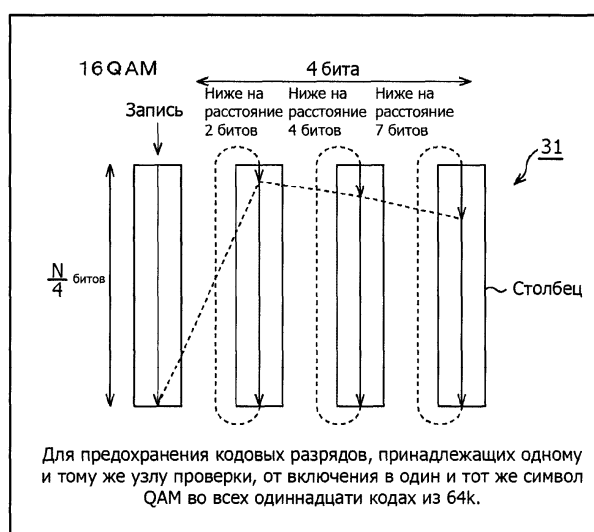
Фиг. 19



Фиг. 20



Фиг. 21



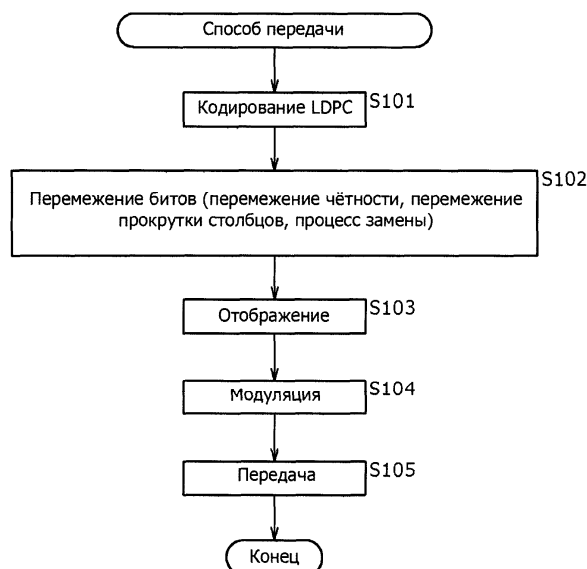
Фиг. 22

| Требуемое<br>число тб<br>столбцов<br>памяти | $b=1$<br>Способы<br>замены с<br>первого по<br>третий | $b=2$<br>Четвёр-<br>тый<br>способ<br>замены | Начальная позиция записи в тб столбцах |   |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|---------------------------------------------|------------------------------------------------------|---------------------------------------------|----------------------------------------|---|---|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
|                                             |                                                      |                                             | 1                                      | 2 | 3 | 4 | 5  | 6  | 7  | 8  | 9  | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 |
| 2                                           | QPSK                                                 |                                             | 0                                      | 2 |   |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| 4                                           | 16QAM                                                | QPSK                                        | 0                                      | 2 | 4 | 7 |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| 6                                           | 64QAM                                                |                                             | 0                                      | 2 | 5 | 9 | 10 | 13 |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| 8                                           | 256QAM                                               | 16QAM                                       | 0                                      | 0 | 2 | 4 | 4  | 5  | 7  | 7  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| 10                                          | 1024QAM                                              |                                             | 0                                      | 3 | 6 | 8 | 11 | 13 | 15 | 17 | 18 | 20 |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| 12                                          | 4096QAM                                              | 64QAM                                       | 0                                      | 0 | 2 | 2 | 3  | 4  | 4  | 5  | 5  | 7  | 8  | 9  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| 16                                          |                                                      | 256QAM                                      | 0                                      | 2 | 2 | 2 | 2  | 3  | 7  | 15 | 16 | 20 | 22 | 22 | 27 | 27 | 28 | 32 |    |    |    |    |    |    |    |    |
| 20                                          |                                                      | 1024QAM                                     | 0                                      | 1 | 3 | 4 | 5  | 6  | 6  | 9  | 13 | 14 | 14 | 16 | 21 | 21 | 23 | 25 | 25 | 26 | 28 | 30 |    |    |    |    |
| 24                                          |                                                      | 4096QAM                                     | 0                                      | 5 | 8 | 8 | 8  | 8  | 10 | 10 | 10 | 12 | 13 | 16 | 17 | 19 | 21 | 22 | 23 | 26 | 37 | 39 | 40 | 41 | 41 | 41 |

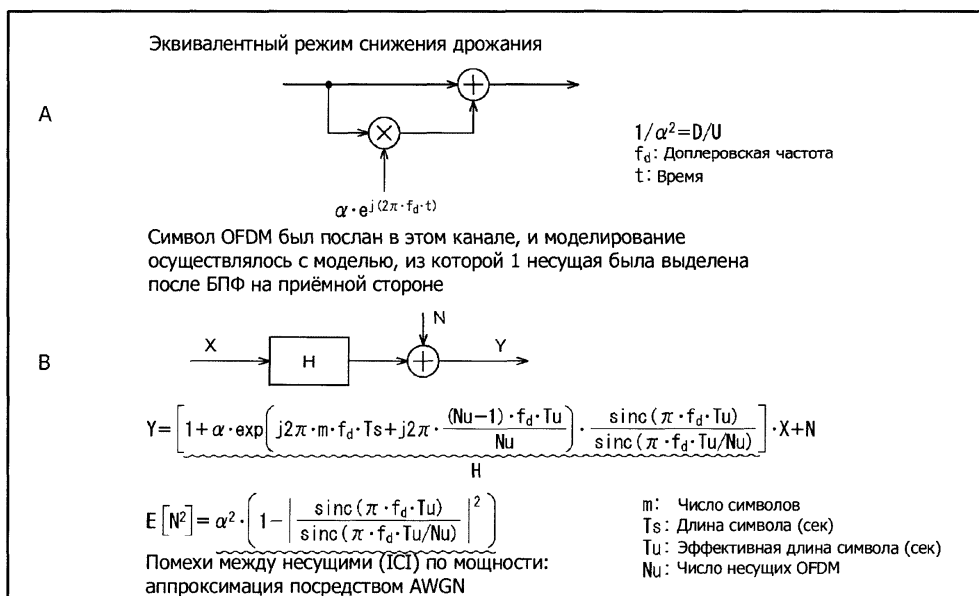
Фиг. 23

| Требуемое<br>число тб<br>столбцов<br>памяти | $b=1$<br>Способы<br>замены с<br>первого по<br>третий | $b=2$<br>Четвёр-<br>тый<br>способ<br>замены | Начальная позиция записи в тб столбцах |   |   |   |   |    |    |    |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|---------------------------------------------|------------------------------------------------------|---------------------------------------------|----------------------------------------|---|---|---|---|----|----|----|---|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
|                                             |                                                      |                                             | 1                                      | 2 | 3 | 4 | 5 | 6  | 7  | 8  | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 | 23 | 24 |
| 2                                           | QPSK                                                 |                                             | 0                                      | 0 |   |   |   |    |    |    |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| 4                                           | 16QAM                                                | QPSK                                        | 0                                      | 2 | 3 | 3 |   |    |    |    |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| 6                                           | 64QAM                                                |                                             | 0                                      | 0 | 2 | 3 | 7 | 7  |    |    |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| 8                                           | 256QAM                                               | 16QAM                                       | 0                                      | 0 | 0 | 1 | 7 | 20 | 20 | 21 |   |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| 10                                          | 1024QAM                                              |                                             | 0                                      | 1 | 2 | 2 | 3 | 3  | 4  | 4  | 5 | 7  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| 12                                          | 4096QAM                                              | 64QAM                                       | 0                                      | 0 | 0 | 2 | 2 | 2  | 3  | 3  | 3 | 6  | 7  | 7  |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
| 20                                          |                                                      | 1024QAM                                     | 0                                      | 0 | 0 | 2 | 2 | 2  | 2  | 2  | 5 | 5  | 5  | 5  | 5  | 7  | 7  | 7  | 7  | 8  | 8  | 10 |    |    |    |    |
| 24                                          |                                                      | 4096QAM                                     | 0                                      | 0 | 0 | 0 | 0 | 0  | 0  | 1  | 1 | 1  | 2  | 2  | 2  | 3  | 7  | 9  | 9  | 9  | 10 | 10 | 10 | 10 | 10 | 11 |

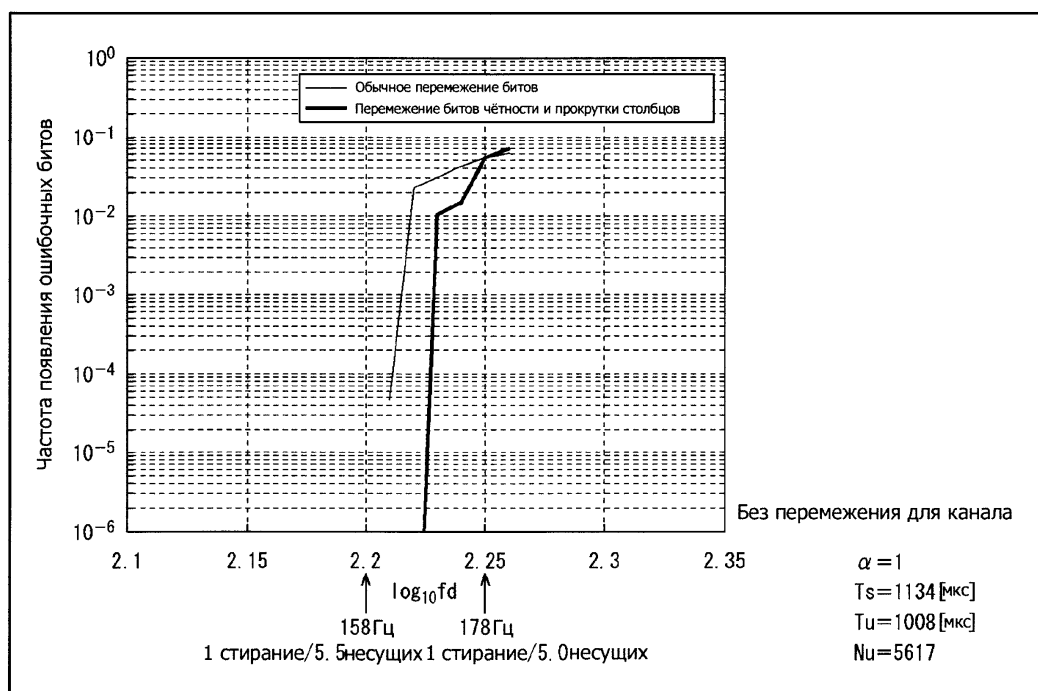
Фиг. 24



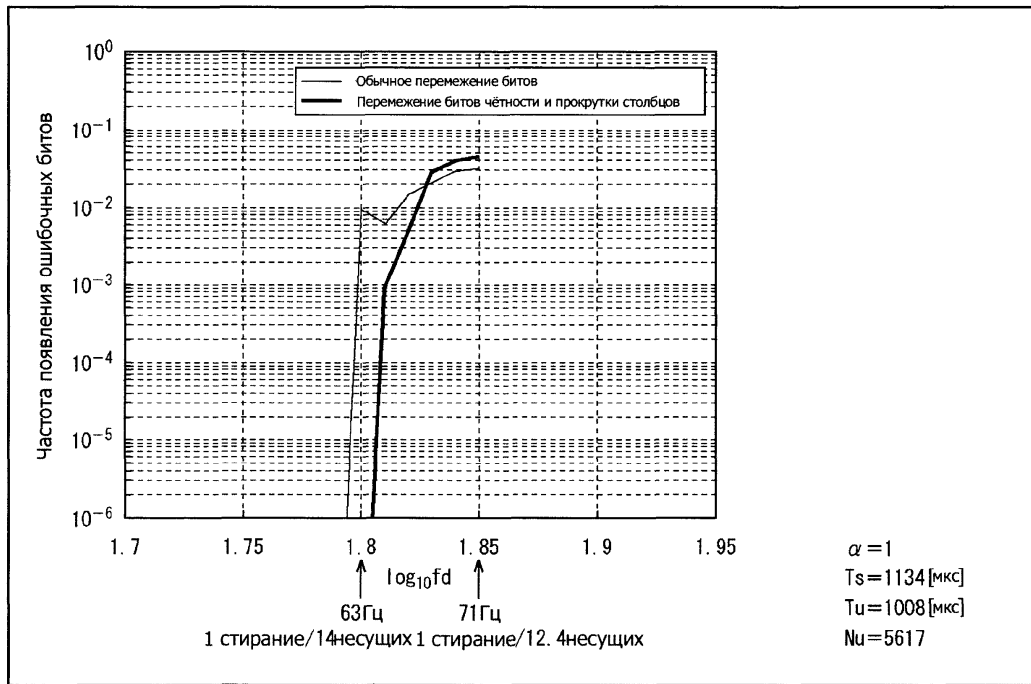
Фиг. 25



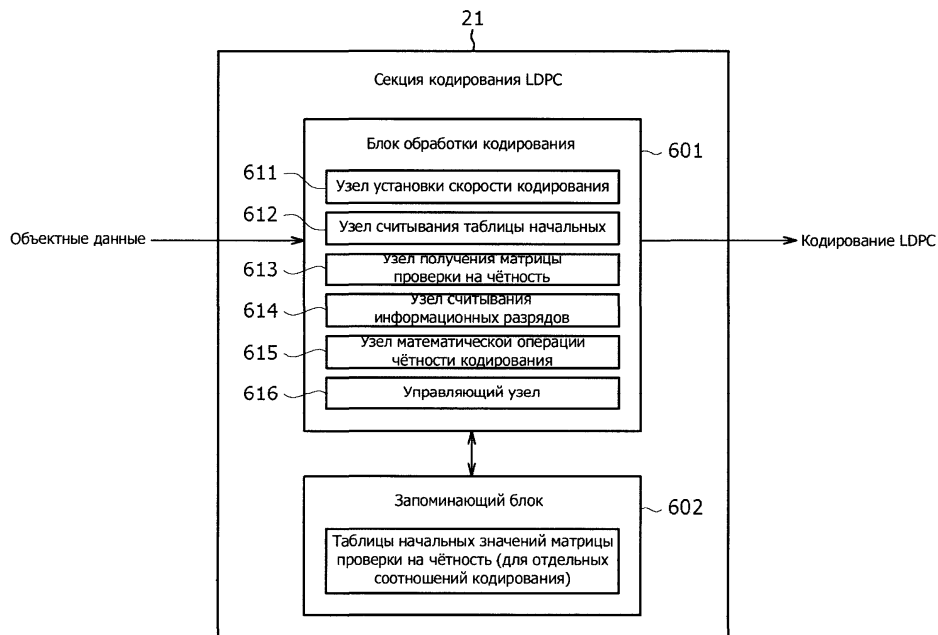
Фиг. 26



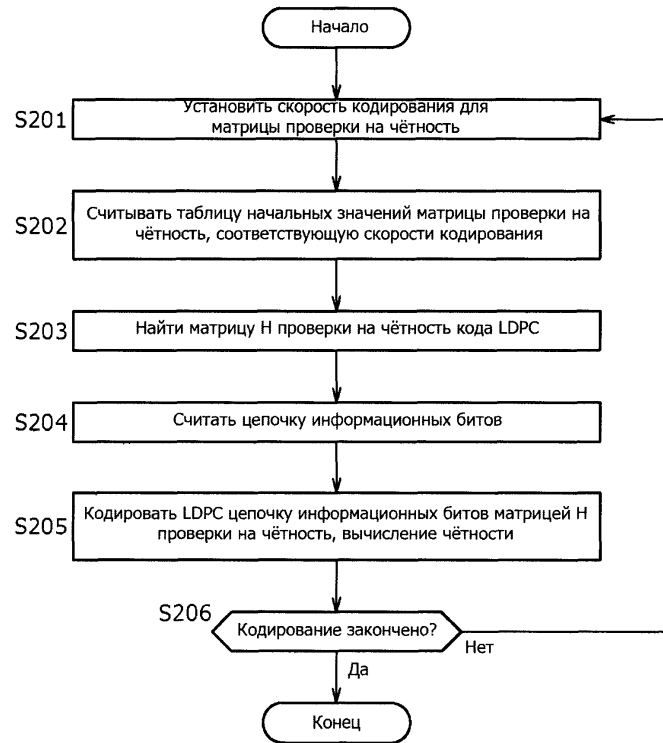
Фиг. 27



Фиг. 28



Фиг. 29



Фиг. 30

|          |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |  |
|----------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|--|--|
| r2/3 16K |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |  |
| 0        | 2084 | 1613 | 1548 | 1286 | 1460 | 3196 | 4297 | 2481 | 3369 | 3451 | 4620 | 2622 |  |  |
| 1        | 122  | 1516 | 3448 | 2880 | 1407 | 1847 | 3799 | 3529 | 373  | 971  | 4358 | 3108 |  |  |
| 2        | 259  | 3399 | 929  | 2650 | 864  | 3996 | 3833 | 107  | 5287 | 164  | 3125 | 2350 |  |  |
| 3        | 342  | 3529 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |  |
| 4        | 4198 | 2147 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |  |
| 5        | 1880 | 4836 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |  |
| 6        | 3864 | 4910 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |  |
| 7        | 243  | 1542 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |  |
| 8        | 3011 | 1436 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |  |
| 9        | 2167 | 2512 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |  |
| 10       | 4606 | 1003 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |  |
| 11       | 2835 | 705  |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |  |
| 12       | 3426 | 2365 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |  |
| 13       | 3848 | 2474 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |  |
| 14       | 1360 | 1743 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |  |
| 0        | 163  | 2536 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |  |
| 1        | 2583 | 1180 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |  |
| 2        | 1542 | 509  |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |  |
| 3        | 4418 | 1005 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |  |
| 4        | 5212 | 5117 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |  |
| 5        | 2155 | 2922 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |  |
| 6        | 347  | 2696 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |  |
| 7        | 226  | 4296 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |  |
| 8        | 1560 | 487  |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |  |
| 9        | 3926 | 1640 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |  |
| 10       | 149  | 2928 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |  |
| 11       | 2364 | 563  |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |  |
| 12       | 635  | 688  |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |  |
| 13       | 231  | 1684 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |  |
| 14       | 1129 | 3894 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |  |

Таблица начальных значений матрицы проверки на чётность, где  $r = \frac{2}{3}$ ,  $N = 16200$ 

Фиг. 31

Таблица начальных значений матрицы проверки на чётность, где  $r = \frac{2}{3}$ ,  $N = 64800$

| r2/3 64K |                                                                     |
|----------|---------------------------------------------------------------------|
| 0        | 10491 16043 506 12826 8065 8226 2767 240 18673 9279 10579 20928     |
| 1        | 17819 8313 6433 6224 5120 5824 12812 17187 9940 13447 13825 18483   |
| 2        | 17957 6024 8681 18628 12794 5915 14576 10970 12064 20437 4455 7151  |
| 3        | 19777 6183 9972 14536 8182 17749 11341 5556 4379 17434 15477 18532  |
| 4        | 4651 19689 1608 659 16707 14335 6143 3058 14618 17894 20684 5306    |
| 5        | 9778 2552 12096 12369 15198 16890 4851 3109 1700 18725 1997 15882   |
| 6        | 486 6111 13743 11537 5591 7433 15227 14145 1483 3887 17431 12430    |
| 7        | 20647 14311 11734 4180 8110 5525 12141 15761 18661 18441 10569 8192 |
| 8        | 3791 14759 15264 19918 10132 9062 10010 12786 10675 9682 19246 5454 |
| 9        | 19525 9485 7777 19999 8378 9209 3163 20232 6690 16518 716 7353      |
| 10       | 4588 6709 20202 10905 915 4317 11073 13576 16433 368 3508 21171     |
| 11       | 14072 4033 19959 12608 631 19494 14160 8249 10223 21504 12395 4322  |
| 12       | 13800 14161                                                         |
| 13       | 2948 9647                                                           |
| 14       | 14693 16027                                                         |
| 15       | 20506 11082                                                         |
| 16       | 1143 9020                                                           |
| 17       | 13501 4014                                                          |
| 18       | 1548 2190                                                           |
| 19       | 12216 21556                                                         |
| 20       | 2095 19897                                                          |
| 21       | 4189 7958                                                           |
| 22       | 15940 10048                                                         |
| 23       | 515 12614                                                           |
| 24       | 8501 8450                                                           |
| 25       | 17595 16784                                                         |
| 26       | 5913 8495                                                           |
| 27       | 16394 10423                                                         |
| 28       | 7409 6981                                                           |
| 29       | 6678 15939                                                          |
| 30       | 20344 12987                                                         |
| 31       | 2510 14588                                                          |
| 32       | 17918 6655                                                          |
| 33       | 6703 19451                                                          |
| 34       | 496 4217                                                            |
| 35       | 7290 5766                                                           |
| 36       | 10521 8925                                                          |
| 37       | 20379 11905                                                         |
| 38       | 4090 5838                                                           |
| 39       | 19082 17040                                                         |

Фиг. 32

|    |       |       |
|----|-------|-------|
| 40 | 20233 | 12352 |
| 41 | 19365 | 19546 |
| 42 | 6249  | 19030 |
| 43 | 11037 | 19193 |
| 44 | 19760 | 11772 |
| 45 | 19644 | 7428  |
| 46 | 16076 | 3521  |
| 47 | 11779 | 21062 |
| 48 | 13062 | 9682  |
| 49 | 8934  | 5217  |
| 50 | 11087 | 3319  |
| 51 | 18892 | 4356  |
| 52 | 7894  | 3898  |
| 53 | 5963  | 4360  |
| 54 | 7346  | 11726 |
| 55 | 5182  | 5609  |
| 56 | 2412  | 17295 |
| 57 | 9845  | 20494 |
| 58 | 6687  | 1864  |
| 59 | 20564 | 5216  |
| 0  | 18226 | 17207 |
| 1  | 9380  | 8266  |
| 2  | 7073  | 3065  |
| 3  | 18252 | 13437 |
| 4  | 9161  | 15642 |
| 5  | 10714 | 10153 |
| 6  | 11585 | 9078  |
| 7  | 5359  | 9418  |
| 8  | 9024  | 9515  |
| 9  | 1206  | 16354 |
| 10 | 14994 | 1102  |
| 11 | 9375  | 20796 |
| 12 | 15964 | 6027  |
| 13 | 14789 | 6452  |
| 14 | 8002  | 18591 |
| 15 | 14742 | 14089 |
| 16 | 253   | 3045  |
| 17 | 1274  | 19286 |
| 18 | 14777 | 2044  |
| 19 | 13920 | 9900  |
| 20 | 452   | 7374  |

Фиг. 33

|    |       |       |
|----|-------|-------|
| 21 | 18206 | 9921  |
| 22 | 6131  | 5414  |
| 23 | 10077 | 9726  |
| 24 | 12045 | 5479  |
| 25 | 4322  | 7990  |
| 26 | 15616 | 5550  |
| 27 | 15561 | 10661 |
| 28 | 20718 | 7387  |
| 29 | 2518  | 18804 |
| 30 | 8984  | 2600  |
| 31 | 6516  | 17909 |
| 32 | 11148 | 98    |
| 33 | 20559 | 3704  |
| 34 | 7510  | 1569  |
| 35 | 16000 | 11692 |
| 36 | 9147  | 10303 |
| 37 | 16650 | 191   |
| 38 | 15577 | 18685 |
| 39 | 17167 | 20917 |
| 40 | 4256  | 3391  |
| 41 | 20092 | 17219 |
| 42 | 9218  | 5056  |
| 43 | 18429 | 8472  |
| 44 | 12093 | 20753 |
| 45 | 16345 | 12748 |
| 46 | 16023 | 11095 |
| 47 | 5048  | 17595 |
| 48 | 18995 | 4817  |
| 49 | 16483 | 3536  |
| 50 | 1439  | 16148 |
| 51 | 3661  | 3039  |
| 52 | 19010 | 18121 |
| 53 | 8968  | 11793 |
| 54 | 13427 | 18003 |
| 55 | 5303  | 3083  |
| 56 | 531   | 16668 |
| 57 | 4771  | 6722  |
| 58 | 5695  | 7960  |
| 59 | 3589  | 14630 |

Фиг. 34

|      |                                                     |
|------|-----------------------------------------------------|
| r3/4 | 16K                                                 |
| 3    | 3198 478 4207 1481 1009 2616 1924 3437 554 683 1801 |
| 4    | 2681 2135                                           |
| 5    | 3107 4027                                           |
| 6    | 2637 3373                                           |
| 7    | 3830 3449                                           |
| 8    | 4129 2060                                           |
| 9    | 4184 2742                                           |
| 10   | 3946 1070                                           |
| 11   | 2239 984                                            |
| 0    | 1458 3031                                           |
| 1    | 3003 1328                                           |
| 2    | 1137 1716                                           |
| 3    | 132 3725                                            |
| 4    | 1817 638                                            |
| 5    | 1774 3447                                           |
| 6    | 3632 1257                                           |
| 7    | 542 3694                                            |
| 8    | 1015 1945                                           |
| 9    | 1948 412                                            |
| 10   | 995 2238                                            |
| 11   | 4141 1907                                           |
| 0    | 2480 3079                                           |
| 1    | 3021 1088                                           |
| 2    | 713 1379                                            |
| 3    | 997 3903                                            |
| 4    | 2323 3361                                           |
| 5    | 1110 986                                            |
| 6    | 2532 142                                            |
| 7    | 1690 2405                                           |
| 8    | 1298 1881                                           |
| 9    | 615 174                                             |
| 10   | 1648 3112                                           |
| 11   | 1415 2808                                           |

Таблица начальных значений матрицы проверки на чётность, где  $r = \frac{3}{4}$ ,  $N = 16200$

ФИГ. 35

Таблица начальных значений матрицы проверки на чётность, где  $g = \frac{3}{4}$ ,  $N = 64800$

| $r3/4$ 64K |                                                              |
|------------|--------------------------------------------------------------|
| 0          | 6385 7901 14611 13389 11200 3252 5243 2504 2722 821 7374     |
| 1          | 11359 2698 357 13824 12772 7244 6752 15310 852 2001 11417    |
| 2          | 7862 7977 6321 13612 12197 14449 15137 13860 1708 6399 13444 |
| 3          | 1560 11804 6975 13292 3646 3812 8772 7306 5795 14327 7866    |
| 4          | 7626 11407 14599 9689 1628 2113 10809 9283 1230 15241 4870   |
| 5          | 1610 5699 15876 9446 12515 1400 6303 5411 14181 13925 7358   |
| 6          | 4059 8836 3405 7853 7992 15336 5970 10368 10278 9675 4651    |
| 7          | 4441 3963 9153 2109 12683 7459 12030 12221 629 15212 406     |
| 8          | 6007 8411 5771 3497 543 14202 875 9186 6235 13908 3563       |
| 9          | 3232 6625 4795 546 9781 2071 7312 3399 7250 4932 12652       |
| 10         | 8820 10088 11090 7069 6585 13134 10158 7183 488 7455 9238    |
| 11         | 1903 10818 119 215 7558 11046 10615 11545 14784 7961 15619   |
| 12         | 3655 8736 4917 15874 5129 2134 15944 14768 7150 2692 1469    |
| 13         | 8316 3820 505 8923 6757 806 7957 4216 15589 13244 2622       |
| 14         | 14463 4852 15733 3041 11193 12860 13673 8152 6551 15108 8758 |
| 15         | 3149 11981                                                   |
| 16         | 13416 6906                                                   |
| 17         | 13098 13352                                                  |
| 18         | 2009 14460                                                   |
| 19         | 7207 4314                                                    |
| 20         | 3312 3945                                                    |
| 21         | 4418 6248                                                    |
| 22         | 2669 13975                                                   |
| 23         | 7571 9023                                                    |
| 24         | 14172 2967                                                   |
| 25         | 7271 7138                                                    |
| 26         | 6135 13670                                                   |
| 27         | 7490 14559                                                   |
| 28         | 8657 2466                                                    |
| 29         | 8599 12834                                                   |
| 30         | 3470 3152                                                    |
| 31         | 13917 4365                                                   |
| 32         | 6024 13730                                                   |
| 33         | 10973 14182                                                  |
| 34         | 2464 13167                                                   |
| 35         | 5281 15049                                                   |
| 36         | 1103 1849                                                    |
| 37         | 2058 1069                                                    |
| 38         | 9654 6095                                                    |
| 39         | 14311 7667                                                   |

Фиг. 36

|    |       |       |
|----|-------|-------|
| 40 | 15617 | 8146  |
| 41 | 4588  | 11218 |
| 42 | 13660 | 6243  |
| 43 | 8578  | 7874  |
| 44 | 11741 | 2686  |
| 0  | 1022  | 1264  |
| 1  | 12604 | 9965  |
| 2  | 8217  | 2707  |
| 3  | 3156  | 11793 |
| 4  | 354   | 1514  |
| 5  | 6978  | 14058 |
| 6  | 7922  | 16079 |
| 7  | 15087 | 12138 |
| 8  | 5053  | 6470  |
| 9  | 12687 | 14932 |
| 10 | 15458 | 1763  |
| 11 | 8121  | 1721  |
| 12 | 12431 | 549   |
| 13 | 4129  | 7091  |
| 14 | 1426  | 8415  |
| 15 | 9783  | 7604  |
| 16 | 6295  | 11329 |
| 17 | 1409  | 12061 |
| 18 | 8065  | 9087  |
| 19 | 2918  | 8438  |
| 20 | 1293  | 14115 |
| 21 | 3922  | 13851 |
| 22 | 3851  | 4000  |
| 23 | 5865  | 1768  |
| 24 | 2655  | 14957 |
| 25 | 5565  | 6332  |
| 26 | 4303  | 12631 |
| 27 | 11653 | 12236 |
| 28 | 16025 | 7632  |
| 29 | 4655  | 14128 |
| 30 | 9584  | 13123 |
| 31 | 13987 | 9597  |
| 32 | 15409 | 12110 |
| 33 | 8754  | 15490 |
| 34 | 7416  | 15325 |
| 35 | 2909  | 15549 |

Фиг. 37

|    |       |       |
|----|-------|-------|
| 36 | 2995  | 8257  |
| 37 | 9406  | 4791  |
| 38 | 11111 | 4854  |
| 39 | 2812  | 8521  |
| 40 | 8476  | 14717 |
| 41 | 7820  | 15360 |
| 42 | 1179  | 7939  |
| 43 | 2357  | 8678  |
| 44 | 7703  | 6216  |
| 0  | 3477  | 7067  |
| 1  | 3931  | 13845 |
| 2  | 7675  | 12899 |
| 3  | 1754  | 8187  |
| 4  | 7785  | 1400  |
| 5  | 9213  | 5891  |
| 6  | 2494  | 7703  |
| 7  | 2576  | 7902  |
| 8  | 4821  | 15682 |
| 9  | 10426 | 11935 |
| 10 | 1810  | 904   |
| 11 | 11332 | 9264  |
| 12 | 11312 | 3570  |
| 13 | 14916 | 2650  |
| 14 | 7679  | 7842  |
| 15 | 6089  | 13084 |
| 16 | 3938  | 2751  |
| 17 | 8509  | 4648  |
| 18 | 12204 | 8917  |
| 19 | 5749  | 12443 |
| 20 | 12613 | 4431  |
| 21 | 1344  | 4014  |
| 22 | 8488  | 13850 |
| 23 | 1730  | 14896 |
| 24 | 14942 | 7126  |
| 25 | 14983 | 8863  |
| 26 | 6578  | 8564  |
| 27 | 4947  | 396   |
| 28 | 297   | 12805 |
| 29 | 13878 | 6692  |
| 30 | 11857 | 11186 |
| 31 | 14395 | 11493 |

Фиг. 38

|    |       |       |
|----|-------|-------|
| 32 | 16145 | 12251 |
| 33 | 13462 | 7428  |
| 34 | 14526 | 13119 |
| 35 | 2535  | 11243 |
| 36 | 6465  | 12690 |
| 37 | 6872  | 9334  |
| 38 | 15371 | 14023 |
| 39 | 8101  | 10187 |
| 40 | 11963 | 4848  |
| 41 | 15125 | 6119  |
| 42 | 8051  | 14465 |
| 43 | 11139 | 5167  |
| 44 | 2883  | 14521 |

Фиг. 39

| r4/5 16K |      |      |
|----------|------|------|
| 5        | 896  | 1565 |
| 6        | 2493 | 184  |
| 7        | 212  | 3210 |
| 8        | 727  | 1339 |
| 9        | 3428 | 612  |
| 0        | 2663 | 1947 |
| 1        | 230  | 2695 |
| 2        | 2025 | 2794 |
| 3        | 3039 | 283  |
| 4        | 862  | 2889 |
| 5        | 376  | 2110 |
| 6        | 2034 | 2286 |
| 7        | 951  | 2068 |
| 8        | 3108 | 3542 |
| 9        | 307  | 1421 |
| 0        | 2272 | 1197 |
| 1        | 1800 | 3280 |
| 2        | 331  | 2308 |
| 3        | 465  | 2552 |
| 4        | 1038 | 2479 |
| 5        | 1383 | 343  |
| 6        | 94   | 236  |
| 7        | 2619 | 121  |
| 8        | 1497 | 2774 |
| 9        | 2116 | 1855 |
| 0        | 722  | 1584 |
| 1        | 2767 | 1881 |
| 2        | 2701 | 1610 |
| 3        | 3283 | 1732 |
| 4        | 168  | 1099 |
| 5        | 3074 | 243  |
| 6        | 3460 | 945  |
| 7        | 2049 | 1746 |
| 8        | 566  | 1427 |
| 9        | 3545 | 1168 |

Таблица начальных значений матрицы проверки на чётность, где  $r = \frac{4}{5}$ ,  $N = 16200$

Фиг. 40

Таблица начальных значений матрицы проверки на чётность, где  $r = \frac{4}{5}$ ,  $N=64800$

| $r4/5$ | $64K$                                                | $s$ |
|--------|------------------------------------------------------|-----|
| 0      | 149 11212 5575 6360 12559 8108 8505 408 10026 12828  |     |
| 1      | 5237 490 10677 4998 3869 3734 3092 3509 7703 10305   |     |
| 2      | 8742 5553 2820 7085 12116 10485 564 7795 2972 2157   |     |
| 3      | 2699 4304 8350 712 2841 3250 4731 10105 517 7516     |     |
| 4      | 12067 1351 11992 12191 11267 5161 537 6166 4246 2363 |     |
| 5      | 6828 7107 2127 3724 5743 11040 10756 4073 1011 3422  |     |
| 6      | 11259 1216 9526 1466 10816 940 3744 2815 11506 11573 |     |
| 7      | 4549 11507 1118 1274 11751 5207 7854 12803 4047 6484 |     |
| 8      | 8430 4115 9440 413 4455 2262 7915 12402 8579 7052    |     |
| 9      | 3885 9126 5665 4505 2343 253 4707 3742 4166 1556     |     |
| 10     | 1704 8936 6775 8639 8179 7954 8234 7850 8883 8713    |     |
| 11     | 11716 4344 9087 11264 2274 8832 9147 11930 6054 5455 |     |
| 12     | 7323 3970 10329 2170 8262 3854 2087 12899 9497 11700 |     |
| 13     | 4418 1467 2490 5841 817 11453 533 11217 11962 5251   |     |
| 14     | 1541 4525 7976 3457 9536 7725 3788 2982 6307 5997    |     |
| 15     | 11484 2739 4023 12107 6516 551 2572 6628 8150 9852   |     |
| 16     | 6070 1761 4627 6534 7913 3730 11866 1813 12306 8249  |     |
| 17     | 12441 5489 8748 7837 7660 2102 11341 2936 6712 11977 |     |
| 18     | 10155 4210                                           |     |
| 19     | 1010 10483                                           |     |
| 20     | 8900 10250                                           |     |
| 21     | 10243 12278                                          |     |
| 22     | 7070 4397                                            |     |
| 23     | 12271 3887                                           |     |
| 24     | 11980 6836                                           |     |
| 25     | 9514 4356                                            |     |
| 26     | 7137 10281                                           |     |
| 27     | 11881 2526                                           |     |
| 28     | 1969 11477                                           |     |
| 29     | 3044 10921                                           |     |
| 30     | 2236 8724                                            |     |
| 31     | 9104 6340                                            |     |
| 32     | 7342 8582                                            |     |
| 33     | 11675 10405                                          |     |
| 34     | 6467 12775                                           |     |
| 35     | 3186 12198                                           |     |
| 0      | 9621 11445                                           |     |
| 1      | 7486 5611                                            |     |
| 2      | 4319 4879                                            |     |
| 3      | 2196 344                                             |     |

Фиг. 41

|    |       |       |
|----|-------|-------|
| 4  | 7527  | 6650  |
| 5  | 10693 | 2440  |
| 6  | 6755  | 2706  |
| 7  | 5144  | 5998  |
| 8  | 11043 | 8033  |
| 9  | 4846  | 4435  |
| 10 | 4157  | 9228  |
| 11 | 12270 | 6562  |
| 12 | 11954 | 7592  |
| 13 | 7420  | 2592  |
| 14 | 8810  | 9636  |
| 15 | 689   | 5430  |
| 16 | 920   | 1304  |
| 17 | 1253  | 11934 |
| 18 | 9559  | 6016  |
| 19 | 312   | 7589  |
| 20 | 4439  | 4197  |
| 21 | 4002  | 9555  |
| 22 | 12232 | 7779  |
| 23 | 1494  | 8782  |
| 24 | 10749 | 3969  |
| 25 | 4368  | 3479  |
| 26 | 6316  | 5342  |
| 27 | 2455  | 3493  |
| 28 | 12157 | 7405  |
| 29 | 6598  | 11495 |
| 30 | 11805 | 4455  |
| 31 | 9625  | 2090  |
| 32 | 4731  | 2321  |
| 33 | 3578  | 2608  |
| 34 | 8504  | 1849  |
| 35 | 4027  | 1151  |
| 0  | 5647  | 4935  |
| 1  | 4219  | 1870  |
| 2  | 10968 | 8054  |
| 3  | 6970  | 5447  |
| 4  | 3217  | 5638  |
| 5  | 8972  | 669   |
| 6  | 5618  | 12472 |
| 7  | 1457  | 1280  |
| 8  | 8868  | 3883  |

Фиг. 42

|    |       |       |
|----|-------|-------|
| 9  | 8866  | 1224  |
| 10 | 8371  | 5972  |
| 11 | 266   | 4405  |
| 12 | 3706  | 3244  |
| 13 | 6039  | 5844  |
| 14 | 7200  | 3283  |
| 15 | 1502  | 11282 |
| 16 | 12318 | 2202  |
| 17 | 4523  | 965   |
| 18 | 9587  | 7011  |
| 19 | 2552  | 2051  |
| 20 | 12045 | 10306 |
| 21 | 11070 | 5104  |
| 22 | 6627  | 6906  |
| 23 | 9889  | 2121  |
| 24 | 829   | 9701  |
| 25 | 2201  | 1819  |
| 26 | 6689  | 12925 |
| 27 | 2139  | 8757  |
| 28 | 12004 | 5948  |
| 29 | 8704  | 3191  |
| 30 | 8171  | 10933 |
| 31 | 6297  | 7116  |
| 32 | 616   | 7146  |
| 33 | 5142  | 9761  |
| 34 | 10377 | 8138  |
| 35 | 7616  | 5811  |
| 0  | 7285  | 9863  |
| 1  | 7764  | 10867 |
| 2  | 12343 | 9019  |
| 3  | 4414  | 8331  |
| 4  | 3464  | 642   |
| 5  | 6960  | 2039  |
| 6  | 786   | 3021  |
| 7  | 710   | 2086  |
| 8  | 7423  | 5601  |
| 9  | 8120  | 4885  |
| 10 | 12385 | 11990 |
| 11 | 9739  | 10034 |
| 12 | 424   | 10162 |
| 13 | 1347  | 7597  |

Фиг. 43

|    |       |       |
|----|-------|-------|
| 14 | 1450  | 112   |
| 15 | 7965  | 8478  |
| 16 | 8945  | 7397  |
| 17 | 6590  | 8316  |
| 18 | 6838  | 9011  |
| 19 | 6174  | 9410  |
| 20 | 255   | 113   |
| 21 | 6197  | 5835  |
| 22 | 12902 | 3844  |
| 23 | 4377  | 3505  |
| 24 | 5478  | 8672  |
| 25 | 4453  | 2132  |
| 26 | 9724  | 1380  |
| 27 | 12131 | 11526 |
| 28 | 12323 | 9511  |
| 29 | 8231  | 1752  |
| 30 | 497   | 9022  |
| 31 | 9288  | 3080  |
| 32 | 2481  | 7515  |
| 33 | 2696  | 268   |
| 34 | 4023  | 12341 |
| 35 | 7108  | 5553  |

Фиг. 44

| r5/6 | 16K                                                    |
|------|--------------------------------------------------------|
| 3    | 2409 499 1481 908 559 716 1270 333 2508 2264 1702 2805 |
| 4    | 2447 1926                                              |
| 5    | 414 1224                                               |
| 6    | 2114 842                                               |
| 7    | 212 573                                                |
| 0    | 2383 2112                                              |
| 1    | 2286 2348                                              |
| 2    | 545 819                                                |
| 3    | 1264 143                                               |
| 4    | 1701 2258                                              |
| 5    | 964 166                                                |
| 6    | 114 2413                                               |
| 7    | 2243 81                                                |
| 0    | 1245 1581                                              |
| 1    | 775 169                                                |
| 2    | 1696 1104                                              |
| 3    | 1914 2831                                              |
| 4    | 532 1450                                               |
| 5    | 91 974                                                 |
| 6    | 497 2228                                               |
| 7    | 2326 1579                                              |
| 0    | 2482 256                                               |
| 1    | 1117 1261                                              |
| 2    | 1257 1658                                              |
| 3    | 1478 1225                                              |
| 4    | 2511 980                                               |
| 5    | 2320 2675                                              |
| 6    | 435 1278                                               |
| 7    | 228 503                                                |
| 0    | 1885 2369                                              |
| 1    | 57 483                                                 |
| 2    | 838 1050                                               |
| 3    | 1231 1990                                              |
| 4    | 1738 68                                                |
| 5    | 2392 951                                               |
| 6    | 163 645                                                |
| 7    | 2644 1704                                              |

Таблица начальных значений матрицы проверки на чётность, где  $r = \frac{5}{6}$ ,  $N = 16200$

Фиг. 45

Таблица начальных значений матрицы проверки на чётность, где  $r = \frac{5}{6}$ ,  $N=64800$

| r5/6 64K | s                                                             |
|----------|---------------------------------------------------------------|
| 0        | 4362 416 8909 4156 3216 3112 2560 2912 6405 8593 4969 6723    |
| 1        | 2479 1786 8978 3011 4339 9313 6397 2957 7288 5484 6031 10217  |
| 2        | 10175 9009 9889 3091 4985 7267 4092 8874 5671 2777 2189 8716  |
| 3        | 9052 4795 3924 3370 10058 1128 9996 10165 9360 4297 434 5138  |
| 4        | 2379 7834 4835 2327 9843 804 329 8353 7167 3070 1528 7311     |
| 5        | 3435 7871 348 3693 1876 6585 10340 7144 5870 2084 4052 2780   |
| 6        | 3917 3111 3476 1304 10331 5939 5199 1611 1991 699 8316 9960   |
| 7        | 6883 3237 1717 10752 7891 9764 4745 3888 10009 4176 4614 1567 |
| 8        | 10587 2195 1689 2968 5420 2580 2883 6496 111 6023 1024 4449   |
| 9        | 3786 8593 2074 3321 5057 1450 3840 5444 6572 3094 9892 1512   |
| 10       | 8548 1848 10372 4585 7313 6536 6379 1766 9462 2456 5606 9975  |
| 11       | 8204 10593 7935 3636 3882 394 5968 8561 2395 7289 9267 9978   |
| 12       | 7795 74 1633 9542 6867 7352 6417 7568 10623 725 2531 9115     |
| 13       | 7151 2482 4260 5003 10105 7419 9203 6691 8798 2092 8263 3755  |
| 14       | 3600 570 4527 200 9718 6771 1995 8902 5446 768 1103 6520      |
| 15       | 6304 7621                                                     |
| 16       | 6498 9209                                                     |
| 17       | 7293 6786                                                     |
| 18       | 5950 1708                                                     |
| 19       | 8521 1793                                                     |
| 20       | 6174 7854                                                     |
| 21       | 9773 1190                                                     |
| 22       | 9517 10268                                                    |
| 23       | 2181 9349                                                     |
| 24       | 1949 5560                                                     |
| 25       | 1556 555                                                      |
| 26       | 8600 3827                                                     |
| 27       | 5072 1057                                                     |
| 28       | 7928 3542                                                     |
| 29       | 3226 3762                                                     |
| 0        | 7045 2420                                                     |
| 1        | 9645 2641                                                     |
| 2        | 2774 2452                                                     |
| 3        | 5331 2031                                                     |
| 4        | 9400 7503                                                     |
| 5        | 1850 2338                                                     |
| 6        | 10456 9774                                                    |
| 7        | 1692 9276                                                     |
| 8        | 10037 4038                                                    |
| 9        | 3964 338                                                      |

Фиг. 46

|    |       |       |
|----|-------|-------|
| 10 | 2640  | 5087  |
| 11 | 858   | 3473  |
| 12 | 5582  | 5683  |
| 13 | 9523  | 916   |
| 14 | 4107  | 1559  |
| 15 | 4506  | 3491  |
| 16 | 8191  | 4182  |
| 17 | 10192 | 6157  |
| 18 | 5668  | 3305  |
| 19 | 3449  | 1540  |
| 20 | 4766  | 2697  |
| 21 | 4069  | 6675  |
| 22 | 1117  | 1016  |
| 23 | 5619  | 3085  |
| 24 | 8483  | 8400  |
| 25 | 8255  | 394   |
| 26 | 6338  | 5042  |
| 27 | 6174  | 5119  |
| 28 | 7203  | 1989  |
| 29 | 1781  | 5174  |
| 0  | 1464  | 3559  |
| 1  | 3376  | 4214  |
| 2  | 7238  | 67    |
| 3  | 10595 | 8831  |
| 4  | 1221  | 6513  |
| 5  | 5300  | 4652  |
| 6  | 1429  | 9749  |
| 7  | 7878  | 5131  |
| 8  | 4435  | 10284 |
| 9  | 6331  | 5507  |
| 10 | 6662  | 4941  |
| 11 | 9614  | 10238 |
| 12 | 8400  | 8025  |
| 13 | 9156  | 5630  |
| 14 | 7067  | 8878  |
| 15 | 9027  | 3415  |
| 16 | 1690  | 3866  |
| 17 | 2854  | 8469  |
| 18 | 6206  | 630   |
| 19 | 363   | 5453  |
| 20 | 4125  | 7008  |

Фиг. 47

|    |       |       |
|----|-------|-------|
| 21 | 1612  | 6702  |
| 22 | 9069  | 9226  |
| 23 | 5767  | 4060  |
| 24 | 3743  | 9237  |
| 25 | 7018  | 5572  |
| 26 | 8892  | 4536  |
| 27 | 853   | 6064  |
| 28 | 8069  | 5893  |
| 29 | 2051  | 2885  |
| 0  | 10691 | 3153  |
| 1  | 3602  | 4055  |
| 2  | 328   | 1717  |
| 3  | 2219  | 9299  |
| 4  | 1939  | 7898  |
| 5  | 617   | 206   |
| 6  | 8544  | 1374  |
| 7  | 10676 | 3240  |
| 8  | 6672  | 9489  |
| 9  | 3170  | 7457  |
| 10 | 7868  | 5731  |
| 11 | 6121  | 10732 |
| 12 | 4843  | 9132  |
| 13 | 580   | 9591  |
| 14 | 6267  | 9290  |
| 15 | 3009  | 2268  |
| 16 | 195   | 2419  |
| 17 | 8016  | 1557  |
| 18 | 1516  | 9195  |
| 19 | 8062  | 9064  |
| 20 | 2095  | 8968  |
| 21 | 753   | 7326  |
| 22 | 6291  | 3833  |
| 23 | 2614  | 7844  |
| 24 | 2303  | 646   |
| 25 | 2075  | 611   |
| 26 | 4687  | 362   |
| 27 | 8684  | 9940  |
| 28 | 4830  | 2065  |
| 29 | 7038  | 1363  |
| 0  | 1769  | 7837  |
| 1  | 3801  | 1689  |

Фиг. 48

|    |       |       |
|----|-------|-------|
| 2  | 10070 | 2359  |
| 3  | 3667  | 9918  |
| 4  | 1914  | 6920  |
| 5  | 4244  | 5669  |
| 6  | 10245 | 7821  |
| 7  | 7648  | 3944  |
| 8  | 3310  | 5488  |
| 9  | 6346  | 9666  |
| 10 | 7088  | 6122  |
| 11 | 1291  | 7827  |
| 12 | 10592 | 8945  |
| 13 | 3609  | 7120  |
| 14 | 9168  | 9112  |
| 15 | 6203  | 8052  |
| 16 | 3330  | 2895  |
| 17 | 4264  | 10563 |
| 18 | 10556 | 6496  |
| 19 | 8807  | 7645  |
| 20 | 1999  | 4530  |
| 21 | 9202  | 6818  |
| 22 | 3403  | 1734  |
| 23 | 2106  | 9023  |
| 24 | 6881  | 3883  |
| 25 | 3895  | 2171  |
| 26 | 4062  | 6424  |
| 27 | 3755  | 9536  |
| 28 | 4683  | 2131  |
| 29 | 7347  | 8027  |

Фиг. 49

Таблица начальных значений матрицы проверки на чётность, где  $r = \frac{8}{9}$ ,  $N = 16200$

| r8/9 16K |      |      |      |  |
|----------|------|------|------|--|
| 0        | 1558 | 712  | 805  |  |
| 1        | 1450 | 873  | 1337 |  |
| 2        | 1741 | 1129 | 1184 |  |
| 3        | 294  | 806  | 1566 |  |
| 4        | 482  | 605  | 923  |  |
| 0        | 926  | 1578 |      |  |
| 1        | 777  | 1374 |      |  |
| 2        | 608  | 151  |      |  |
| 3        | 1195 | 210  |      |  |
| 4        | 1484 | 692  |      |  |
| 0        | 427  | 488  |      |  |
| 1        | 828  | 1124 |      |  |
| 2        | 874  | 1366 |      |  |
| 3        | 1500 | 835  |      |  |
| 4        | 1496 | 502  |      |  |
| 0        | 1006 | 1701 |      |  |
| 1        | 1155 | 97   |      |  |
| 2        | 657  | 1403 |      |  |
| 3        | 1453 | 624  |      |  |
| 4        | 429  | 1495 |      |  |
| 0        | 809  | 385  |      |  |
| 1        | 367  | 151  |      |  |
| 2        | 1323 | 202  |      |  |
| 3        | 960  | 318  |      |  |
| 4        | 1451 | 1039 |      |  |
| 0        | 1098 | 1722 |      |  |
| 1        | 1015 | 1428 |      |  |
| 2        | 1261 | 1564 |      |  |
| 3        | 544  | 1190 |      |  |
| 4        | 1472 | 1246 |      |  |
| 0        | 508  | 630  |      |  |
| 1        | 421  | 1704 |      |  |
| 2        | 284  | 898  |      |  |
| 3        | 392  | 577  |      |  |
| 4        | 1155 | 556  |      |  |
| 0        | 631  | 1000 |      |  |
| 1        | 732  | 1368 |      |  |
| 2        | 1328 | 329  |      |  |
| 3        | 1515 | 506  |      |  |
| 4        | 1104 | 1172 |      |  |

Фиг. 50

Таблица начальных значений матрицы проверки на чётность, где  $r = \frac{8}{9}$ ,  $N = 64800$

| r8/9 64K          | s |
|-------------------|---|
| 0 6235 2848 3222  |   |
| 1 5800 3492 5348  |   |
| 2 2757 927 90     |   |
| 3 6961 4516 4739  |   |
| 4 1172 3237 6264  |   |
| 5 1927 2425 3683  |   |
| 6 3714 6309 2495  |   |
| 7 3070 6342 7154  |   |
| 8 2428 613 3761   |   |
| 9 2906 264 5927   |   |
| 10 1716 1950 4273 |   |
| 11 4613 6179 3491 |   |
| 12 4865 3286 6005 |   |
| 13 1343 5923 3529 |   |
| 14 4589 4035 2132 |   |
| 15 1579 3920 6737 |   |
| 16 1644 1191 5998 |   |
| 17 1482 2381 4620 |   |
| 18 6791 6014 6596 |   |
| 19 2738 5918 3786 |   |
| 0 5156 6166       |   |
| 1 1504 4356       |   |
| 2 130 1904        |   |
| 3 6027 3187       |   |
| 4 6718 759        |   |
| 5 6240 2870       |   |
| 6 2343 1311       |   |
| 7 1039 5465       |   |
| 8 6617 2513       |   |
| 9 1588 5222       |   |
| 10 6561 535       |   |
| 11 4765 2054      |   |
| 12 5966 6892      |   |
| 13 1969 3869      |   |
| 14 3571 2420      |   |
| 15 4632 981       |   |
| 16 3215 4163      |   |
| 17 973 3117       |   |
| 18 3802 6198      |   |
| 19 3794 3948      |   |

Фиг. 51

|    |      |      |
|----|------|------|
| 0  | 3196 | 6126 |
| 1  | 573  | 1909 |
| 2  | 850  | 4034 |
| 3  | 5622 | 1601 |
| 4  | 6005 | 524  |
| 5  | 5251 | 5783 |
| 6  | 172  | 2032 |
| 7  | 1875 | 2475 |
| 8  | 497  | 1291 |
| 9  | 2566 | 3430 |
| 10 | 1249 | 740  |
| 11 | 2944 | 1948 |
| 12 | 6528 | 2899 |
| 13 | 2243 | 3616 |
| 14 | 867  | 3733 |
| 15 | 1374 | 4702 |
| 16 | 4698 | 2285 |
| 17 | 4760 | 3917 |
| 18 | 1859 | 4058 |
| 19 | 6141 | 3527 |
| 0  | 2148 | 5066 |
| 1  | 1306 | 145  |
| 2  | 2319 | 871  |
| 3  | 3463 | 1061 |
| 4  | 5554 | 6647 |
| 5  | 5837 | 339  |
| 6  | 5821 | 4932 |
| 7  | 6356 | 4756 |
| 8  | 3930 | 418  |
| 9  | 211  | 3094 |
| 10 | 1007 | 4928 |
| 11 | 3584 | 1235 |
| 12 | 6982 | 2869 |
| 13 | 1612 | 1013 |
| 14 | 953  | 4964 |
| 15 | 4555 | 4410 |
| 16 | 4925 | 4842 |
| 17 | 5778 | 600  |
| 18 | 6509 | 2417 |
| 19 | 1260 | 4903 |
| 0  | 3369 | 3031 |

Фиг. 52

|    |      |      |
|----|------|------|
| 1  | 3557 | 3224 |
| 2  | 3028 | 583  |
| 3  | 3258 | 440  |
| 4  | 6226 | 6655 |
| 5  | 4895 | 1094 |
| 6  | 1481 | 6847 |
| 7  | 4433 | 1932 |
| 8  | 2107 | 1649 |
| 9  | 2119 | 2065 |
| 10 | 4003 | 6388 |
| 11 | 6720 | 3622 |
| 12 | 3694 | 4521 |
| 13 | 1164 | 7050 |
| 14 | 1965 | 3613 |
| 15 | 4331 | 66   |
| 16 | 2970 | 1796 |
| 17 | 4652 | 3218 |
| 18 | 1762 | 4777 |
| 19 | 5736 | 1399 |
| 0  | 970  | 2572 |
| 1  | 2062 | 6599 |
| 2  | 4597 | 4870 |
| 3  | 1228 | 6913 |
| 4  | 4159 | 1037 |
| 5  | 2916 | 2362 |
| 6  | 395  | 1226 |
| 7  | 6911 | 4548 |
| 8  | 4618 | 2241 |
| 9  | 4120 | 4280 |
| 10 | 5825 | 474  |
| 11 | 2154 | 5558 |
| 12 | 3793 | 5471 |
| 13 | 5707 | 1595 |
| 14 | 1403 | 325  |
| 15 | 6601 | 5183 |
| 16 | 6369 | 4569 |
| 17 | 4846 | 896  |
| 18 | 7092 | 6184 |
| 19 | 6764 | 7127 |
| 0  | 6358 | 1951 |
| 1  | 3117 | 6960 |

Фиг. 53

|    |      |      |
|----|------|------|
| 2  | 2710 | 7062 |
| 3  | 1133 | 3604 |
| 4  | 3694 | 657  |
| 5  | 1355 | 110  |
| 6  | 3329 | 6736 |
| 7  | 2505 | 3407 |
| 8  | 2462 | 4806 |
| 9  | 4216 | 214  |
| 10 | 5348 | 5619 |
| 11 | 6627 | 6243 |
| 12 | 2644 | 5073 |
| 13 | 4212 | 5088 |
| 14 | 3463 | 3889 |
| 15 | 5306 | 478  |
| 16 | 4320 | 6121 |
| 17 | 3961 | 1125 |
| 18 | 5699 | 1195 |
| 19 | 6511 | 792  |
| 0  | 3934 | 2778 |
| 1  | 3238 | 6587 |
| 2  | 1111 | 6596 |
| 3  | 1457 | 6226 |
| 4  | 1446 | 3885 |
| 5  | 3907 | 4043 |
| 6  | 6839 | 2873 |
| 7  | 1733 | 5615 |
| 8  | 5202 | 4269 |
| 9  | 3024 | 4722 |
| 10 | 5445 | 6372 |
| 11 | 370  | 1828 |
| 12 | 4695 | 1600 |
| 13 | 680  | 2074 |
| 14 | 1801 | 6690 |
| 15 | 2669 | 1377 |
| 16 | 2463 | 1681 |
| 17 | 5972 | 5171 |
| 18 | 5728 | 4284 |
| 19 | 1696 | 1459 |

Фиг. 54

Таблица начальных значений матрицы проверки на чётность, где  $r = \frac{9}{10}$ ,  $N=64800$

| r9/10 64K |      |      |      |
|-----------|------|------|------|
| 0         | 5611 | 2563 | 2900 |
| 1         | 5220 | 3143 | 4813 |
| 2         | 2481 | 834  | 81   |
| 3         | 6265 | 4064 | 4265 |
| 4         | 1055 | 2914 | 5638 |
| 5         | 1734 | 2182 | 3315 |
| 6         | 3342 | 5678 | 2246 |
| 7         | 2185 | 552  | 3385 |
| 8         | 2615 | 236  | 5334 |
| 9         | 1546 | 1755 | 3846 |
| 10        | 4154 | 5561 | 3142 |
| 11        | 4382 | 2957 | 5400 |
| 12        | 1209 | 5329 | 3179 |
| 13        | 1421 | 3528 | 6063 |
| 14        | 1480 | 1072 | 5398 |
| 15        | 3843 | 1777 | 4369 |
| 16        | 1334 | 2145 | 4163 |
| 17        | 2368 | 5055 | 260  |
| 0         | 6118 | 5405 |      |
| 1         | 2994 | 4370 |      |
| 2         | 3405 | 1669 |      |
| 3         | 4640 | 5550 |      |
| 4         | 1354 | 3921 |      |
| 5         | 117  | 1713 |      |
| 6         | 5425 | 2866 |      |
| 7         | 6047 | 683  |      |
| 8         | 5616 | 2582 |      |
| 9         | 2108 | 1179 |      |
| 10        | 933  | 4921 |      |
| 11        | 5953 | 2261 |      |
| 12        | 1430 | 4699 |      |
| 13        | 5905 | 480  |      |
| 14        | 4289 | 1846 |      |
| 15        | 5374 | 6208 |      |
| 16        | 1775 | 3476 |      |
| 17        | 3216 | 2178 |      |
| 0         | 4165 | 884  |      |
| 1         | 2896 | 3744 |      |
| 2         | 874  | 2801 |      |
| 3         | 3423 | 5579 |      |

Фиг. 55

|    |      |      |
|----|------|------|
| 4  | 3404 | 3552 |
| 5  | 2876 | 5515 |
| 6  | 516  | 1719 |
| 7  | 765  | 3631 |
| 8  | 5059 | 1441 |
| 9  | 5629 | 598  |
| 10 | 5405 | 473  |
| 11 | 4724 | 5210 |
| 12 | 155  | 1832 |
| 13 | 1689 | 2229 |
| 14 | 449  | 1164 |
| 15 | 2308 | 3088 |
| 16 | 1122 | 669  |
| 17 | 2268 | 5758 |
| 0  | 5878 | 2609 |
| 1  | 782  | 3359 |
| 2  | 1231 | 4231 |
| 3  | 4225 | 2052 |
| 4  | 4286 | 3517 |
| 5  | 5531 | 3184 |
| 6  | 1935 | 4560 |
| 7  | 1174 | 131  |
| 8  | 3115 | 956  |
| 9  | 3129 | 1088 |
| 10 | 5238 | 4440 |
| 11 | 5722 | 4280 |
| 12 | 3540 | 375  |
| 13 | 191  | 2782 |
| 14 | 906  | 4432 |
| 15 | 3225 | 1111 |
| 16 | 6296 | 2583 |
| 17 | 1457 | 903  |
| 0  | 855  | 4475 |
| 1  | 4097 | 3970 |
| 2  | 4433 | 4361 |
| 3  | 5198 | 541  |
| 4  | 1146 | 4426 |
| 5  | 3202 | 2902 |
| 6  | 2724 | 525  |
| 7  | 1083 | 4124 |
| 8  | 2326 | 6003 |

Фиг. 56

|    |      |      |
|----|------|------|
| 9  | 5605 | 5990 |
| 10 | 4376 | 1579 |
| 11 | 4407 | 984  |
| 12 | 1332 | 6163 |
| 13 | 5359 | 3975 |
| 14 | 1907 | 1854 |
| 15 | 3601 | 5748 |
| 16 | 6056 | 3266 |
| 17 | 3322 | 4085 |
| 0  | 1768 | 3244 |
| 1  | 2149 | 144  |
| 2  | 1589 | 4291 |
| 3  | 5154 | 1252 |
| 4  | 1855 | 5939 |
| 5  | 4820 | 2706 |
| 6  | 1475 | 3360 |
| 7  | 4266 | 693  |
| 8  | 4156 | 2018 |
| 9  | 2103 | 752  |
| 10 | 3710 | 3853 |
| 11 | 5123 | 931  |
| 12 | 6146 | 3323 |
| 13 | 1939 | 5002 |
| 14 | 5140 | 1437 |
| 15 | 1263 | 293  |
| 16 | 5949 | 4665 |
| 17 | 4548 | 6380 |
| 0  | 3171 | 4690 |
| 1  | 5204 | 2114 |
| 2  | 6384 | 5565 |
| 3  | 5722 | 1757 |
| 4  | 2805 | 6264 |
| 5  | 1202 | 2616 |
| 6  | 1018 | 3244 |
| 7  | 4018 | 5289 |
| 8  | 2257 | 3067 |
| 9  | 2483 | 3073 |
| 10 | 1196 | 5329 |
| 11 | 649  | 3918 |
| 12 | 3791 | 4581 |
| 13 | 5028 | 3803 |

Фиг. 57

|    |      |      |
|----|------|------|
| 14 | 3119 | 3506 |
| 15 | 4779 | 431  |
| 16 | 3888 | 5510 |
| 17 | 4387 | 4084 |
| 0  | 5836 | 1692 |
| 1  | 5126 | 1078 |
| 2  | 5721 | 6165 |
| 3  | 3540 | 2499 |
| 4  | 2225 | 6348 |
| 5  | 1044 | 1484 |
| 6  | 6323 | 4042 |
| 7  | 1313 | 5603 |
| 8  | 1303 | 3496 |
| 9  | 3516 | 3639 |
| 10 | 5161 | 2293 |
| 11 | 4682 | 3845 |
| 12 | 3045 | 643  |
| 13 | 2818 | 2616 |
| 14 | 3267 | 649  |
| 15 | 6236 | 593  |
| 16 | 646  | 2948 |
| 17 | 4213 | 1442 |
| 0  | 5779 | 1596 |
| 1  | 2403 | 1237 |
| 2  | 2217 | 1514 |
| 3  | 5609 | 716  |
| 4  | 5155 | 3858 |
| 5  | 1517 | 1312 |
| 6  | 2554 | 3158 |
| 7  | 5280 | 2643 |
| 8  | 4990 | 1353 |
| 9  | 5648 | 1170 |
| 10 | 1152 | 4366 |
| 11 | 3561 | 5368 |
| 12 | 3581 | 1411 |
| 13 | 5647 | 4661 |
| 14 | 1542 | 5401 |
| 15 | 5078 | 2687 |
| 16 | 316  | 1755 |
| 17 | 3392 | 1991 |

Фиг. 58

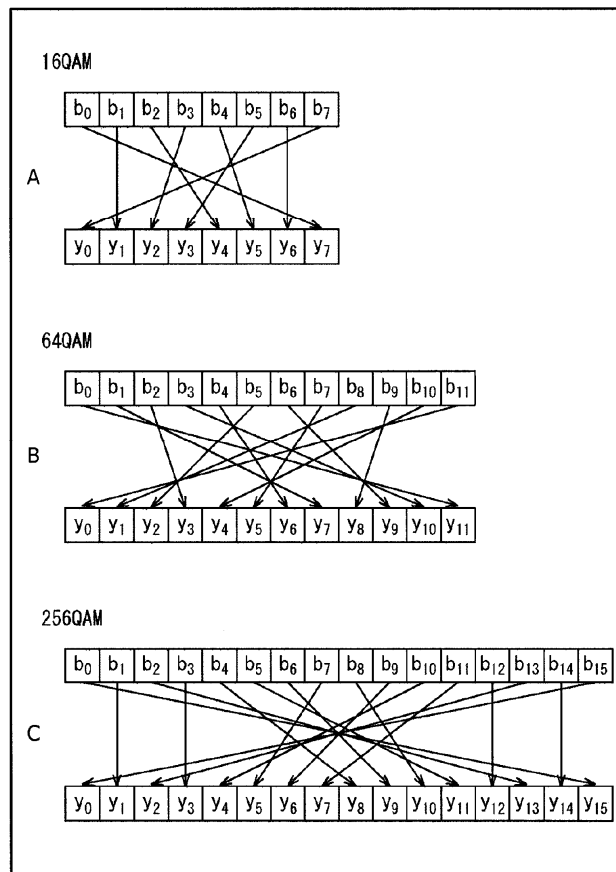
Указано число строк матрицы проверки на чётность (информационной матрицы  $H_A$ ) каждые 360 столбцов, начиная с первого столбца

Число строк матрицы проверки на чётность →

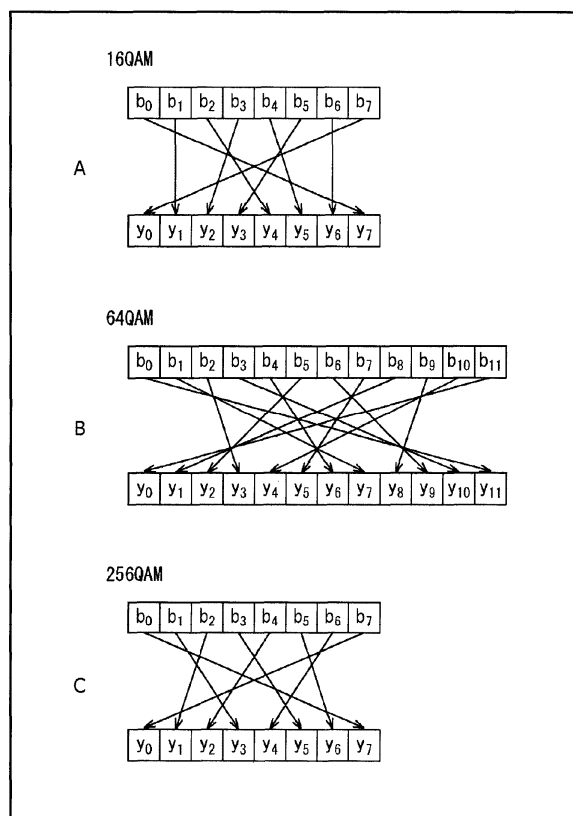
|                        |    |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|------------------------|----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Первый столбец $H_A$ → | 0  | 2084 | 1613 | 1548 | 1286 | 1460 | 3196 | 4297 | 2481 | 3369 | 3451 | 4620 | 2622 |
| 36-й столбец $H_A$ →   | 1  | 122  | 1516 | 3448 | 2880 | 1407 | 1847 | 3799 | 3529 | 373  | 971  | 4358 | 3108 |
| 72-й столбец $H_A$ →   | 2  | 259  | 3399 | 929  | 2650 | 864  | 3996 | 3833 | 107  | 5287 | 164  | 3125 | 2350 |
| 108-й столбец $H_A$ →  | 3  | 342  | 3529 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| ⋮                      | 4  | 4198 | 2147 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| ⋮                      | 5  | 1880 | 4836 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| ⋮                      | 6  | 3864 | 4910 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| ⋮                      | 7  | 243  | 1542 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| ⋮                      | 8  | 3011 | 1436 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| ⋮                      | 9  | 2167 | 2512 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| ⋮                      | 10 | 4606 | 1003 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| ⋮                      | 11 | 2835 | 705  |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| ⋮                      | 12 | 3426 | 2365 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| ⋮                      | 13 | 3848 | 2474 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| ⋮                      | 14 | 1360 | 1743 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| ⋮                      | 0  | 163  | 2536 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| ⋮                      | 1  | 2583 | 1180 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| ⋮                      | 2  | 1542 | 509  |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| ⋮                      | 3  | 4418 | 1005 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| ⋮                      | 4  | 5212 | 5117 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| ⋮                      | 5  | 2155 | 2922 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| ⋮                      | 6  | 347  | 2696 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| ⋮                      | 7  | 226  | 4296 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| ⋮                      | 8  | 1560 | 487  |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| ⋮                      | 9  | 3926 | 1640 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| ⋮                      | 10 | 149  | 2928 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| ⋮                      | 11 | 2364 | 563  |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| ⋮                      | 12 | 635  | 688  |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| ⋮                      | 13 | 231  | 1684 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| ⋮                      | 14 | 1129 | 3894 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |

Таблица начальных значений матрицы проверки на чётность

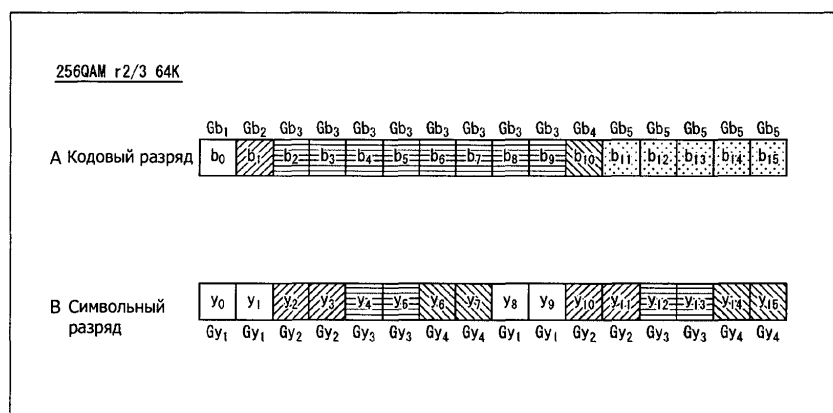
Фиг. 59



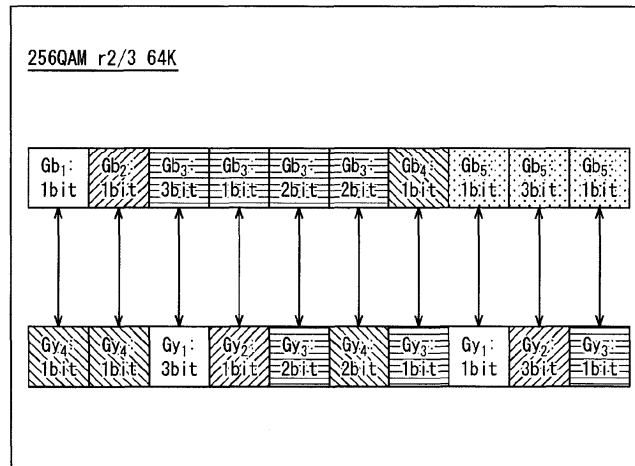
Фиг. 60



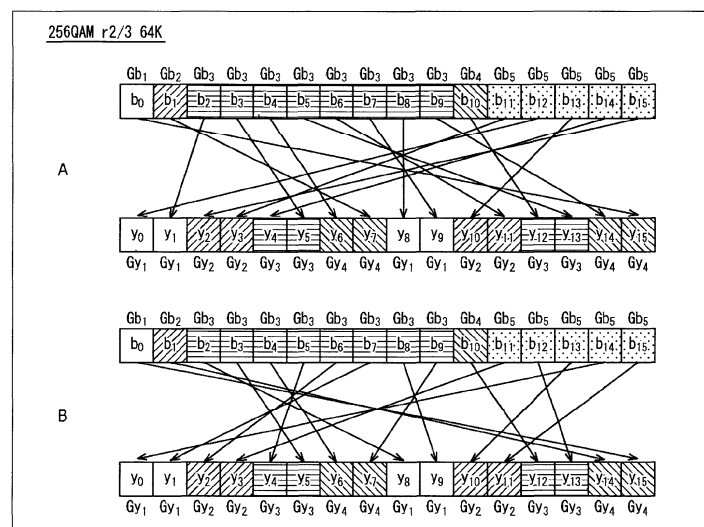
Фиг. 61



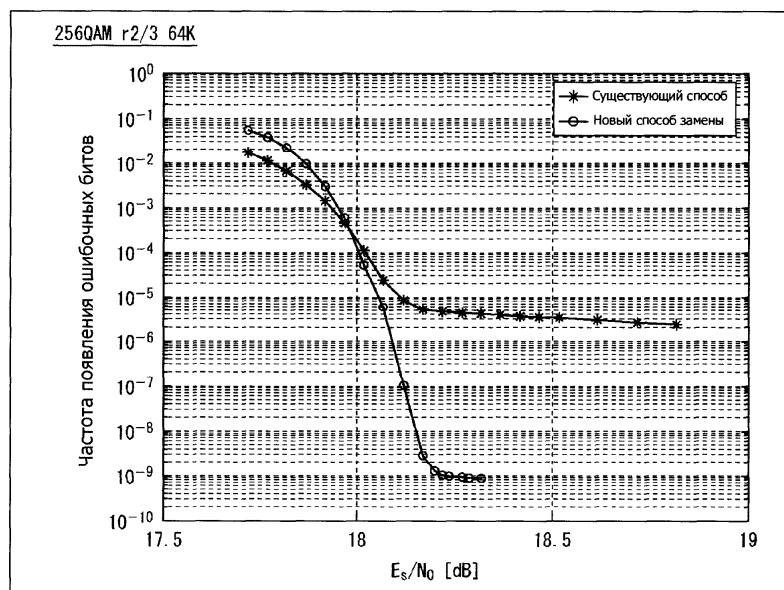
Фиг. 62



Фиг. 63



Фиг. 64



Фиг. 65

| r2/3 64K |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 317      | 2255  | 2324  | 2723  | 3538  | 3576  | 6194  | 6700  | 9101  | 10057 | 12739 | 17407 | 21039 |
| 1958     | 2007  | 3294  | 4394  | 12762 | 14505 | 14593 | 14692 | 16522 | 17737 | 19245 | 21272 | 21379 |
| 127      | 860   | 5001  | 5633  | 8644  | 9282  | 12690 | 14644 | 17553 | 19511 | 19681 | 20954 | 21002 |
| 2514     | 2822  | 5781  | 6297  | 8063  | 9469  | 9551  | 11407 | 11837 | 12985 | 15710 | 20236 | 20393 |
| 1565     | 3106  | 4659  | 4926  | 6495  | 6872  | 7343  | 8720  | 15785 | 16434 | 16727 | 19884 | 21325 |
| 706      | 3220  | 8568  | 10896 | 12486 | 13663 | 16398 | 16599 | 19475 | 19781 | 20625 | 20961 | 21335 |
| 4257     | 10449 | 12406 | 14561 | 16049 | 16522 | 17214 | 18029 | 18033 | 18802 | 19062 | 19526 | 20748 |
| 412      | 433   | 558   | 2614  | 2978  | 4157  | 6584  | 9320  | 11683 | 11819 | 13024 | 14486 | 16860 |
| 777      | 5906  | 7403  | 8550  | 8717  | 8770  | 11436 | 12846 | 13629 | 14755 | 15688 | 16392 | 16419 |
| 4093     | 5045  | 6037  | 7248  | 8633  | 9771  | 10260 | 10809 | 11326 | 12072 | 17516 | 19344 | 19938 |
| 2120     | 2648  | 3155  | 3852  | 6888  | 12258 | 14821 | 15359 | 16378 | 16437 | 17791 | 20614 | 21025 |
| 1085     | 2434  | 5816  | 7151  | 8050  | 9422  | 10884 | 12728 | 15353 | 17733 | 18140 | 18729 | 20920 |
| 856      | 1690  | 12787 |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 6532     | 7357  | 9151  |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 4210     | 16615 | 18152 |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 11494    | 14036 | 17470 |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 2474     | 10291 | 10323 |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 1778     | 6973  | 10739 |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 4347     | 9570  | 18748 |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 2189     | 11942 | 20666 |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 3868     | 7526  | 17706 |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 8780     | 14796 | 18268 |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 160      | 16232 | 17399 |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 1285     | 2003  | 18922 |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 4658     | 17331 | 20361 |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 2765     | 4862  | 5875  |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 4565     | 5521  | 8759  |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 3484     | 7305  | 15829 |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 5024     | 17730 | 17879 |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 7031     | 12346 | 15024 |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 179      | 6365  | 11352 |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 2490     | 3143  | 5098  |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 2643     | 3101  | 21259 |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 4315     | 4724  | 13130 |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 594      | 17365 | 18322 |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 5983     | 8597  | 9627  |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 10837    | 15102 | 20876 |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 10448    | 20418 | 21478 |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 3848     | 12029 | 15228 |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 708      | 5652  | 13146 |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 5998     | 7534  | 16117 |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 2098     | 13201 | 18317 |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 9186     | 14548 | 17776 |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 5246     | 10398 | 18597 |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |

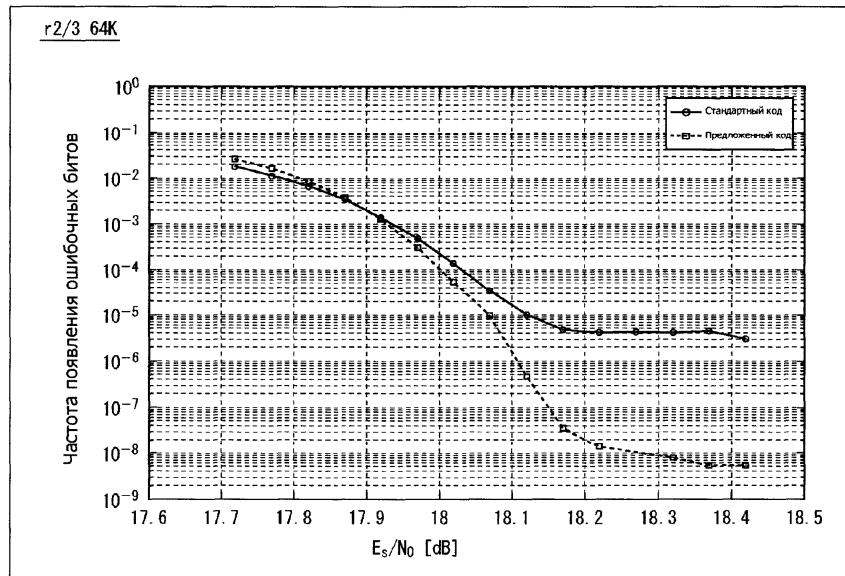
Фиг. 66

|       |       |       |
|-------|-------|-------|
| 3083  | 4944  | 21021 |
| 13726 | 18495 | 19921 |
| 6736  | 10811 | 17545 |
| 10084 | 12411 | 14432 |
| 1064  | 13555 | 17033 |
| 679   | 9878  | 13547 |
| 3422  | 9910  | 20194 |
| 3640  | 3701  | 10046 |
| 5862  | 10134 | 11498 |
| 5923  | 9580  | 15060 |
| 1073  | 3012  | 16427 |
| 5527  | 20113 | 20883 |
| 7058  | 12924 | 15151 |
| 9764  | 12230 | 17375 |
| 772   | 7711  | 12723 |
| 555   | 13816 | 15376 |
| 10574 | 11268 | 17932 |
| 15442 | 17266 | 20482 |
| 390   | 3371  | 8781  |
| 10512 | 12216 | 17180 |
| 4309  | 14068 | 15783 |
| 3971  | 11673 | 20009 |
| 9259  | 14270 | 17199 |
| 2947  | 5852  | 20101 |
| 3965  | 9722  | 15363 |
| 1429  | 5689  | 16771 |
| 6101  | 6849  | 12781 |
| 3676  | 9347  | 18761 |
| 350   | 11659 | 18342 |
| 5961  | 14803 | 16123 |
| 2113  | 9163  | 13443 |
| 2155  | 9808  | 12885 |
| 2861  | 7988  | 11031 |
| 7309  | 9220  | 20745 |
| 6834  | 8742  | 11977 |
| 2133  | 12908 | 14704 |
| 10170 | 13809 | 18153 |
| 13464 | 14787 | 14975 |
| 799   | 1107  | 3789  |
| 3571  | 8176  | 10165 |
| 5433  | 13446 | 15481 |
| 3351  | 6767  | 12840 |
| 8950  | 8974  | 11650 |
| 1430  | 4250  | 21332 |

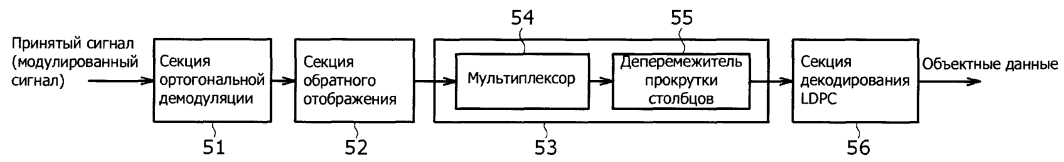
Фиг. 67

|       |       |       |
|-------|-------|-------|
| 6283  | 10628 | 15050 |
| 8632  | 14404 | 16916 |
| 6509  | 10702 | 16278 |
| 15900 | 16395 | 17995 |
| 8031  | 18420 | 19733 |
| 3747  | 4634  | 17087 |
| 4453  | 6297  | 16262 |
| 2792  | 3513  | 17031 |
| 14846 | 20893 | 21563 |
| 17220 | 20436 | 21337 |
| 275   | 4107  | 10497 |
| 3536  | 7520  | 10027 |
| 14089 | 14943 | 19455 |
| 1965  | 3931  | 21104 |
| 2439  | 11565 | 17932 |
| 154   | 15279 | 21414 |
| 10017 | 11269 | 16546 |
| 7169  | 10161 | 16928 |
| 10284 | 16791 | 20655 |
| 36    | 3175  | 8475  |
| 2605  | 16269 | 19290 |
| 8947  | 9178  | 15420 |
| 5687  | 9156  | 12408 |
| 8096  | 9738  | 14711 |
| 4935  | 8093  | 19266 |
| 2667  | 10062 | 15972 |
| 6389  | 11318 | 14417 |
| 8800  | 18137 | 18434 |
| 5824  | 5927  | 15314 |
| 6056  | 13168 | 15179 |
| 3284  | 13138 | 18919 |
| 13115 | 17259 | 17332 |

Фиг. 68

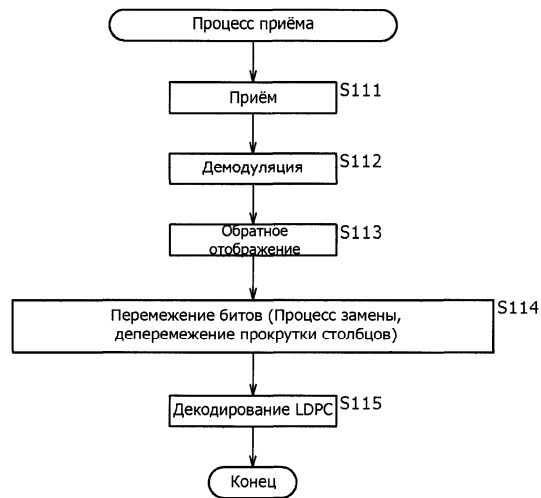


Фиг. 69

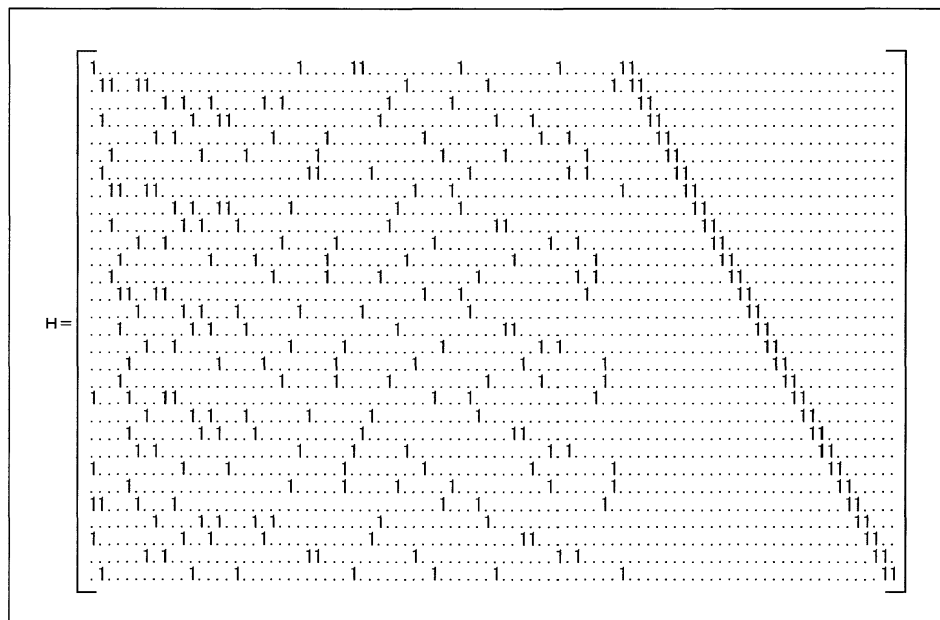


12

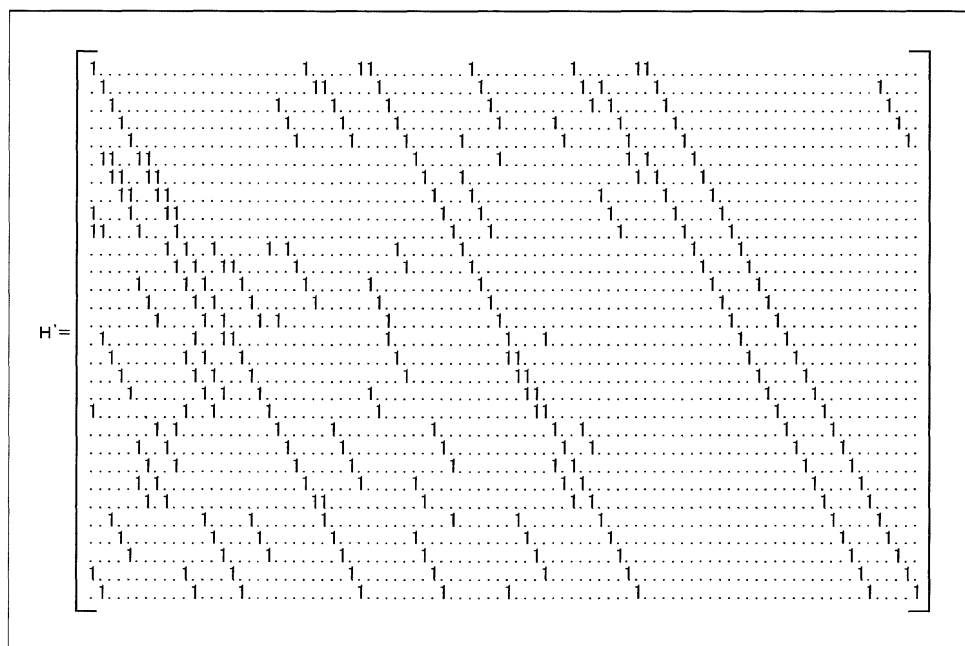
Фиг. 70



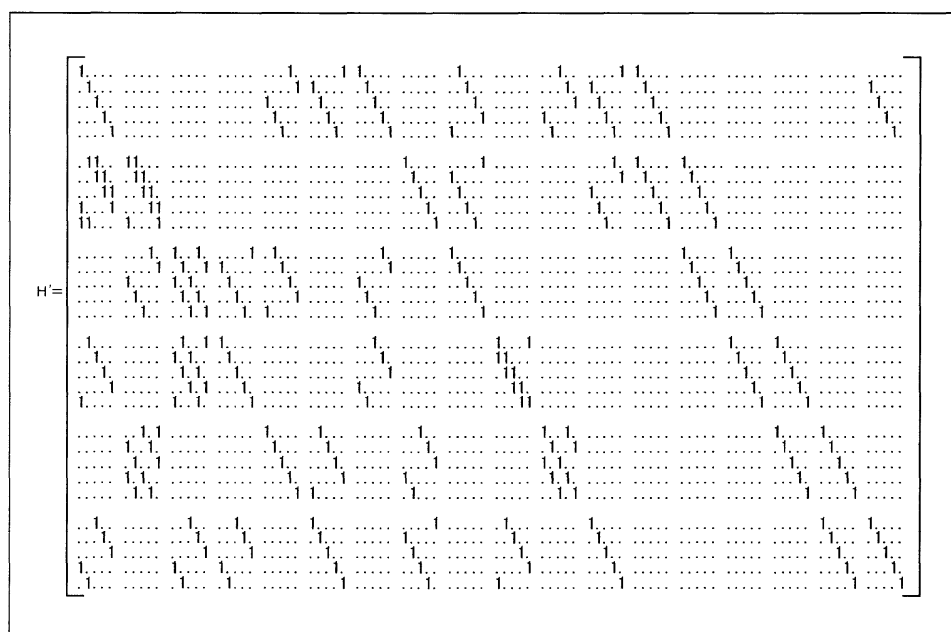
Фиг. 71



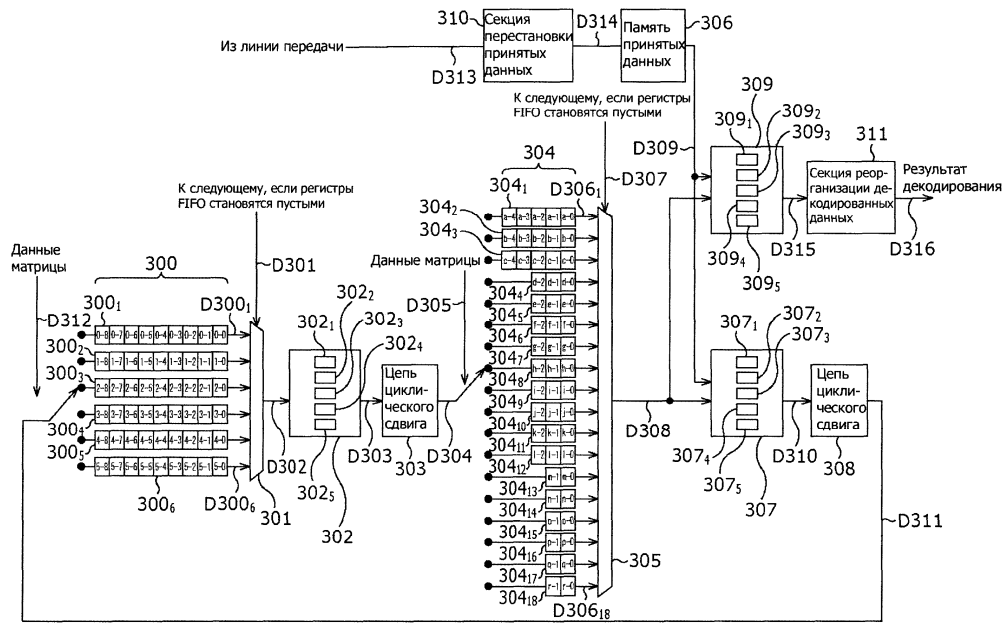
Фиг. 72



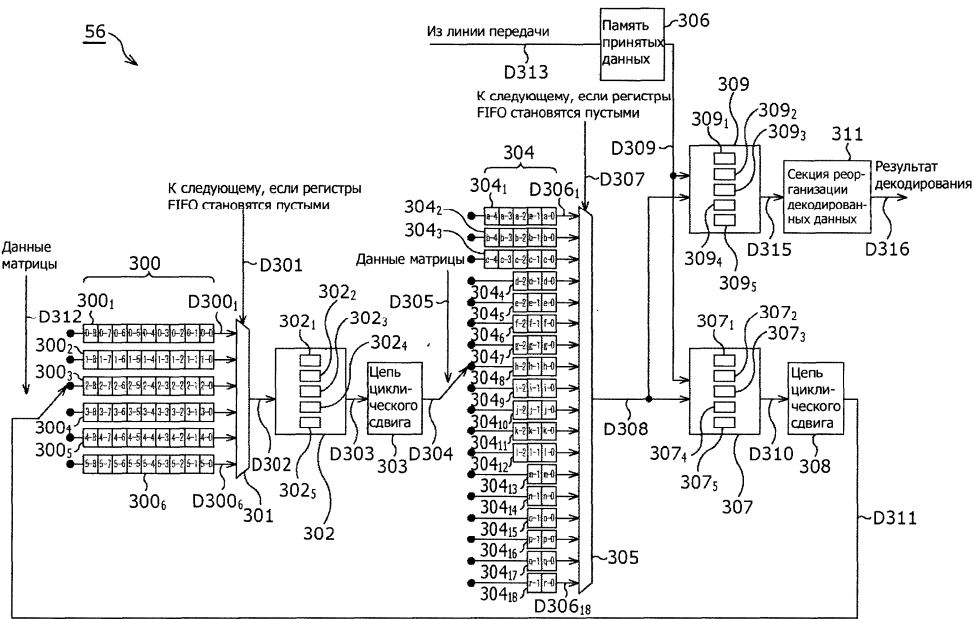
Фиг. 73



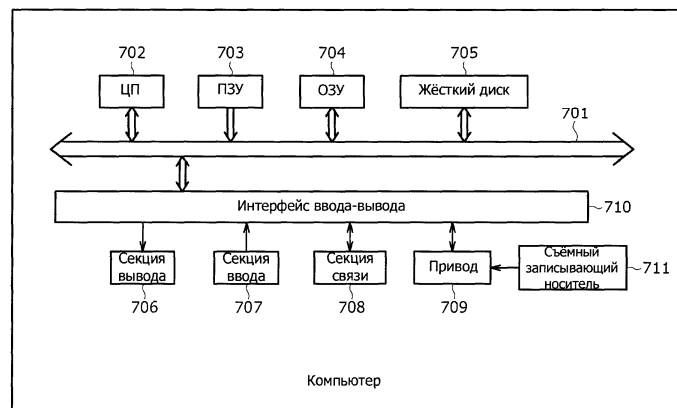
Фиг. 74



Фиг. 75



Фиг. 76



Фиг. 77

| r2/3 16K |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |  |  |
|----------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|--|--|--|
| 0        | 2084 | 1613 | 1548 | 1286 | 1460 | 3196 | 4297 | 2481 | 3369 | 3451 | 4620 | 2622 |  |  |  |
| 1        | 122  | 1516 | 3448 | 2880 | 1407 | 1847 | 3799 | 3529 | 373  | 971  | 4358 | 3108 |  |  |  |
| 2        | 259  | 3399 | 929  | 2650 | 864  | 3996 | 3833 | 107  | 5287 | 164  | 3125 | 2350 |  |  |  |
| 3        | 342  | 3529 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |  |  |
| 4        | 4198 | 2147 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |  |  |
| 5        | 1880 | 4836 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |  |  |
| 6        | 3864 | 4910 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |  |  |
| 7        | 243  | 1542 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |  |  |
| 8        | 3011 | 1436 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |  |  |
| 9        | 2167 | 2512 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |  |  |
| 10       | 4606 | 1003 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |  |  |
| 11       | 2835 | 705  |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |  |  |
| 12       | 3426 | 2365 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |  |  |
| 13       | 3848 | 2474 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |  |  |
| 14       | 1360 | 1743 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |  |  |
| 0        | 163  | 2536 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |  |  |
| 1        | 2583 | 1180 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |  |  |
| 2        | 1542 | 509  |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |  |  |
| 3        | 4418 | 1005 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |  |  |
| 4        | 5212 | 5117 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |  |  |
| 5        | 2155 | 2922 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |  |  |
| 6        | 347  | 2696 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |  |  |
| 7        | 226  | 4296 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |  |  |
| 8        | 1560 | 487  |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |  |  |
| 9        | 3926 | 1640 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |  |  |
| 10       | 149  | 2928 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |  |  |
| 11       | 2364 | 563  |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |  |  |
| 12       | 635  | 688  |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |  |  |
| 13       | 231  | 1684 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |  |  |
| 14       | 1129 | 3894 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |  |  |  |

Таблица начальных значений матрицы проверки на чётность, где  $r = \frac{2}{3}$ ,  $N = 16200$

Фиг. 78

Таблица начальных значений матрицы проверки на чётность, где  $\gamma = \frac{2}{3}$ ,  $N = 64800$

| r2/3 64K |                                                                     |
|----------|---------------------------------------------------------------------|
| 0        | 10491 16043 506 12826 8065 8226 2767 240 18673 9279 10579 20928     |
| 1        | 17819 8313 6433 6224 5120 5824 12812 17187 9940 13447 13825 18483   |
| 2        | 17957 6024 8681 18628 12794 5915 14576 10970 12064 20437 4455 7151  |
| 3        | 19777 6183 9972 14536 8182 17749 11341 5556 4379 17434 15477 18532  |
| 4        | 4651 19689 1608 659 16707 14335 6143 3058 14618 17894 20684 5306    |
| 5        | 9778 2552 12096 12369 15198 16890 4851 3109 1700 18725 1997 15882   |
| 6        | 486 6111 13743 11537 5591 7433 15227 14145 1483 3887 17431 12430    |
| 7        | 20647 14311 11734 4180 8110 5525 12141 15761 18661 18441 10569 8192 |
| 8        | 3791 14759 15264 19918 10132 9062 10010 12786 10675 9682 19246 5454 |
| 9        | 19525 9485 7777 19999 8378 9209 3163 20232 6690 16518 716 7353      |
| 10       | 4588 6709 20202 10905 915 4317 11073 13576 16433 368 3508 21171     |
| 11       | 14072 4033 19959 12608 631 19494 14160 8249 10223 21504 12395 4322  |
| 12       | 13800 14161                                                         |
| 13       | 2948 9647                                                           |
| 14       | 14693 16027                                                         |
| 15       | 20506 11082                                                         |
| 16       | 1143 9020                                                           |
| 17       | 13501 4014                                                          |
| 18       | 1548 2190                                                           |
| 19       | 12216 21556                                                         |
| 20       | 2095 19897                                                          |
| 21       | 4189 7958                                                           |
| 22       | 15940 10048                                                         |
| 23       | 515 12614                                                           |
| 24       | 8501 8450                                                           |
| 25       | 17595 16784                                                         |
| 26       | 5913 8495                                                           |
| 27       | 16394 10423                                                         |
| 28       | 7409 6981                                                           |
| 29       | 6678 15939                                                          |
| 30       | 20344 12987                                                         |
| 31       | 2510 14588                                                          |
| 32       | 17918 6655                                                          |
| 33       | 6703 19451                                                          |
| 34       | 496 4217                                                            |
| 35       | 7290 5766                                                           |
| 36       | 10521 8925                                                          |
| 37       | 20379 11905                                                         |
| 38       | 4090 5838                                                           |
| 39       | 19082 17040                                                         |

Фиг. 79

|    |       |       |
|----|-------|-------|
| 40 | 20233 | 12352 |
| 41 | 19365 | 19546 |
| 42 | 6249  | 19030 |
| 43 | 11037 | 19193 |
| 44 | 19760 | 11772 |
| 45 | 19644 | 7428  |
| 46 | 16076 | 3521  |
| 47 | 11779 | 21062 |
| 48 | 13062 | 9682  |
| 49 | 8934  | 5217  |
| 50 | 11087 | 3319  |
| 51 | 18892 | 4356  |
| 52 | 7894  | 3898  |
| 53 | 5963  | 4360  |
| 54 | 7346  | 11726 |
| 55 | 5182  | 5609  |
| 56 | 2412  | 17295 |
| 57 | 9845  | 20494 |
| 58 | 6687  | 1864  |
| 59 | 20564 | 5216  |
| 0  | 18226 | 17207 |
| 1  | 9380  | 8266  |
| 2  | 7073  | 3065  |
| 3  | 18252 | 13437 |
| 4  | 9161  | 15642 |
| 5  | 10714 | 10153 |
| 6  | 11585 | 9078  |
| 7  | 5359  | 9418  |
| 8  | 9024  | 9515  |
| 9  | 1206  | 16354 |
| 10 | 14994 | 1102  |
| 11 | 9375  | 20796 |
| 12 | 15964 | 6027  |
| 13 | 14789 | 6452  |
| 14 | 8002  | 18591 |
| 15 | 14742 | 14089 |
| 16 | 253   | 3045  |
| 17 | 1274  | 19286 |
| 18 | 14777 | 2044  |
| 19 | 13920 | 9900  |
| 20 | 452   | 7374  |

Фиг. 80

|    |       |       |
|----|-------|-------|
| 21 | 18206 | 9921  |
| 22 | 6131  | 5414  |
| 23 | 10077 | 9726  |
| 24 | 12045 | 5479  |
| 25 | 4322  | 7990  |
| 26 | 15616 | 5550  |
| 27 | 15561 | 10661 |
| 28 | 20718 | 7387  |
| 29 | 2518  | 18804 |
| 30 | 8984  | 2600  |
| 31 | 6516  | 17909 |
| 32 | 11148 | 98    |
| 33 | 20559 | 3704  |
| 34 | 7510  | 1569  |
| 35 | 16000 | 11692 |
| 36 | 9147  | 10303 |
| 37 | 16650 | 191   |
| 38 | 15577 | 18685 |
| 39 | 17167 | 20917 |
| 40 | 4256  | 3391  |
| 41 | 20092 | 17219 |
| 42 | 9218  | 5056  |
| 43 | 18429 | 8472  |
| 44 | 12093 | 20753 |
| 45 | 16345 | 12748 |
| 46 | 16023 | 11095 |
| 47 | 5048  | 17595 |
| 48 | 18995 | 4817  |
| 49 | 16483 | 3536  |
| 50 | 1439  | 16148 |
| 51 | 3661  | 3039  |
| 52 | 19010 | 18121 |
| 53 | 8968  | 11793 |
| 54 | 13427 | 18003 |
| 55 | 5303  | 3083  |
| 56 | 531   | 16668 |
| 57 | 4771  | 6722  |
| 58 | 5695  | 7960  |
| 59 | 3589  | 14630 |

Фиг. 81

```

r3/4 16K
3 3198 478 4207 1481 1009 2616 1924 3437 554 683 1801
4 2681 2135
5 3107 4027
6 2637 3373
7 3830 3449
8 4129 2060
9 4184 2742
10 3946 1070
11 2239 984
0 1458 3031
1 3003 1328
2 1137 1716
3 132 3725
4 1817 638
5 1774 3447
6 3632 1257
7 542 3694
8 1015 1945
9 1948 412
10 995 2238
11 4141 1907
0 2480 3079
1 3021 1088
2 713 1379
3 997 3903
4 2323 3361
5 1110 986
6 2532 142
7 1690 2405
8 1298 1881
9 615 174
10 1648 3112
11 1415 2808

```

Таблица начальных значений матрицы проверки на чётность, где  $r = \frac{3}{4}$ ,  $N = 16200$

ФИГ. 82

Таблица начальных значений матрицы проверки на чётность, где  $r = \frac{3}{4}$ ,  $N = 64800$

| $r3/4$ | 64K                                                          |
|--------|--------------------------------------------------------------|
| 0      | 6385 7901 14611 13389 11200 3252 5243 2504 2722 821 7374     |
| 1      | 11359 2698 357 13824 12772 7244 6752 15310 852 2001 11417    |
| 2      | 7862 7977 6321 13612 12197 14449 15137 13860 1708 6399 13444 |
| 3      | 1560 11804 6975 13292 3646 3812 8772 7306 5795 14327 7866    |
| 4      | 7626 11407 14599 9689 1628 2113 10809 9283 1230 15241 4870   |
| 5      | 1610 5699 15876 9446 12515 1400 6303 5411 14181 13925 7358   |
| 6      | 4059 8836 3405 7853 7992 15336 5970 10368 10278 9675 4651    |
| 7      | 4441 3963 9153 2109 12683 7459 12030 12221 629 15212 406     |
| 8      | 6007 8411 5771 3497 543 14202 875 9186 6235 13908 3563       |
| 9      | 3232 6625 4795 546 9781 2071 7312 3399 7250 4932 12652       |
| 10     | 8820 10088 11090 7069 6585 13134 10158 7183 488 7455 9238    |
| 11     | 1903 10818 119 215 7558 11046 10615 11545 14784 7961 15619   |
| 12     | 3655 8736 4917 15874 5129 2134 15944 14768 7150 2692 1469    |
| 13     | 8316 3820 505 8923 6757 806 7957 4216 15589 13244 2622       |
| 14     | 14463 4852 15733 3041 11193 12860 13673 8152 6551 15108 8758 |
| 15     | 3149 11981                                                   |
| 16     | 13416 6906                                                   |
| 17     | 13098 13352                                                  |
| 18     | 2009 14460                                                   |
| 19     | 7207 4314                                                    |
| 20     | 3312 3945                                                    |
| 21     | 4418 6248                                                    |
| 22     | 2669 13975                                                   |
| 23     | 7571 9023                                                    |
| 24     | 14172 2967                                                   |
| 25     | 7271 7138                                                    |
| 26     | 6135 13670                                                   |
| 27     | 7490 14559                                                   |
| 28     | 8657 2466                                                    |
| 29     | 8599 12834                                                   |
| 30     | 3470 3152                                                    |
| 31     | 13917 4365                                                   |
| 32     | 6024 13730                                                   |
| 33     | 10973 14182                                                  |
| 34     | 2464 13167                                                   |
| 35     | 5281 15049                                                   |
| 36     | 1103 1849                                                    |
| 37     | 2058 1069                                                    |
| 38     | 9654 6095                                                    |
| 39     | 14311 7667                                                   |

Фиг. 83

|    |       |       |
|----|-------|-------|
| 40 | 15617 | 8146  |
| 41 | 4588  | 11218 |
| 42 | 13660 | 6243  |
| 43 | 8578  | 7874  |
| 44 | 11741 | 2686  |
| 0  | 1022  | 1264  |
| 1  | 12604 | 9965  |
| 2  | 8217  | 2707  |
| 3  | 3156  | 11793 |
| 4  | 354   | 1514  |
| 5  | 6978  | 14058 |
| 6  | 7922  | 16079 |
| 7  | 15087 | 12138 |
| 8  | 5053  | 6470  |
| 9  | 12687 | 14932 |
| 10 | 15458 | 1763  |
| 11 | 8121  | 1721  |
| 12 | 12431 | 549   |
| 13 | 4129  | 7091  |
| 14 | 1426  | 8415  |
| 15 | 9783  | 7604  |
| 16 | 6295  | 11329 |
| 17 | 1409  | 12061 |
| 18 | 8065  | 9087  |
| 19 | 2918  | 8438  |
| 20 | 1293  | 14115 |
| 21 | 3922  | 13851 |
| 22 | 3851  | 4000  |
| 23 | 5865  | 1768  |
| 24 | 2655  | 14957 |
| 25 | 5565  | 6332  |
| 26 | 4303  | 12631 |
| 27 | 11653 | 12236 |
| 28 | 16025 | 7632  |
| 29 | 4655  | 14128 |
| 30 | 9584  | 13123 |
| 31 | 13987 | 9597  |
| 32 | 15409 | 12110 |
| 33 | 8754  | 15490 |
| 34 | 7416  | 15325 |
| 35 | 2909  | 15549 |

Фиг. 84

|    |       |       |
|----|-------|-------|
| 36 | 2995  | 8257  |
| 37 | 9406  | 4791  |
| 38 | 11111 | 4854  |
| 39 | 2812  | 8521  |
| 40 | 8476  | 14717 |
| 41 | 7820  | 15360 |
| 42 | 1179  | 7939  |
| 43 | 2357  | 8678  |
| 44 | 7703  | 6216  |
| 0  | 3477  | 7067  |
| 1  | 3931  | 13845 |
| 2  | 7675  | 12899 |
| 3  | 1754  | 8187  |
| 4  | 7785  | 1400  |
| 5  | 9213  | 5891  |
| 6  | 2494  | 7703  |
| 7  | 2576  | 7902  |
| 8  | 4821  | 15682 |
| 9  | 10426 | 11935 |
| 10 | 1810  | 904   |
| 11 | 11332 | 9264  |
| 12 | 11312 | 3570  |
| 13 | 14916 | 2650  |
| 14 | 7679  | 7842  |
| 15 | 6089  | 13084 |
| 16 | 3938  | 2751  |
| 17 | 8509  | 4648  |
| 18 | 12204 | 8917  |
| 19 | 5749  | 12443 |
| 20 | 12613 | 4431  |
| 21 | 1344  | 4014  |
| 22 | 8488  | 13850 |
| 23 | 1730  | 14896 |
| 24 | 14942 | 7126  |
| 25 | 14983 | 8863  |
| 26 | 6578  | 8564  |
| 27 | 4947  | 396   |
| 28 | 297   | 12805 |
| 29 | 13878 | 6692  |
| 30 | 11857 | 11186 |
| 31 | 14395 | 11493 |

Фиг. 85

|    |       |       |
|----|-------|-------|
| 32 | 16145 | 12251 |
| 33 | 13462 | 7428  |
| 34 | 14526 | 13119 |
| 35 | 2535  | 11243 |
| 36 | 6465  | 12690 |
| 37 | 6872  | 9334  |
| 38 | 15371 | 14023 |
| 39 | 8101  | 10187 |
| 40 | 11963 | 4848  |
| 41 | 15125 | 6119  |
| 42 | 8051  | 14465 |
| 43 | 11139 | 5167  |
| 44 | 2883  | 14521 |

Фиг. 86

| r\4/5 | 16K  |      |
|-------|------|------|
| 5     | 896  | 1565 |
| 6     | 2493 | 184  |
| 7     | 212  | 3210 |
| 8     | 727  | 1339 |
| 9     | 3428 | 612  |
| 0     | 2663 | 1947 |
| 1     | 230  | 2695 |
| 2     | 2025 | 2794 |
| 3     | 3039 | 283  |
| 4     | 862  | 2889 |
| 5     | 376  | 2110 |
| 6     | 2034 | 2286 |
| 7     | 951  | 2068 |
| 8     | 3108 | 3542 |
| 9     | 307  | 1421 |
| 0     | 2272 | 1197 |
| 1     | 1800 | 3280 |
| 2     | 331  | 2308 |
| 3     | 465  | 2552 |
| 4     | 1038 | 2479 |
| 5     | 1383 | 343  |
| 6     | 94   | 236  |
| 7     | 2619 | 121  |
| 8     | 1497 | 2774 |
| 9     | 2116 | 1855 |
| 0     | 722  | 1584 |
| 1     | 2767 | 1881 |
| 2     | 2701 | 1610 |
| 3     | 3283 | 1732 |
| 4     | 168  | 1099 |
| 5     | 3074 | 243  |
| 6     | 3460 | 945  |
| 7     | 2049 | 1746 |
| 8     | 566  | 1427 |
| 9     | 3545 | 1168 |

Таблица начальных значений матрицы проверки на чётность, где  $r = \frac{4}{5}$ ,  $N = 16200$

Фиг. 87

Таблица начальных значений матрицы проверки на чётность, где  $g = \frac{4}{5}$ ,  $N = 64800$

| r4/5 64K | s                                                    |
|----------|------------------------------------------------------|
| 0        | 149 11212 5575 6360 12559 8108 8505 408 10026 12828  |
| 1        | 5237 490 10677 4998 3869 3734 3092 3509 7703 10305   |
| 2        | 8742 5553 2820 7085 12116 10485 564 7795 2972 2157   |
| 3        | 2699 4304 8350 712 2841 3250 4731 10105 517 7516     |
| 4        | 12067 1351 11992 12191 11267 5161 537 6166 4246 2363 |
| 5        | 6828 7107 2127 3724 5743 11040 10756 4073 1011 3422  |
| 6        | 11259 1216 9526 1466 10816 940 3744 2815 11506 11573 |
| 7        | 4549 11507 1118 1274 11751 5207 7854 12803 4047 6484 |
| 8        | 8430 4115 9440 413 4455 2262 7915 12402 8579 7052    |
| 9        | 3885 9126 5665 4505 2343 253 4707 3742 4166 1556     |
| 10       | 1704 8936 6775 8639 8179 7954 8234 7850 8883 8713    |
| 11       | 11716 4344 9087 11264 2274 8832 9147 11930 6054 5455 |
| 12       | 7323 3970 10329 2170 8262 3854 2087 12899 9497 11700 |
| 13       | 4418 1467 2490 5841 817 11453 533 11217 11962 5251   |
| 14       | 1541 4525 7976 3457 9536 7725 3788 2982 6307 5997    |
| 15       | 11484 2739 4023 12107 6516 551 2572 6628 8150 9852   |
| 16       | 6070 1761 4627 6534 7913 3730 11866 1813 12306 8249  |
| 17       | 12441 5489 8748 7837 7660 2102 11341 2936 6712 11977 |
| 18       | 10155 4210                                           |
| 19       | 1010 10483                                           |
| 20       | 8900 10250                                           |
| 21       | 10243 12278                                          |
| 22       | 7070 4397                                            |
| 23       | 12271 3887                                           |
| 24       | 11980 6836                                           |
| 25       | 9514 4356                                            |
| 26       | 7137 10281                                           |
| 27       | 11881 2526                                           |
| 28       | 1969 11477                                           |
| 29       | 3044 10921                                           |
| 30       | 2236 8724                                            |
| 31       | 9104 6340                                            |
| 32       | 7342 8582                                            |
| 33       | 11675 10405                                          |
| 34       | 6467 12775                                           |
| 35       | 3186 12198                                           |
| 0        | 9621 11445                                           |
| 1        | 7486 5611                                            |
| 2        | 4319 4879                                            |
| 3        | 2196 344                                             |

Фиг. 88

|    |       |       |
|----|-------|-------|
| 4  | 7527  | 6650  |
| 5  | 10693 | 2440  |
| 6  | 6755  | 2706  |
| 7  | 5144  | 5998  |
| 8  | 11043 | 8033  |
| 9  | 4846  | 4435  |
| 10 | 4157  | 9228  |
| 11 | 12270 | 6562  |
| 12 | 11954 | 7592  |
| 13 | 7420  | 2592  |
| 14 | 8810  | 9636  |
| 15 | 689   | 5430  |
| 16 | 920   | 1304  |
| 17 | 1253  | 11934 |
| 18 | 9559  | 6016  |
| 19 | 312   | 7589  |
| 20 | 4439  | 4197  |
| 21 | 4002  | 9555  |
| 22 | 12232 | 7779  |
| 23 | 1494  | 8782  |
| 24 | 10749 | 3969  |
| 25 | 4368  | 3479  |
| 26 | 6316  | 5342  |
| 27 | 2455  | 3493  |
| 28 | 12157 | 7405  |
| 29 | 6598  | 11495 |
| 30 | 11805 | 4455  |
| 31 | 9625  | 2090  |
| 32 | 4731  | 2321  |
| 33 | 3578  | 2608  |
| 34 | 8504  | 1849  |
| 35 | 4027  | 1151  |
| 0  | 5647  | 4935  |
| 1  | 4219  | 1870  |
| 2  | 10968 | 8054  |
| 3  | 6970  | 5447  |
| 4  | 3217  | 5638  |
| 5  | 8972  | 669   |
| 6  | 5618  | 12472 |
| 7  | 1457  | 1280  |
| 8  | 8868  | 3883  |

Фиг. 89

|    |       |       |
|----|-------|-------|
| 9  | 8866  | 1224  |
| 10 | 8371  | 5972  |
| 11 | 266   | 4405  |
| 12 | 3706  | 3244  |
| 13 | 6039  | 5844  |
| 14 | 7200  | 3283  |
| 15 | 1502  | 11282 |
| 16 | 12318 | 2202  |
| 17 | 4523  | 965   |
| 18 | 9587  | 7011  |
| 19 | 2552  | 2051  |
| 20 | 12045 | 10306 |
| 21 | 11070 | 5104  |
| 22 | 6627  | 6906  |
| 23 | 9889  | 2121  |
| 24 | 829   | 9701  |
| 25 | 2201  | 1819  |
| 26 | 6689  | 12925 |
| 27 | 2139  | 8757  |
| 28 | 12004 | 5948  |
| 29 | 8704  | 3191  |
| 30 | 8171  | 10933 |
| 31 | 6297  | 7116  |
| 32 | 616   | 7146  |
| 33 | 5142  | 9761  |
| 34 | 10377 | 8138  |
| 35 | 7616  | 5811  |
| 0  | 7285  | 9863  |
| 1  | 7764  | 10867 |
| 2  | 12343 | 9019  |
| 3  | 4414  | 8331  |
| 4  | 3464  | 642   |
| 5  | 6960  | 2039  |
| 6  | 786   | 3021  |
| 7  | 710   | 2086  |
| 8  | 7423  | 5601  |
| 9  | 8120  | 4885  |
| 10 | 12385 | 11990 |
| 11 | 9739  | 10034 |
| 12 | 424   | 10162 |
| 13 | 1347  | 7597  |

Фиг. 90

|    |       |       |
|----|-------|-------|
| 14 | 1450  | 112   |
| 15 | 7965  | 8478  |
| 16 | 8945  | 7397  |
| 17 | 6590  | 8316  |
| 18 | 6838  | 9011  |
| 19 | 6174  | 9410  |
| 20 | 255   | 113   |
| 21 | 6197  | 5835  |
| 22 | 12902 | 3844  |
| 23 | 4377  | 3505  |
| 24 | 5478  | 8672  |
| 25 | 4453  | 2132  |
| 26 | 9724  | 1380  |
| 27 | 12131 | 11526 |
| 28 | 12323 | 9511  |
| 29 | 8231  | 1752  |
| 30 | 497   | 9022  |
| 31 | 9288  | 3080  |
| 32 | 2481  | 7515  |
| 33 | 2696  | 268   |
| 34 | 4023  | 12341 |
| 35 | 7108  | 5553  |

Фиг. 91

```

r5/6 16K
3 2409 499 1481 908 559 716 1270 333 2508 2264 1702 2805
4 2447 1926
5 414 1224
6 2114 842
7 212 573
0 2383 2112
1 2286 2348
2 545 819
3 1264 143
4 1701 2258
5 964 166
6 114 2413
7 2243 81
0 1245 1581
1 775 169
2 1696 1104
3 1914 2831
4 532 1450
5 91 974
6 497 2228
7 2326 1579
0 2482 256
1 1117 1261
2 1257 1658
3 1478 1225
4 2511 980
5 2320 2675
6 435 1278
7 228 503
0 1885 2369
1 57 483
2 838 1050
3 1231 1990
4 1738 68
5 2392 951
6 163 645
7 2644 1704

```

Таблица начальных значений матрицы проверки на чётность, где  $r = \frac{5}{6}$ ,  $N = 16200$

ФИГ. 92

Таблица начальных значений матрицы проверки на чётность, где  $r = \frac{5}{6}$ ,  $N = 64800$

| r5/6 64K | s                                                             |
|----------|---------------------------------------------------------------|
| 0        | 4362 416 8909 4156 3216 3112 2560 2912 6405 8593 4969 6723    |
| 1        | 2479 1786 8978 3011 4339 9313 6397 2957 7288 5484 6031 10217  |
| 2        | 10175 9009 9889 3091 4985 7267 4092 8874 5671 2777 2189 8716  |
| 3        | 9052 4795 3924 3370 10058 1128 9996 10165 9360 4297 434 5138  |
| 4        | 2379 7834 4835 2327 9843 804 329 8353 7167 3070 1528 7311     |
| 5        | 3435 7871 348 3693 1876 6585 10340 7144 5870 2084 4052 2780   |
| 6        | 3917 3111 3476 1304 10331 5939 5199 1611 1991 699 8316 9960   |
| 7        | 6883 3237 1717 10752 7891 9764 4745 3888 10009 4176 4614 1567 |
| 8        | 10587 2195 1689 2968 5420 2580 2883 6496 111 6023 1024 4449   |
| 9        | 3786 8593 2074 3321 5057 1450 3840 5444 6572 3094 9892 1512   |
| 10       | 8548 1848 10372 4585 7313 6536 6379 1766 9462 2456 5606 9975  |
| 11       | 8204 10593 7935 3636 3882 394 5968 8561 2395 7289 9267 9978   |
| 12       | 7795 74 1633 9542 6867 7352 6417 7568 10623 725 2531 9115     |
| 13       | 7151 2482 4260 5003 10105 7419 9203 6691 8798 2092 8263 3755  |
| 14       | 3600 570 4527 200 9718 6771 1995 8902 5446 768 1103 6520      |
| 15       | 6304 7621                                                     |
| 16       | 6498 9209                                                     |
| 17       | 7293 6786                                                     |
| 18       | 5950 1708                                                     |
| 19       | 8521 1793                                                     |
| 20       | 6174 7854                                                     |
| 21       | 9773 1190                                                     |
| 22       | 9517 10268                                                    |
| 23       | 2181 9349                                                     |
| 24       | 1949 5560                                                     |
| 25       | 1556 555                                                      |
| 26       | 8600 3827                                                     |
| 27       | 5072 1057                                                     |
| 28       | 7928 3542                                                     |
| 29       | 3226 3762                                                     |
| 0        | 7045 2420                                                     |
| 1        | 9645 2641                                                     |
| 2        | 2774 2452                                                     |
| 3        | 5331 2031                                                     |
| 4        | 9400 7503                                                     |
| 5        | 1850 2338                                                     |
| 6        | 10456 9774                                                    |
| 7        | 1692 9276                                                     |
| 8        | 10037 4038                                                    |
| 9        | 3964 338                                                      |

Фиг. 93

|    |       |       |
|----|-------|-------|
| 10 | 2640  | 5087  |
| 11 | 858   | 3473  |
| 12 | 5582  | 5683  |
| 13 | 9523  | 916   |
| 14 | 4107  | 1559  |
| 15 | 4506  | 3491  |
| 16 | 8191  | 4182  |
| 17 | 10192 | 6157  |
| 18 | 5668  | 3305  |
| 19 | 3449  | 1540  |
| 20 | 4766  | 2697  |
| 21 | 4069  | 6675  |
| 22 | 1117  | 1016  |
| 23 | 5619  | 3085  |
| 24 | 8483  | 8400  |
| 25 | 8255  | 394   |
| 26 | 6338  | 5042  |
| 27 | 6174  | 5119  |
| 28 | 7203  | 1989  |
| 29 | 1781  | 5174  |
| 0  | 1464  | 3559  |
| 1  | 3376  | 4214  |
| 2  | 7238  | 67    |
| 3  | 10595 | 8831  |
| 4  | 1221  | 6513  |
| 5  | 5300  | 4652  |
| 6  | 1429  | 9749  |
| 7  | 7878  | 5131  |
| 8  | 4435  | 10284 |
| 9  | 6331  | 5507  |
| 10 | 6662  | 4941  |
| 11 | 9614  | 10238 |
| 12 | 8400  | 8025  |
| 13 | 9156  | 5630  |
| 14 | 7067  | 8878  |
| 15 | 9027  | 3415  |
| 16 | 1690  | 3866  |
| 17 | 2854  | 8469  |
| 18 | 6206  | 630   |
| 19 | 363   | 5453  |
| 20 | 4125  | 7008  |

Фиг. 94

|    |       |       |
|----|-------|-------|
| 21 | 1612  | 6702  |
| 22 | 9069  | 9226  |
| 23 | 5767  | 4060  |
| 24 | 3743  | 9237  |
| 25 | 7018  | 5572  |
| 26 | 8892  | 4536  |
| 27 | 853   | 6064  |
| 28 | 8069  | 5893  |
| 29 | 2051  | 2885  |
| 0  | 10691 | 3153  |
| 1  | 3602  | 4055  |
| 2  | 328   | 1717  |
| 3  | 2219  | 9299  |
| 4  | 1939  | 7898  |
| 5  | 617   | 206   |
| 6  | 8544  | 1374  |
| 7  | 10676 | 3240  |
| 8  | 6672  | 9489  |
| 9  | 3170  | 7457  |
| 10 | 7868  | 5731  |
| 11 | 6121  | 10732 |
| 12 | 4843  | 9132  |
| 13 | 580   | 9591  |
| 14 | 6267  | 9290  |
| 15 | 3009  | 2268  |
| 16 | 195   | 2419  |
| 17 | 8016  | 1557  |
| 18 | 1516  | 9195  |
| 19 | 8062  | 9064  |
| 20 | 2095  | 8968  |
| 21 | 753   | 7326  |
| 22 | 6291  | 3833  |
| 23 | 2614  | 7844  |
| 24 | 2303  | 646   |
| 25 | 2075  | 611   |
| 26 | 4687  | 362   |
| 27 | 8684  | 9940  |
| 28 | 4830  | 2065  |
| 29 | 7038  | 1363  |
| 0  | 1769  | 7837  |
| 1  | 3801  | 1689  |

Фиг. 95

|    |       |       |
|----|-------|-------|
| 2  | 10070 | 2359  |
| 3  | 3667  | 9918  |
| 4  | 1914  | 6920  |
| 5  | 4244  | 5669  |
| 6  | 10245 | 7821  |
| 7  | 7648  | 3944  |
| 8  | 3310  | 5488  |
| 9  | 6346  | 9666  |
| 10 | 7088  | 6122  |
| 11 | 1291  | 7827  |
| 12 | 10592 | 8945  |
| 13 | 3609  | 7120  |
| 14 | 9168  | 9112  |
| 15 | 6203  | 8052  |
| 16 | 3330  | 2895  |
| 17 | 4264  | 10563 |
| 18 | 10556 | 6496  |
| 19 | 8807  | 7645  |
| 20 | 1999  | 4530  |
| 21 | 9202  | 6818  |
| 22 | 3403  | 1734  |
| 23 | 2106  | 9023  |
| 24 | 6881  | 3883  |
| 25 | 3895  | 2171  |
| 26 | 4062  | 6424  |
| 27 | 3755  | 9536  |
| 28 | 4683  | 2131  |
| 29 | 7347  | 8027  |

Фиг. 96

Таблица начальных значений матрицы проверки на чётность, где  $r = \frac{8}{9}$ ,  $N = 16200$

| $r8/9$ | 16K            |
|--------|----------------|
| 0      | 1558 712 805   |
| 1      | 1450 873 1337  |
| 2      | 1741 1129 1184 |
| 3      | 294 806 1566   |
| 4      | 482 605 923    |
| 0      | 926 1578       |
| 1      | 777 1374       |
| 2      | 608 151        |
| 3      | 1195 210       |
| 4      | 1484 692       |
| 0      | 427 488        |
| 1      | 828 1124       |
| 2      | 874 1366       |
| 3      | 1500 835       |
| 4      | 1496 502       |
| 0      | 1006 1701      |
| 1      | 1155 97        |
| 2      | 657 1403       |
| 3      | 1453 624       |
| 4      | 429 1495       |
| 0      | 809 385        |
| 1      | 367 151        |
| 2      | 1323 202       |
| 3      | 960 318        |
| 4      | 1451 1039      |
| 0      | 1098 1722      |
| 1      | 1015 1428      |
| 2      | 1261 1564      |
| 3      | 544 1190       |
| 4      | 1472 1246      |
| 0      | 508 630        |
| 1      | 421 1704       |
| 2      | 284 898        |
| 3      | 392 577        |
| 4      | 1155 556       |
| 0      | 631 1000       |
| 1      | 732 1368       |
| 2      | 1328 329       |
| 3      | 1515 506       |
| 4      | 1104 1172      |

Фиг. 97

Таблица начальных значений матрицы проверки на чётность, где  $\gamma = \frac{8}{9}$ ,  $N = 64800$

| r8/9 64K          | s |
|-------------------|---|
| 0 6235 2848 3222  |   |
| 1 5800 3492 5348  |   |
| 2 2757 927 90     |   |
| 3 6961 4516 4739  |   |
| 4 1172 3237 6264  |   |
| 5 1927 2425 3683  |   |
| 6 3714 6309 2495  |   |
| 7 3070 6342 7154  |   |
| 8 2428 613 3761   |   |
| 9 2906 264 5927   |   |
| 10 1716 1950 4273 |   |
| 11 4613 6179 3491 |   |
| 12 4865 3286 6005 |   |
| 13 1343 5923 3529 |   |
| 14 4589 4035 2132 |   |
| 15 1579 3920 6737 |   |
| 16 1644 1191 5998 |   |
| 17 1482 2381 4620 |   |
| 18 6791 6014 6596 |   |
| 19 2738 5918 3786 |   |
| 0 5156 6166       |   |
| 1 1504 4356       |   |
| 2 130 1904        |   |
| 3 6027 3187       |   |
| 4 6718 759        |   |
| 5 6240 2870       |   |
| 6 2343 1311       |   |
| 7 1039 5465       |   |
| 8 6617 2513       |   |
| 9 1588 5222       |   |
| 10 6561 535       |   |
| 11 4765 2054      |   |
| 12 5966 6892      |   |
| 13 1969 3869      |   |
| 14 3571 2420      |   |
| 15 4632 981       |   |
| 16 3215 4163      |   |
| 17 973 3117       |   |
| 18 3802 6198      |   |
| 19 3794 3948      |   |

Фиг. 98

|    |      |      |
|----|------|------|
| 0  | 3196 | 6126 |
| 1  | 573  | 1909 |
| 2  | 850  | 4034 |
| 3  | 5622 | 1601 |
| 4  | 6005 | 524  |
| 5  | 5251 | 5783 |
| 6  | 172  | 2032 |
| 7  | 1875 | 2475 |
| 8  | 497  | 1291 |
| 9  | 2566 | 3430 |
| 10 | 1249 | 740  |
| 11 | 2944 | 1948 |
| 12 | 6528 | 2899 |
| 13 | 2243 | 3616 |
| 14 | 867  | 3733 |
| 15 | 1374 | 4702 |
| 16 | 4698 | 2285 |
| 17 | 4760 | 3917 |
| 18 | 1859 | 4058 |
| 19 | 6141 | 3527 |
| 0  | 2148 | 5066 |
| 1  | 1306 | 145  |
| 2  | 2319 | 871  |
| 3  | 3463 | 1061 |
| 4  | 5554 | 6647 |
| 5  | 5837 | 339  |
| 6  | 5821 | 4932 |
| 7  | 6356 | 4756 |
| 8  | 3930 | 418  |
| 9  | 211  | 3094 |
| 10 | 1007 | 4928 |
| 11 | 3584 | 1235 |
| 12 | 6982 | 2869 |
| 13 | 1612 | 1013 |
| 14 | 953  | 4964 |
| 15 | 4555 | 4410 |
| 16 | 4925 | 4842 |
| 17 | 5778 | 600  |
| 18 | 6509 | 2417 |
| 19 | 1260 | 4903 |
| 0  | 3369 | 3031 |

Фиг. 99

|    |      |      |
|----|------|------|
| 1  | 3557 | 3224 |
| 2  | 3028 | 583  |
| 3  | 3258 | 440  |
| 4  | 6226 | 6655 |
| 5  | 4895 | 1094 |
| 6  | 1481 | 6847 |
| 7  | 4433 | 1932 |
| 8  | 2107 | 1649 |
| 9  | 2119 | 2065 |
| 10 | 4003 | 6388 |
| 11 | 6720 | 3622 |
| 12 | 3694 | 4521 |
| 13 | 1164 | 7050 |
| 14 | 1965 | 3613 |
| 15 | 4331 | 66   |
| 16 | 2970 | 1796 |
| 17 | 4652 | 3218 |
| 18 | 1762 | 4777 |
| 19 | 5736 | 1399 |
| 0  | 970  | 2572 |
| 1  | 2062 | 6599 |
| 2  | 4597 | 4870 |
| 3  | 1228 | 6913 |
| 4  | 4159 | 1037 |
| 5  | 2916 | 2362 |
| 6  | 395  | 1226 |
| 7  | 6911 | 4548 |
| 8  | 4618 | 2241 |
| 9  | 4120 | 4280 |
| 10 | 5825 | 474  |
| 11 | 2154 | 5558 |
| 12 | 3793 | 5471 |
| 13 | 5707 | 1595 |
| 14 | 1403 | 325  |
| 15 | 6601 | 5183 |
| 16 | 6369 | 4569 |
| 17 | 4846 | 896  |
| 18 | 7092 | 6184 |
| 19 | 6764 | 7127 |
| 0  | 6358 | 1951 |
| 1  | 3117 | 6960 |

Фиг. 100

|    |      |      |
|----|------|------|
| 2  | 2710 | 7062 |
| 3  | 1133 | 3604 |
| 4  | 3694 | 657  |
| 5  | 1355 | 110  |
| 6  | 3329 | 6736 |
| 7  | 2505 | 3407 |
| 8  | 2462 | 4806 |
| 9  | 4216 | 214  |
| 10 | 5348 | 5619 |
| 11 | 6627 | 6243 |
| 12 | 2644 | 5073 |
| 13 | 4212 | 5088 |
| 14 | 3463 | 3889 |
| 15 | 5306 | 478  |
| 16 | 4320 | 6121 |
| 17 | 3961 | 1125 |
| 18 | 5699 | 1195 |
| 19 | 6511 | 792  |
| 0  | 3934 | 2778 |
| 1  | 3238 | 6587 |
| 2  | 1111 | 6596 |
| 3  | 1457 | 6226 |
| 4  | 1446 | 3885 |
| 5  | 3907 | 4043 |
| 6  | 6839 | 2873 |
| 7  | 1733 | 5615 |
| 8  | 5202 | 4269 |
| 9  | 3024 | 4722 |
| 10 | 5445 | 6372 |
| 11 | 370  | 1828 |
| 12 | 4695 | 1600 |
| 13 | 680  | 2074 |
| 14 | 1801 | 6690 |
| 15 | 2669 | 1377 |
| 16 | 2463 | 1681 |
| 17 | 5972 | 5171 |
| 18 | 5728 | 4284 |
| 19 | 1696 | 1459 |

Фиг. 101

Таблица начальных значений матрицы проверки на чётность, где  $\gamma = \frac{9}{10}$ ,  $N=64800$

$\gamma 9/10$  64K

|    |      |      |      |
|----|------|------|------|
| 0  | 5611 | 2563 | 2900 |
| 1  | 5220 | 3143 | 4813 |
| 2  | 2481 | 834  | 81   |
| 3  | 6265 | 4064 | 4265 |
| 4  | 1055 | 2914 | 5638 |
| 5  | 1734 | 2182 | 3315 |
| 6  | 3342 | 5678 | 2246 |
| 7  | 2185 | 552  | 3385 |
| 8  | 2615 | 236  | 5334 |
| 9  | 1546 | 1755 | 3846 |
| 10 | 4154 | 5561 | 3142 |
| 11 | 4382 | 2957 | 5400 |
| 12 | 1209 | 5329 | 3179 |
| 13 | 1421 | 3528 | 6063 |
| 14 | 1480 | 1072 | 5398 |
| 15 | 3843 | 1777 | 4369 |
| 16 | 1334 | 2145 | 4163 |
| 17 | 2368 | 5055 | 260  |
| 0  | 6118 | 5405 |      |
| 1  | 2994 | 4370 |      |
| 2  | 3405 | 1669 |      |
| 3  | 4640 | 5550 |      |
| 4  | 1354 | 3921 |      |
| 5  | 117  | 1713 |      |
| 6  | 5425 | 2866 |      |
| 7  | 6047 | 683  |      |
| 8  | 5616 | 2582 |      |
| 9  | 2108 | 1179 |      |
| 10 | 933  | 4921 |      |
| 11 | 5953 | 2261 |      |
| 12 | 1430 | 4699 |      |
| 13 | 5905 | 480  |      |
| 14 | 4289 | 1846 |      |
| 15 | 5374 | 6208 |      |
| 16 | 1775 | 3476 |      |
| 17 | 3216 | 2178 |      |
| 0  | 4165 | 884  |      |
| 1  | 2896 | 3744 |      |
| 2  | 874  | 2801 |      |
| 3  | 3423 | 5579 |      |

Фиг. 102

|    |      |      |
|----|------|------|
| 4  | 3404 | 3552 |
| 5  | 2876 | 5515 |
| 6  | 516  | 1719 |
| 7  | 765  | 3631 |
| 8  | 5059 | 1441 |
| 9  | 5629 | 598  |
| 10 | 5405 | 473  |
| 11 | 4724 | 5210 |
| 12 | 155  | 1832 |
| 13 | 1689 | 2229 |
| 14 | 449  | 1164 |
| 15 | 2308 | 3088 |
| 16 | 1122 | 669  |
| 17 | 2268 | 5758 |
| 0  | 5878 | 2609 |
| 1  | 782  | 3359 |
| 2  | 1231 | 4231 |
| 3  | 4225 | 2052 |
| 4  | 4286 | 3517 |
| 5  | 5531 | 3184 |
| 6  | 1935 | 4560 |
| 7  | 1174 | 131  |
| 8  | 3115 | 956  |
| 9  | 3129 | 1088 |
| 10 | 5238 | 4440 |
| 11 | 5722 | 4280 |
| 12 | 3540 | 375  |
| 13 | 191  | 2782 |
| 14 | 906  | 4432 |
| 15 | 3225 | 1111 |
| 16 | 6296 | 2583 |
| 17 | 1457 | 903  |
| 0  | 855  | 4475 |
| 1  | 4097 | 3970 |
| 2  | 4433 | 4361 |
| 3  | 5198 | 541  |
| 4  | 1146 | 4426 |
| 5  | 3202 | 2902 |
| 6  | 2724 | 525  |
| 7  | 1083 | 4124 |
| 8  | 2326 | 6003 |

Фиг. 103

|    |      |      |
|----|------|------|
| 9  | 5605 | 5990 |
| 10 | 4376 | 1579 |
| 11 | 4407 | 984  |
| 12 | 1332 | 6163 |
| 13 | 5359 | 3975 |
| 14 | 1907 | 1854 |
| 15 | 3601 | 5748 |
| 16 | 6056 | 3266 |
| 17 | 3322 | 4085 |
| 0  | 1768 | 3244 |
| 1  | 2149 | 144  |
| 2  | 1589 | 4291 |
| 3  | 5154 | 1252 |
| 4  | 1855 | 5939 |
| 5  | 4820 | 2706 |
| 6  | 1475 | 3360 |
| 7  | 4266 | 693  |
| 8  | 4156 | 2018 |
| 9  | 2103 | 752  |
| 10 | 3710 | 3853 |
| 11 | 5123 | 931  |
| 12 | 6146 | 3323 |
| 13 | 1939 | 5002 |
| 14 | 5140 | 1437 |
| 15 | 1263 | 293  |
| 16 | 5949 | 4665 |
| 17 | 4548 | 6380 |
| 0  | 3171 | 4690 |
| 1  | 5204 | 2114 |
| 2  | 6384 | 5565 |
| 3  | 5722 | 1757 |
| 4  | 2805 | 6264 |
| 5  | 1202 | 2616 |
| 6  | 1018 | 3244 |
| 7  | 4018 | 5289 |
| 8  | 2257 | 3067 |
| 9  | 2483 | 3073 |
| 10 | 1196 | 5329 |
| 11 | 649  | 3918 |
| 12 | 3791 | 4581 |
| 13 | 5028 | 3803 |

Фиг. 104

|    |      |      |
|----|------|------|
| 14 | 3119 | 3506 |
| 15 | 4779 | 431  |
| 16 | 3888 | 5510 |
| 17 | 4387 | 4084 |
| 0  | 5836 | 1692 |
| 1  | 5126 | 1078 |
| 2  | 5721 | 6165 |
| 3  | 3540 | 2499 |
| 4  | 2225 | 6348 |
| 5  | 1044 | 1484 |
| 6  | 6323 | 4042 |
| 7  | 1313 | 5603 |
| 8  | 1303 | 3496 |
| 9  | 3516 | 3639 |
| 10 | 5161 | 2293 |
| 11 | 4682 | 3845 |
| 12 | 3045 | 643  |
| 13 | 2818 | 2616 |
| 14 | 3267 | 649  |
| 15 | 6236 | 593  |
| 16 | 646  | 2948 |
| 17 | 4213 | 1442 |
| 0  | 5779 | 1596 |
| 1  | 2403 | 1237 |
| 2  | 2217 | 1514 |
| 3  | 5609 | 716  |
| 4  | 5155 | 3858 |
| 5  | 1517 | 1312 |
| 6  | 2554 | 3158 |
| 7  | 5280 | 2643 |
| 8  | 4990 | 1353 |
| 9  | 5648 | 1170 |
| 10 | 1152 | 4366 |
| 11 | 3561 | 5368 |
| 12 | 3581 | 1411 |
| 13 | 5647 | 4661 |
| 14 | 1542 | 5401 |
| 15 | 5078 | 2687 |
| 16 | 316  | 1755 |
| 17 | 3392 | 1991 |

Фиг. 105

r1/4 64K

23606 36098 1140 28859 18148 18510 6226 540 42014 20879 23802 47088  
 16419 24928 16609 17248 7693 24997 42587 16858 34921 21042 37024 20692  
 1874 40094 18704 14474 14004 11519 13106 28826 38669 22363 30255 31105  
 22254 40564 22645 22532 6134 9176 39998 23892 8937 15608 16854 31009  
 8037 40401 13550 19526 41902 28782 13304 32796 24679 27140 45980 10021  
 40540 44498 13911 22435 32701 18405 39929 25521 12497 9851 39223 34823  
 15233 45333 5041 44979 45710 42150 19416 1892 23121 15860 8832 10308  
 10468 44296 3611 1480 37581 32254 13817 6883 32892 40258 46538 11940  
 6705 21634 28150 43757 895 6547 20970 28914 30117 25736 41734 11392  
 22002 5739 27210 27828 34192 37992 10915 6998 3824 42130 4494 35739  
 8515 1191 13642 30950 25943 12673 16726 34261 31828 3340 8747 39225  
 18979 17058 43130 4246 4793 44030 19454 29511 47929 15174 24333 19354  
 16694 8381 29642 46516 32224 26344 9405 18292 12437 27316 35466 41992  
 15642 5871 46489 26723 23396 7257 8974 3156 37420 44823 35423 13541  
 42858 32008 41282 38773 26570 2702 27260 46974 1469 20887 27426 38553  
 22152 24261 8297  
 19347 9978 27802  
 34991 6354 33561  
 29782 30875 29523  
 9278 48512 14349  
 38061 4165 43878  
 8548 33172 34410  
 22535 28811 23950  
 20439 4027 24186  
 38618 8187 30947  
 35538 43880 21459  
 7091 45616 15063  
 5505 9315 21908  
 36046 32914 11836  
 7304 39782 33721  
 16905 29962 12980  
 11171 23709 22460  
 34541 9937 44500  
 14035 47316 8815  
 15057 45482 24461  
 30518 36877 879  
 7583 13364 24332  
 448 27056 4682  
 12083 31378 21670  
 1159 18031 2221  
 17028 38715 9350  
 17343 24530 29574

Фиг. 106

46128 31039 32818  
 20373 36967 18345  
 46685 20622 32806

Фиг. 107

r1/3 64K

|       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 34903 | 20927 | 32093 | 1052  | 25611 | 16093 | 16454 | 5520  | 506   | 37399 | 18518 | 21120 |
| 11636 | 14594 | 22158 | 14763 | 15333 | 6838  | 22222 | 37856 | 14985 | 31041 | 18704 | 32910 |
| 17449 | 1665  | 35639 | 16624 | 12867 | 12449 | 10241 | 11650 | 25622 | 34372 | 19878 | 26894 |
| 29235 | 19780 | 36056 | 20129 | 20029 | 5457  | 8157  | 35554 | 21237 | 7943  | 13873 | 14980 |
| 9912  | 7143  | 35911 | 12043 | 17360 | 37253 | 25588 | 11827 | 29152 | 21936 | 24125 | 40870 |
| 40701 | 36035 | 39556 | 12366 | 19946 | 29072 | 16365 | 35495 | 22686 | 11106 | 8756  | 34863 |
| 19165 | 15702 | 13536 | 40238 | 4465  | 40034 | 40590 | 37540 | 17162 | 1712  | 20577 | 14138 |
| 31338 | 19342 | 9301  | 39375 | 3211  | 1316  | 33409 | 28670 | 12282 | 6118  | 29236 | 35787 |
| 11504 | 30506 | 19558 | 5100  | 24188 | 24738 | 30397 | 33775 | 9699  | 6215  | 3397  | 37451 |
| 34689 | 23126 | 7571  | 1058  | 12127 | 27518 | 23064 | 11265 | 14867 | 30451 | 28289 | 2966  |
| 11660 | 15334 | 16867 | 15160 | 38343 | 3778  | 4265  | 39139 | 17293 | 26229 | 42604 | 13486 |
| 31497 | 1365  | 14828 | 7453  | 26350 | 41346 | 28643 | 23421 | 8354  | 16255 | 11055 | 24279 |
| 15687 | 12467 | 13906 | 5215  | 41328 | 23755 | 20800 | 6447  | 7970  | 2803  | 33262 | 39843 |
| 5363  | 22469 | 38091 | 28457 | 36696 | 34471 | 23619 | 2404  | 24229 | 41754 | 1297  | 18563 |
| 3673  | 39070 | 14480 | 30279 | 37483 | 7580  | 29519 | 30519 | 39831 | 20252 | 18132 | 20010 |
| 34386 | 7252  | 27526 | 12950 | 6875  | 43020 | 31566 | 39069 | 18985 | 15541 | 40020 | 16715 |
| 1721  | 37332 | 39953 | 17430 | 32134 | 29162 | 10490 | 12971 | 28581 | 29331 | 6489  | 35383 |
| 736   | 7022  | 42349 | 8783  | 6767  | 11871 | 21675 | 10325 | 11548 | 25978 | 431   | 24085 |
| 1925  | 10602 | 28585 | 12170 | 15156 | 34404 | 8351  | 13273 | 20208 | 5800  | 15367 | 21764 |
| 16279 | 37832 | 34792 | 21250 | 34192 | 7406  | 41488 | 18346 | 29227 | 26127 | 25493 | 7048  |
| 39948 | 28229 | 24899 |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 17408 | 14274 | 38993 |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 38774 | 15968 | 28459 |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 41404 | 27249 | 27425 |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 41229 | 6082  | 43114 |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 13957 | 4979  | 40654 |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 3093  | 3438  | 34992 |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 34082 | 6172  | 28760 |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 42210 | 34141 | 41021 |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 14705 | 17783 | 10134 |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 41755 | 39884 | 22773 |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 14615 | 15593 | 1642  |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 29111 | 37061 | 39860 |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 9579  | 33552 | 633   |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 12951 | 21137 | 39608 |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 38244 | 27361 | 29417 |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 2939  | 10172 | 36479 |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 29094 | 5357  | 19224 |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 9562  | 24436 | 28637 |       |       |       |       |       |       |       |       |       |

Фиг. 108

|       |       |       |
|-------|-------|-------|
| 40177 | 2326  | 13504 |
| 6834  | 21583 | 42516 |
| 40651 | 42810 | 25709 |
| 31557 | 32138 | 38142 |
| 18624 | 41867 | 39296 |
| 37560 | 14295 | 16245 |
| 6821  | 21679 | 31570 |
| 25339 | 25083 | 22081 |
| 8047  | 697   | 35268 |
| 9884  | 17073 | 19995 |
| 26848 | 35245 | 8390  |
| 18658 | 16134 | 14807 |
| 12201 | 32944 | 5035  |
| 25236 | 1216  | 38986 |
| 42994 | 24782 | 8681  |
| 28321 | 4932  | 34249 |
| 4107  | 29382 | 32124 |
| 22157 | 2624  | 14468 |
| 38788 | 27081 | 7936  |
| 4368  | 26148 | 10578 |
| 25353 | 4122  | 39751 |

Фиг. 109

r2/5 64K

|       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| 31413 | 18834 | 28884 | 947   | 23050 | 14484 | 14809 | 4968  | 455   | 33659 | 16666 | 19008 |
| 13172 | 19939 | 13354 | 13719 | 6132  | 20086 | 34040 | 13442 | 27958 | 16813 | 29619 | 16553 |
| 1499  | 32075 | 14962 | 11578 | 11204 | 9217  | 10485 | 23062 | 30936 | 17892 | 24204 | 24885 |
| 32490 | 18086 | 18007 | 4957  | 7285  | 32073 | 19038 | 7152  | 12486 | 13483 | 24808 | 21759 |
| 32321 | 10839 | 15620 | 33521 | 23030 | 10646 | 26236 | 19744 | 21713 | 36784 | 8016  | 12869 |
| 35597 | 11129 | 17948 | 26160 | 14729 | 31943 | 20416 | 10000 | 7882  | 31380 | 27858 | 33356 |
| 14125 | 12131 | 36199 | 4058  | 35992 | 36594 | 33698 | 15475 | 1566  | 18498 | 12725 | 7067  |
| 17406 | 8372  | 35437 | 2888  | 1184  | 30068 | 25802 | 11056 | 5507  | 26313 | 32205 | 37232 |
| 15254 | 5365  | 17308 | 22519 | 35009 | 718   | 5240  | 16778 | 23131 | 24092 | 20587 | 33385 |
| 27455 | 17602 | 4590  | 21767 | 22266 | 27357 | 30400 | 8732  | 5596  | 3060  | 33703 | 3596  |
| 6882  | 873   | 10997 | 24738 | 20770 | 10067 | 13379 | 27409 | 25463 | 2673  | 6998  | 31378 |
| 15181 | 13645 | 34501 | 3393  | 3840  | 35227 | 15562 | 23615 | 38342 | 12139 | 19471 | 15483 |
| 13350 | 6707  | 23709 | 37204 | 25778 | 21082 | 7511  | 14588 | 10010 | 21854 | 28375 | 33591 |
| 12514 | 4695  | 37190 | 21379 | 18723 | 5802  | 7182  | 2529  | 29936 | 35860 | 28338 | 10835 |
| 34283 | 25610 | 33026 | 31017 | 21259 | 2165  | 21807 | 37578 | 1175  | 16710 | 21939 | 30841 |
| 27292 | 33730 | 6836  | 26476 | 27539 | 35784 | 18245 | 16394 | 17939 | 23094 | 19216 | 17432 |
| 11655 | 6183  | 38708 | 28408 | 35157 | 17089 | 13998 | 36029 | 15052 | 16617 | 5638  | 36464 |
| 15693 | 28923 | 26245 | 9432  | 11675 | 25720 | 26405 | 5838  | 31851 | 26898 | 8090  | 37037 |
| 24418 | 27583 | 7959  | 35562 | 37771 | 17784 | 11382 | 11156 | 37855 | 7073  | 21685 | 34515 |
| 10977 | 13633 | 30969 | 7516  | 11943 | 18199 | 5231  | 13825 | 19589 | 23661 | 11150 | 35602 |
| 19124 | 30774 | 6670  | 37344 | 16510 | 26317 | 23518 | 22957 | 6348  | 34069 | 8845  | 20175 |
| 34985 | 14441 | 25668 | 4116  | 3019  | 21049 | 37308 | 24551 | 24727 | 20104 | 24850 | 12114 |
| 38187 | 28527 | 13108 | 13985 | 1425  | 21477 | 30807 | 8613  | 26241 | 33368 | 35913 | 32477 |
| 5903  | 34390 | 24641 | 26556 | 23007 | 27305 | 38247 | 2621  | 9122  | 32806 | 21554 | 18685 |
| 17287 | 27292 | 19033 |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 25796 | 31795 | 12152 |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 12184 | 35088 | 31226 |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 38263 | 33386 | 24892 |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 23114 | 37995 | 29796 |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 34336 | 10551 | 36245 |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 35407 | 175   | 7203  |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 14654 | 38201 | 22605 |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 28404 | 6595  | 1018  |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 19932 | 3524  | 29305 |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 31749 | 20247 | 8128  |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 18026 | 36357 | 26735 |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 7543  | 29767 | 13588 |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 13333 | 25965 | 8463  |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 14504 | 36796 | 19710 |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 4528  | 25299 | 7318  |       |       |       |       |       |       |       |       |       |
| 35091 | 25550 | 14798 |       |       |       |       |       |       |       |       |       |

Фиг. 110

|       |       |       |
|-------|-------|-------|
| 7824  | 215   | 1248  |
| 30848 | 5362  | 17291 |
| 28932 | 30249 | 27073 |
| 13062 | 2103  | 16206 |
| 7129  | 32062 | 19612 |
| 9512  | 21936 | 38833 |
| 35849 | 33754 | 23450 |
| 18705 | 28656 | 18111 |
| 22749 | 27456 | 32187 |
| 28229 | 31684 | 30160 |
| 15293 | 8483  | 28002 |
| 14880 | 13334 | 12584 |
| 28646 | 2558  | 19687 |
| 6259  | 4499  | 26336 |
| 11952 | 28386 | 8405  |
| 10609 | 961   | 7582  |
| 10423 | 13191 | 26818 |
| 15922 | 36654 | 21450 |
| 10492 | 1532  | 1205  |
| 30551 | 36482 | 22153 |
| 5156  | 11330 | 34243 |
| 28616 | 35369 | 13322 |
| 8962  | 1485  | 21186 |
| 23541 | 17445 | 35561 |
| 33133 | 11593 | 19895 |
| 33917 | 7863  | 33651 |
| 20063 | 28331 | 10702 |
| 13195 | 21107 | 21859 |
| 4364  | 31137 | 4804  |
| 5585  | 2037  | 4830  |
| 30672 | 16927 | 14800 |

Фиг. 111

```

r1/2 64K
54 9318 14392 27561 26909 10219 2534 8597
55 7263 4635 2530 28130 3033 23830 3651
56 24731 23583 26036 17299 5750 792 9169
57 5811 26154 18653 11551 15447 13685 16264
58 12610 11347 28768 2792 3174 29371 12997
59 16789 16018 21449 6165 21202 15850 3186
60 31016 21449 17618 6213 12166 8334 18212
61 22836 14213 11327 5896 718 11727 9308
62 2091 24941 29966 23634 9013 15587 5444
63 22207 3983 16904 28534 21415 27524 25912
64 25687 4501 22193 14665 14798 16158 5491
65 4520 17094 23397 4264 22370 16941 21526
66 10490 6182 32370 9597 30841 25954 2762
67 22120 22865 29870 15147 13668 14955 19235
68 6689 18408 18346 9918 25746 5443 20645
69 29982 12529 13858 4746 30370 10023 24828
70 1262 28032 29888 13063 24033 21951 7863
71 6594 29642 31451 14831 9509 9335 31552
72 1358 6454 16633 20354 24598 624 5265
73 19529 295 18011 3080 13364 8032 15323
74 11981 1510 7960 21462 9129 11370 25741
75 9276 29656 4543 30699 20646 21921 28050
76 15975 25634 5520 31119 13715 21949 19605
77 18688 4608 31755 30165 13103 10706 29224
78 21514 23117 12245 26035 31656 25631 30699
79 9674 24966 31285 29908 17042 24588 31857
80 21856 27777 29919 27000 14897 11409 7122
81 29773 23310 263 4877 28622 20545 22092
82 15605 5651 21864 3967 14419 22757 15896
83 30145 1759 10139 29223 26086 10556 5098
84 18815 16575 2936 24457 26738 6030 505
85 30326 22298 27562 20131 26390 6247 24791
86 928 29246 21246 12400 15311 32309 18608
87 20314 6025 26689 16302 2296 3244 19613
88 6237 11943 22851 15642 23857 15112 20947
89 26403 25168 19038 18384 8882 12719 7093
0 14567 24965
1 3908 100
2 10279 240

```

Фиг. 112

|    |       |       |
|----|-------|-------|
| 3  | 24102 | 764   |
| 4  | 12383 | 4173  |
| 5  | 13861 | 15918 |
| 6  | 21327 | 1046  |
| 7  | 5288  | 14579 |
| 8  | 28158 | 8069  |
| 9  | 16583 | 11098 |
| 10 | 16681 | 28363 |
| 11 | 13980 | 24725 |
| 12 | 32169 | 17989 |
| 13 | 10907 | 2767  |
| 14 | 21557 | 3818  |
| 15 | 26676 | 12422 |
| 16 | 7676  | 8754  |
| 17 | 14905 | 20232 |
| 18 | 15719 | 24646 |
| 19 | 31942 | 8589  |
| 20 | 19978 | 27197 |
| 21 | 27060 | 15071 |
| 22 | 6071  | 26649 |
| 23 | 10393 | 11176 |
| 24 | 9597  | 13370 |
| 25 | 7081  | 17677 |
| 26 | 1433  | 19513 |
| 27 | 26925 | 9014  |
| 28 | 19202 | 8900  |
| 29 | 18152 | 30647 |
| 30 | 20803 | 1737  |
| 31 | 11804 | 25221 |
| 32 | 31683 | 17783 |
| 33 | 29694 | 9345  |
| 34 | 12280 | 26611 |
| 35 | 6526  | 26122 |
| 36 | 26165 | 11241 |
| 37 | 7666  | 26962 |
| 38 | 16290 | 8480  |
| 39 | 11774 | 10120 |
| 40 | 30051 | 30426 |
| 41 | 1335  | 15424 |
| 42 | 6865  | 17742 |
| 43 | 31779 | 12489 |
| 44 | 32120 | 21001 |
| 45 | 14508 | 6996  |

Фиг. 113

|    |       |       |
|----|-------|-------|
| 46 | 979   | 25024 |
| 47 | 4554  | 21896 |
| 48 | 7989  | 21777 |
| 49 | 4972  | 20661 |
| 50 | 6612  | 2730  |
| 51 | 12742 | 4418  |
| 52 | 29194 | 595   |
| 53 | 19267 | 20113 |

Фиг. 114

r3/5 64K

22422 10282 11626 19997 11161 2922 3122 99 5625 17064 8270 179  
 25087 16218 17015 828 20041 25656 4186 11629 22599 17305 22515 6463  
 11049 22853 25706 14388 5500 19245 8732 2177 13555 11346 17265 3069  
 16581 22225 12563 19717 23577 11555 25496 6853 25403 5218 15925 21766  
 16529 14487 7643 10715 17442 11119 5679 14155 24213 21000 1116 15620  
 5340 8636 16693 1434 5635 6516 9482 20189 1066 15013 25361 14243  
 18506 22236 20912 8952 5421 15691 6126 21595 500 6904 13059 6802  
 8433 4694 5524 14216 3685 19721 25420 9937 23813 9047 25651 16826  
 21500 24814 6344 17382 7064 13929 4004 16552 12818 8720 5286 2206  
 22517 2429 19065 2921 21611 1873 7507 5661 23006 23128 20543 19777  
 1770 4636 20900 14931 9247 12340 11008 12966 4471 2731 16445 791  
 6635 14556 18865 22421 22124 12697 9803 25485 7744 18254 11313 9004  
 19982 23963 18912 7206 12500 4382 20067 6177 21007 1195 23547 24837  
 756 11158 14646 20534 3647 17728 11676 11843 12937 4402 8261 22944  
 9306 24009 10012 11081 3746 24325 8060 19826 842 8836 2898 5019  
 7575 7455 25244 4736 14400 22981 5543 8006 24203 13053 1120 5128  
 3482 9270 13059 15825 7453 23747 3656 24585 16542 17507 22462 14670  
 15627 15290 4198 22748 5842 13395 23918 16985 14929 3726 25350 24157  
 24896 16365 16423 13461 16615 8107 24741 3604 25904 8716 9604 20365  
 3729 17245 18448 9862 20831 25326 20517 24618 13282 5099 14183 8804  
 16455 17646 15376 18194 25528 1777 6066 21855 14372 12517 4488 17490  
 1400 8135 23375 20879 8476 4084 12936 25536 22309 16582 6402 24360  
 25119 23586 128 4761 10443 22536 8607 9752 25446 15053 1856 4040  
 377 21160 13474 5451 17170 5938 10256 11972 24210 17833 22047 16108  
 13075 9648 24546 13150 23867 7309 19798 2988 16858 4825 23950 15125  
 20526 3553 11525 23366 2452 17626 19265 20172 18060 24593 13255 1552  
 18839 21132 20119 15214 14705 7096 10174 5663 18651 19700 12524 14033  
 4127 2971 17499 16287 22368 21463 7943 18880 5567 8047 23363 6797  
 10651 24471 14325 4081 7258 4949 7044 1078 797 22910 20474 4318  
 21374 13231 22985 5056 3821 23718 14178 9978 19030 23594 8895 25358  
 6199 22056 7749 13310 3999 23697 16445 22636 5225 22437 24153 9442  
 7978 12177 2893 20778 3175 8645 11863 24623 10311 25767 17057 3691  
 20473 11294 9914 22815 2574 8439 3699 5431 24840 21908 16088 18244  
 8208 5755 19059 8541 24924 6454 11234 10492 16406 10831 11436 9649  
 16264 11275 24953 2347 12667 19190 7257 7174 24819 2938 2522 11749  
 3627 5969 13862 1538 23176 6353 2855 17720 2472 7428 573 15036  
 0 18539 18661  
 1 10502 3002  
 2 9368 10761

Фиг. 115

|    |       |       |
|----|-------|-------|
| 3  | 12299 | 7828  |
| 4  | 15048 | 13362 |
| 5  | 18444 | 24640 |
| 6  | 20775 | 19175 |
| 7  | 18970 | 10971 |
| 8  | 5329  | 19982 |
| 9  | 11296 | 18655 |
| 10 | 15046 | 20659 |
| 11 | 7300  | 22140 |
| 12 | 22029 | 14477 |
| 13 | 11129 | 742   |
| 14 | 13254 | 13813 |
| 15 | 19234 | 13273 |
| 16 | 6079  | 21122 |
| 17 | 22782 | 5828  |
| 18 | 19775 | 4247  |
| 19 | 1660  | 19413 |
| 20 | 4403  | 3649  |
| 21 | 13371 | 25851 |
| 22 | 22770 | 21784 |
| 23 | 10757 | 14131 |
| 24 | 16071 | 21617 |
| 25 | 6393  | 3725  |
| 26 | 597   | 19968 |
| 27 | 5743  | 8084  |
| 28 | 6770  | 9548  |
| 29 | 4285  | 17542 |
| 30 | 13568 | 22599 |
| 31 | 1786  | 4617  |
| 32 | 23238 | 11648 |
| 33 | 19627 | 2030  |
| 34 | 13601 | 13458 |
| 35 | 13740 | 17328 |
| 36 | 25012 | 13944 |
| 37 | 22513 | 6687  |
| 38 | 4934  | 12587 |
| 39 | 21197 | 5133  |
| 40 | 22705 | 6938  |
| 41 | 7534  | 24633 |
| 42 | 24400 | 12797 |
| 43 | 21911 | 25712 |
| 44 | 12039 | 1140  |
| 45 | 24306 | 1021  |

Фиг. 116

46 14012 20747  
 47 11265 15219  
 48 4670 15531  
 49 9417 14359  
 50 2415 6504  
 51 24964 24690  
 52 14443 8816  
 53 6926 1291  
 54 6209 20806  
 55 13915 4079  
 56 24410 13196  
 57 13505 6117  
 58 9869 8220  
 59 1570 6044  
 60 25780 17387  
 61 20671 24913  
 62 24558 20591  
 63 12402 3702  
 64 8314 1357  
 65 20071 14616  
 66 17014 3688  
 67 19837 946  
 68 15195 12136  
 69 7758 22808  
 70 3564 2925  
 71 3434 7769

Фиг. 117

r1/4 16K

6295 9626 304 7695 4839 4936 1660 144 11203 5567 6347 12557  
 10691 4988 3859 3734 3071 3494 7687 10313 5964 8069 8296 11090  
 10774 3613 5208 11177 7676 3549 8746 6583 7239 12265 2674 4292  
 11869 3708 5981 8718 4908 10650 6805 3334 2627 10461 9285 11120  
 7844 3079 10773  
 3385 10854 5747  
 1360 12010 12202  
 6189 4241 2343  
 9840 12726 4977

Фиг. 118

r1/3 16K

416 8909 4156 3216 3112 2560 2912 6405 8593 4969 6723 6912  
 8978 3011 4339 9312 6396 2957 7288 5485 6031 10218 2226 3575  
 3383 10059 1114 10008 10147 9384 4290 434 5139 3536 1965 2291  
 2797 3693 7615 7077 743 1941 8716 6215 3840 5140 4582 5420  
 6110 8551 1515 7404 4879 4946 5383 1831 3441 9569 10472 4306  
 1505 5682 7778  
 7172 6830 6623  
 7281 3941 3505  
 10270 8669 914  
 3622 7563 9388  
 9930 5058 4554  
 4844 9609 2707  
 6883 3237 1714  
 4768 3878 10017  
 10127 3334 8267

Фиг. 119

r2/5 16K—  
 5650 4143 8750 583 6720 8071 635 1767 1344 6922 738 6658  
 5696 1685 3207 415 7019 5023 5608 2605 857 6915 1770 8016  
 3992 771 2190 7258 8970 7792 1802 1866 6137 8841 886 1931  
 4108 3781 7577 6810 9322 8226 5396 5867 4428 8827 7766 2254  
 4247 888 4367 8821 9660 324 5864 4774 227 7889 6405 8963  
 9693 500 2520 2227 1811 9330 1928 5140 4030 4824 806 3134  
 1652 8171 1435  
 3366 6543 3745  
 9286 8509 4645  
 7397 5790 8972  
 6597 4422 1799  
 9276 4041 3847  
 8683 7378 4946  
 5348 1993 9186  
 6724 9015 5646  
 4502 4439 8474  
 5107 7342 9442  
 1387 8910 2660

Фиг. 120

r1/2 16K—  
 20 712 2386 6354 4061 1062 5045 5158  
 21 2543 5748 4822 2348 3089 6328 5876  
 22 926 5701 269 3693 2438 3190 3507  
 23 2802 4520 3577 5324 1091 4667 4449  
 24 5140 2003 1263 4742 6497 1185 6202  
 0 4046 6934  
 1 2855 66  
 2 6694 212  
 3 3439 1158  
 4 3850 4422  
 5 5924 290  
 6 1467 4049  
 7 7820 2242  
 8 4606 3080  
 9 4633 7877  
 10 3884 6868  
 11 8935 4996  
 12 3028 764  
 13 5988 1057  
 14 7411 3450

Фиг. 121

r3/5 16K

|      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 2765 | 5713 | 6426 | 3596 | 1374 | 4811 | 2182 | 544  | 3394 | 2840 | 4310 | 771  |
| 4951 | 211  | 2208 | 723  | 1246 | 2928 | 398  | 5739 | 265  | 5601 | 5993 | 2615 |
| 210  | 4730 | 5777 | 3096 | 4282 | 6238 | 4939 | 1119 | 6463 | 5298 | 6320 | 4016 |
| 4167 | 2063 | 4757 | 3157 | 5664 | 3956 | 6045 | 563  | 4284 | 2441 | 3412 | 6334 |
| 4201 | 2428 | 4474 | 59   | 1721 | 736  | 2997 | 428  | 3807 | 1513 | 4732 | 6195 |
| 2670 | 3081 | 5139 | 3736 | 1999 | 5889 | 4362 | 3806 | 4534 | 5409 | 6384 | 5809 |
| 5516 | 1622 | 2906 | 3285 | 1257 | 5797 | 3816 | 817  | 875  | 2311 | 3543 | 1205 |
| 4244 | 2184 | 5415 | 1705 | 5642 | 4886 | 2333 | 287  | 1848 | 1121 | 3595 | 6022 |
| 2142 | 2830 | 4069 | 5654 | 1295 | 2951 | 3919 | 1356 | 884  | 1786 | 396  | 4738 |
| 0    | 2161 | 2653 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 1    | 1380 | 1461 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 2    | 2502 | 3707 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 3    | 3971 | 1057 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 4    | 5985 | 6062 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 5    | 1733 | 6028 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 6    | 3786 | 1936 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 7    | 4292 | 956  |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 8    | 5692 | 3417 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 9    | 266  | 4878 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 10   | 4913 | 3247 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 11   | 4763 | 3937 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 12   | 3590 | 2903 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 13   | 2566 | 4215 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 14   | 5208 | 4707 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 15   | 3940 | 3388 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 16   | 5109 | 4556 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 17   | 4908 | 4177 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |

Фиг. 122

r3/5 16K

|      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| 71   | 1478 | 1901 | 2240 | 2649 | 2725 | 3592 | 3708 | 3965 | 4080 | 5733 | 6198 |
| 393  | 1384 | 1435 | 1878 | 2773 | 3182 | 3586 | 5465 | 6091 | 6110 | 6114 | 6327 |
| 160  | 1149 | 1281 | 1526 | 1566 | 2129 | 2929 | 3095 | 3223 | 4250 | 4276 | 4612 |
| 289  | 1446 | 1602 | 2421 | 3559 | 3796 | 5590 | 5750 | 5763 | 6168 | 6271 | 6340 |
| 947  | 1227 | 2008 | 2020 | 2266 | 3365 | 3588 | 3867 | 4172 | 4250 | 4865 | 6290 |
| 3324 | 3704 | 4447 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 1206 | 2565 | 3089 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 529  | 4027 | 5891 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 141  | 1187 | 3206 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 1990 | 2972 | 5120 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 752  | 796  | 5976 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 1129 | 2377 | 4030 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 6077 | 6108 | 6231 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 61   | 1053 | 1781 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 2820 | 4109 | 5307 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 2088 | 5834 | 5988 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 3725 | 3945 | 4010 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 1081 | 2780 | 3389 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 659  | 2221 | 4822 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 3033 | 6060 | 6160 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 756  | 1489 | 2350 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 3350 | 3624 | 5470 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 357  | 1825 | 5242 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 585  | 3372 | 6062 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 561  | 1417 | 2348 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 971  | 3719 | 5567 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 1005 | 1675 | 2062 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |

Фиг. 123

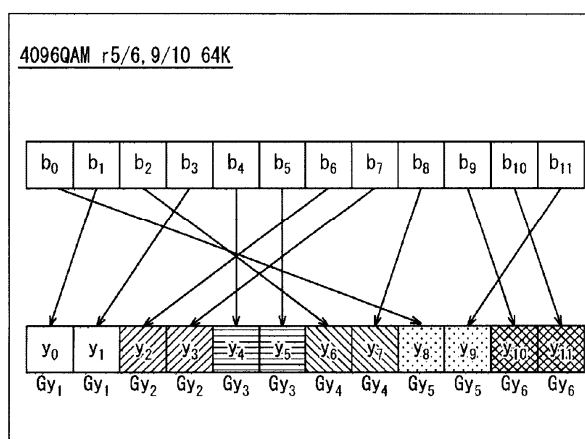
Указано число строк матрицы проверки на чётность (информационной матрицы  $H_A$ ) каждые 360 столбцов, начиная с первого столбца  
Число строк матрицы проверки на чётность

|                        |    |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|------------------------|----|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Первый столбец $H_A$ → | 0  | 2084 | 1613 | 1548 | 1286 | 1460 | 3196 | 4297 | 2481 | 3369 | 3451 | 4620 | 2622 |
| 36-й столбец $H_A$ →   | 1  | 122  | 1516 | 3448 | 2880 | 1407 | 1847 | 3799 | 3529 | 373  | 971  | 4358 | 3108 |
| 72-й столбец $H_A$ →   | 2  | 259  | 3399 | 929  | 2650 | 864  | 3996 | 3833 | 107  | 5287 | 164  | 3125 | 2350 |
| 108-й столбец $H_A$ →  | 3  | 342  | 3529 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| ...                    | 4  | 4198 | 2147 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| ...                    | 5  | 1880 | 4836 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| ...                    | 6  | 3864 | 4910 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| ...                    | 7  | 243  | 1542 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| ...                    | 8  | 3011 | 1436 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| ...                    | 9  | 2167 | 2512 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| ...                    | 10 | 4606 | 1003 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| ...                    | 11 | 2835 | 705  |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| ...                    | 12 | 3426 | 2365 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| ...                    | 13 | 3848 | 2474 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| ...                    | 14 | 1360 | 1743 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| ...                    | 0  | 163  | 2536 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| ...                    | 1  | 2583 | 1180 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| ...                    | 2  | 1542 | 509  |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| ...                    | 3  | 4418 | 1005 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| ...                    | 4  | 5212 | 5117 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| ...                    | 5  | 2155 | 2922 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| ...                    | 6  | 347  | 2696 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| ...                    | 7  | 226  | 4296 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| ...                    | 8  | 1560 | 487  |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| ...                    | 9  | 3926 | 1640 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| ...                    | 10 | 149  | 2928 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| ...                    | 11 | 2364 | 563  |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| ...                    | 12 | 635  | 688  |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| ...                    | 13 | 231  | 1684 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| ...                    | 14 | 1129 | 3894 |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |

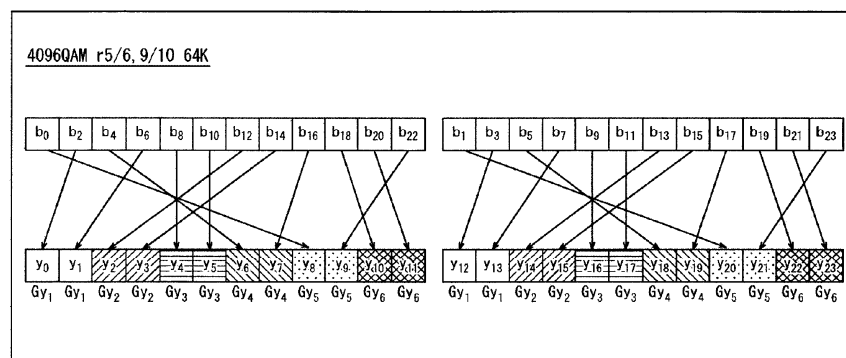
h<sub>3,5</sub>

Таблица начальных значений матрицы проверки на чётность

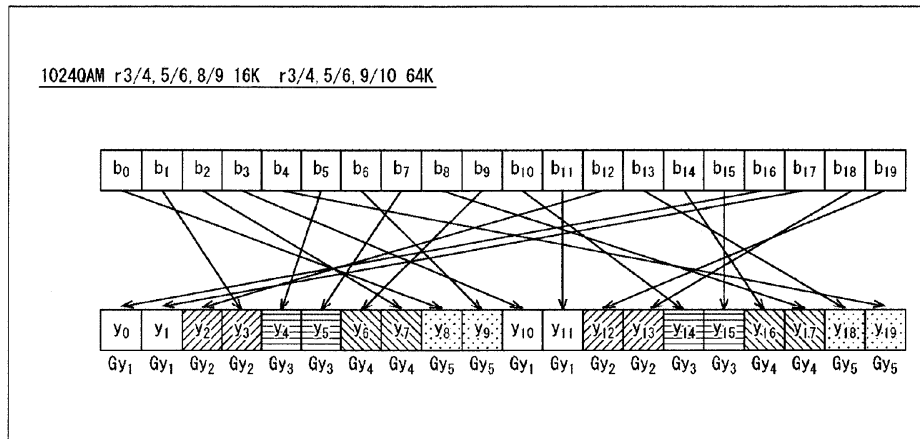
Фиг. 124



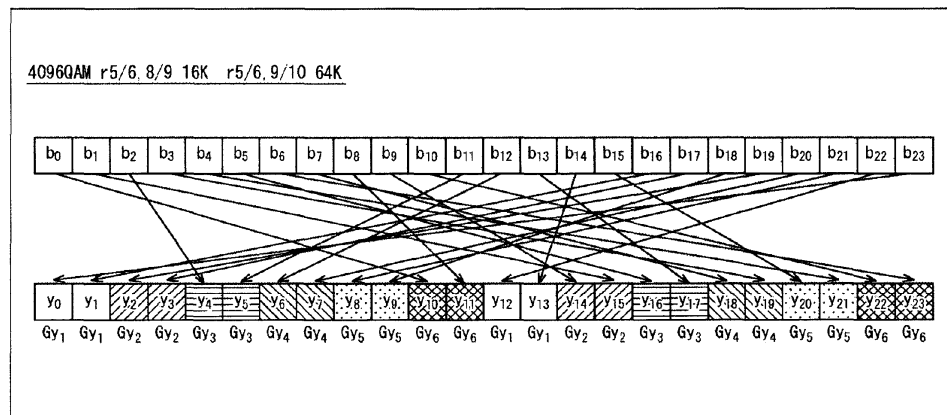
Фиг. 125



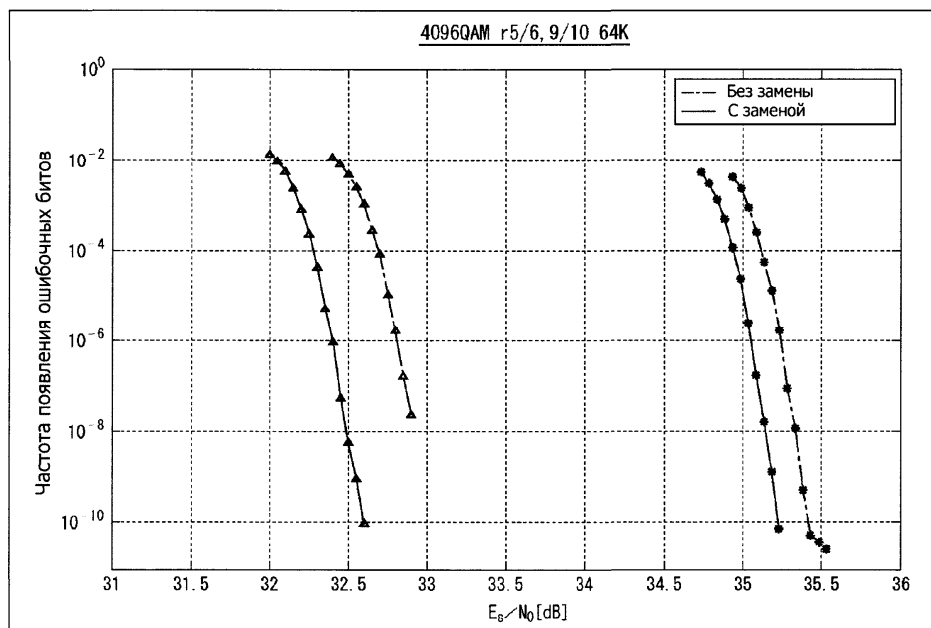
Фиг. 126



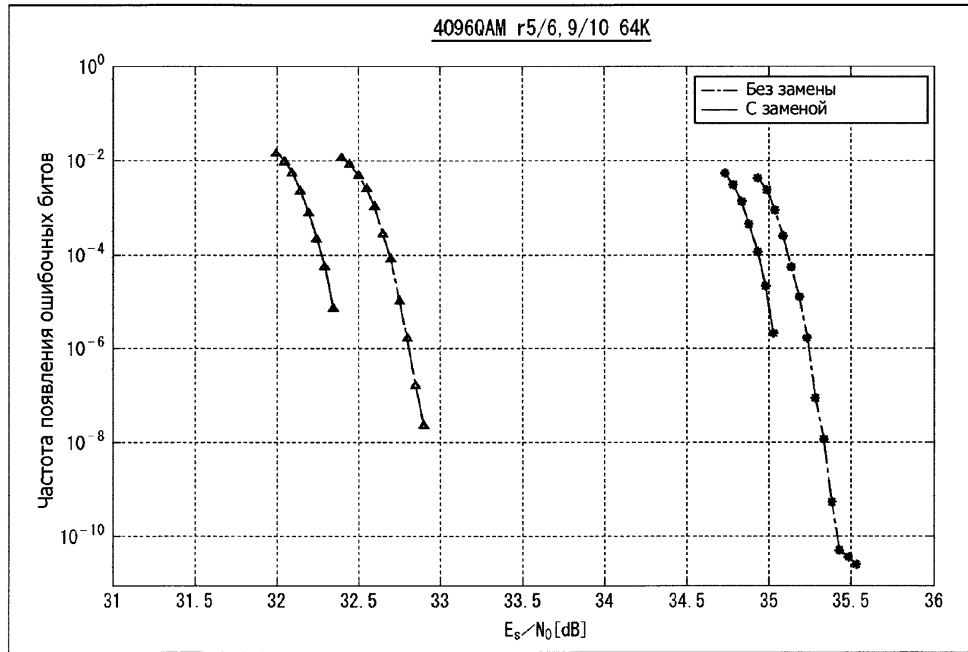
Фиг. 127



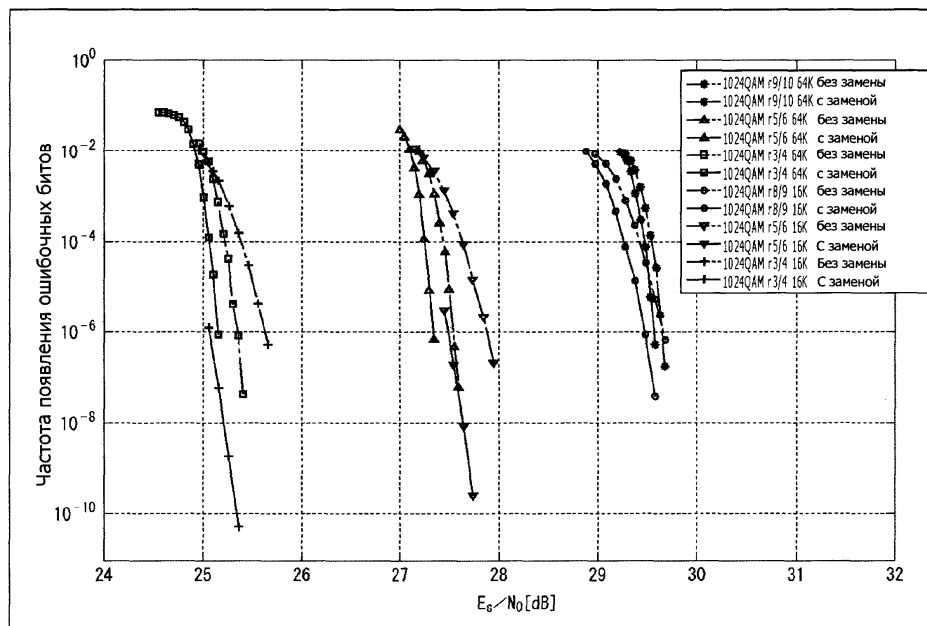
Фиг. 128



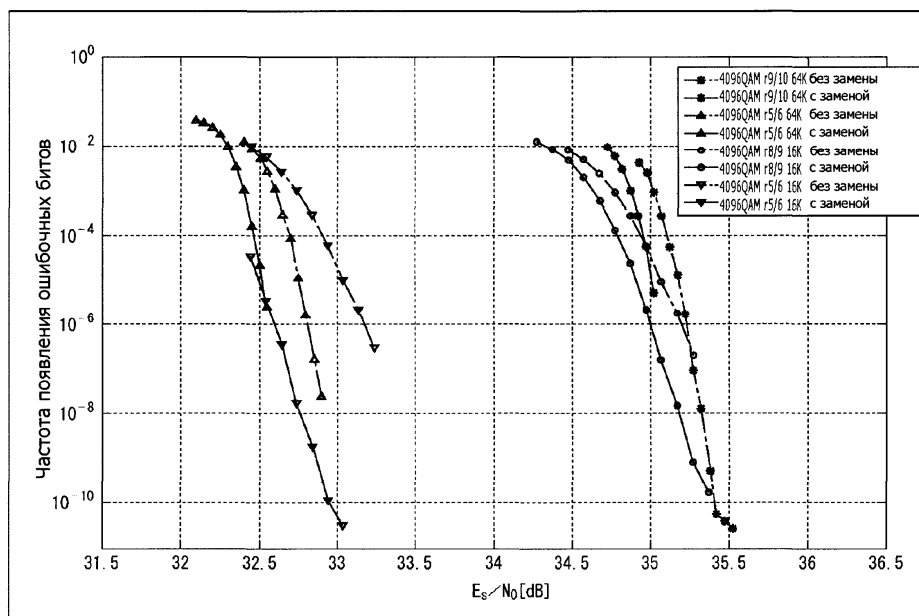
Фиг. 129



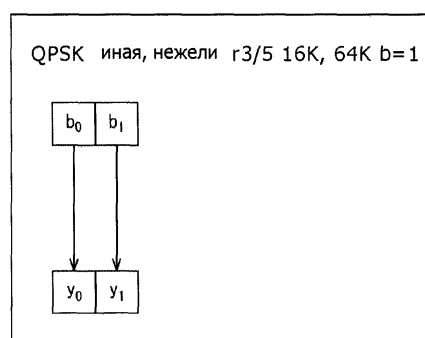
Фиг. 130



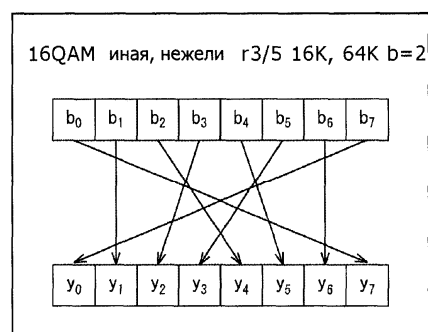
Фиг. 131



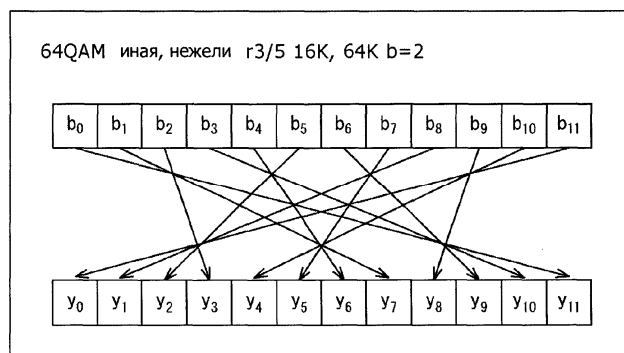
Фиг. 132



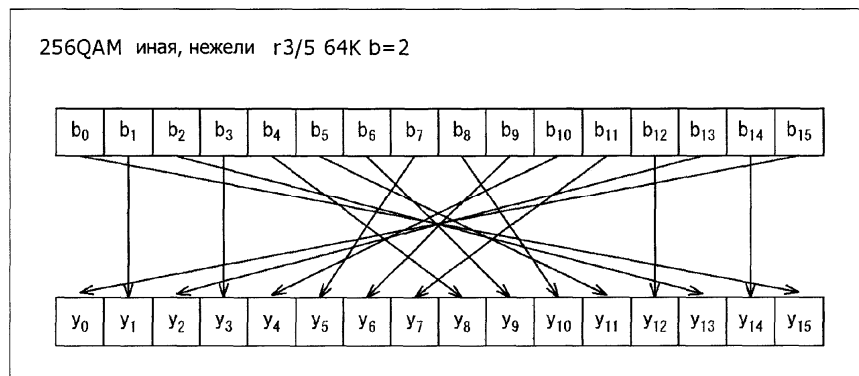
Фиг. 133



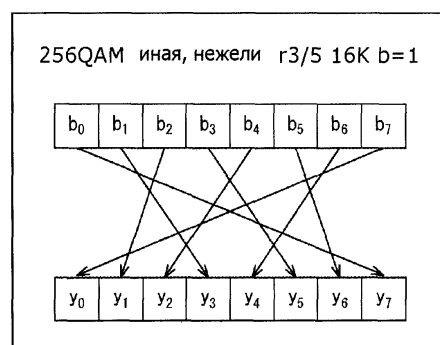
Фиг. 134



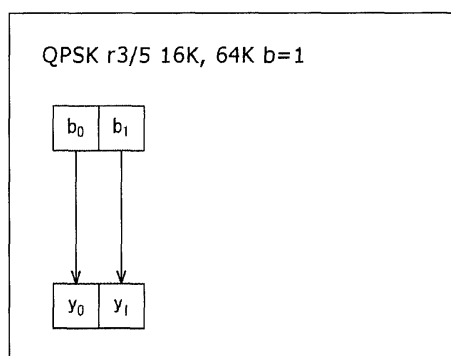
Фиг. 135



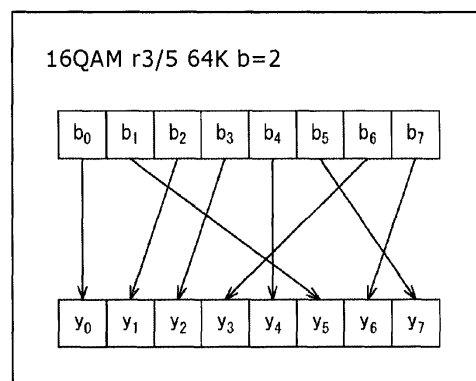
Фиг. 136



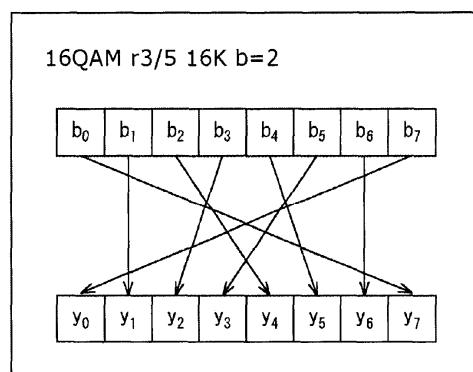
Фиг. 137



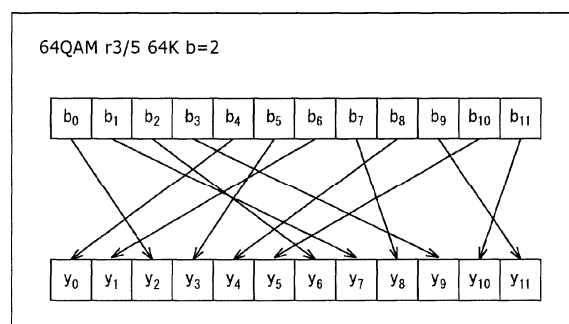
Фиг. 138



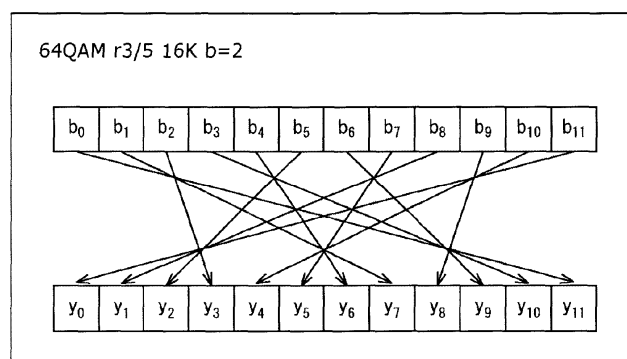
Фиг. 139



Фиг. 140

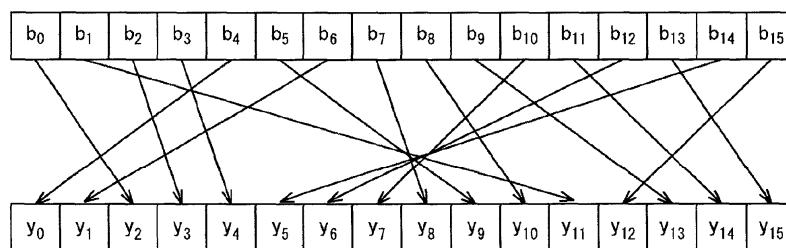


Фиг. 141



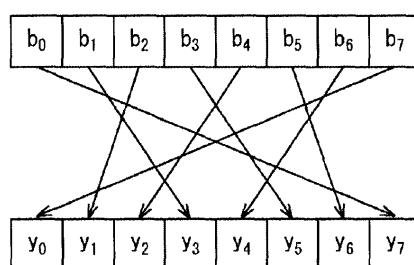
Фиг. 142

256QAM r3/5 64K b=2

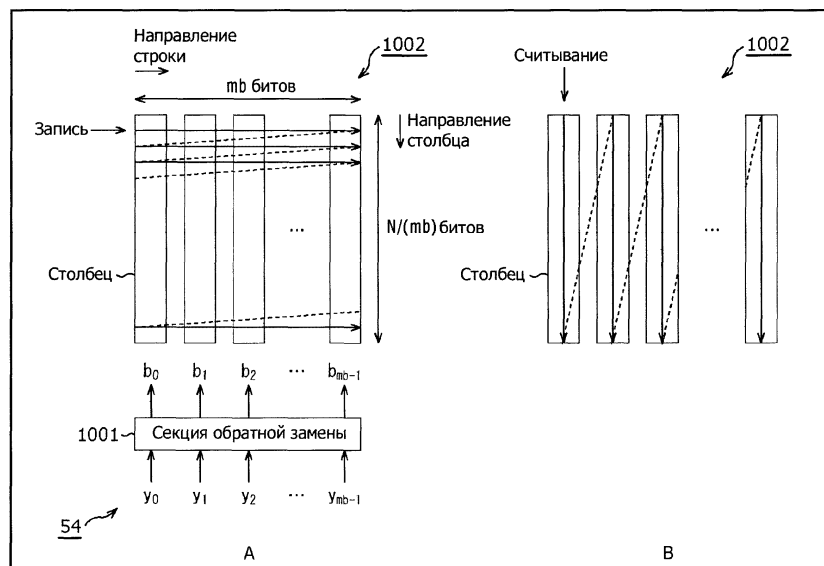


Фиг. 143

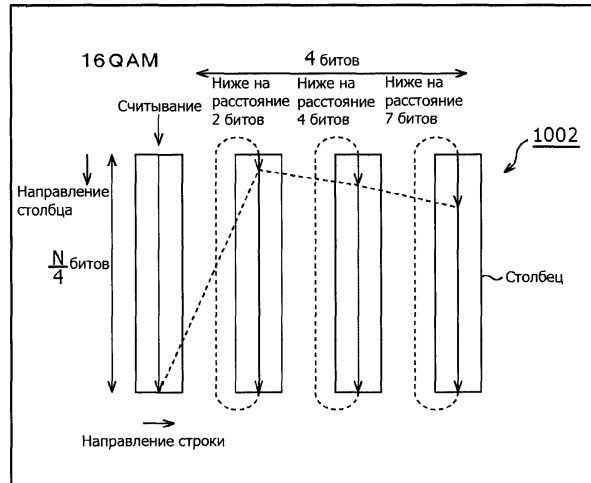
256QAM r3/5 16K b=1



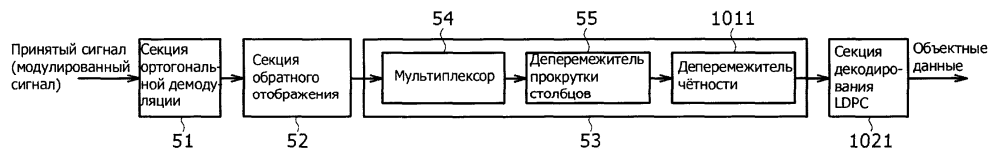
Фиг. 144



Фиг. 145

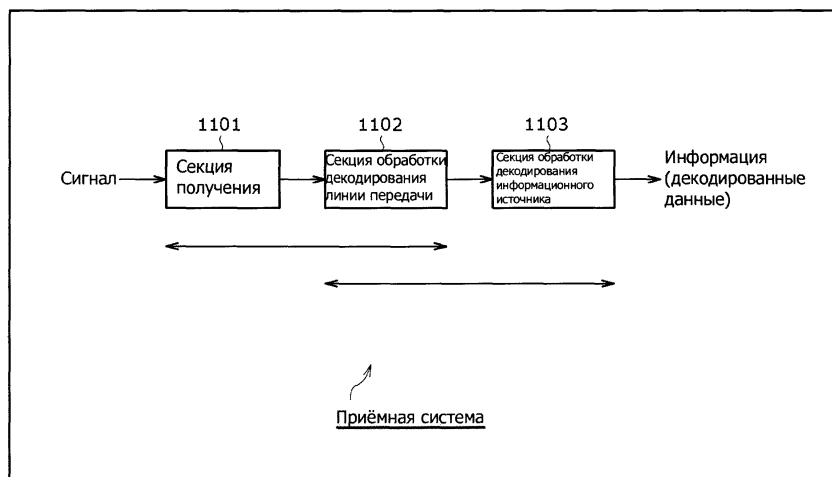


Фиг. 146

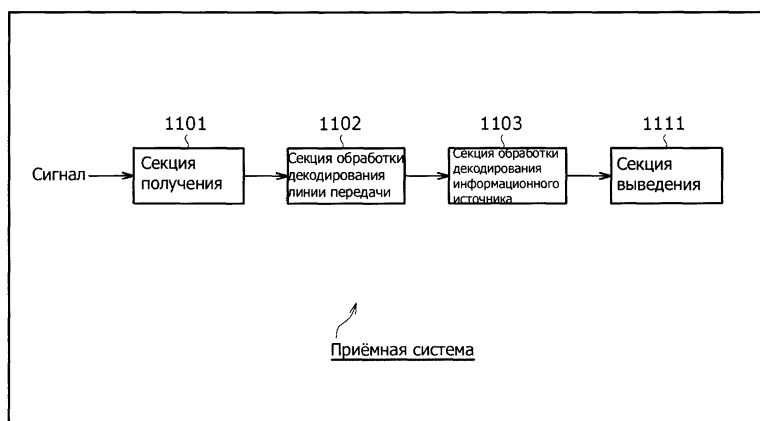


12

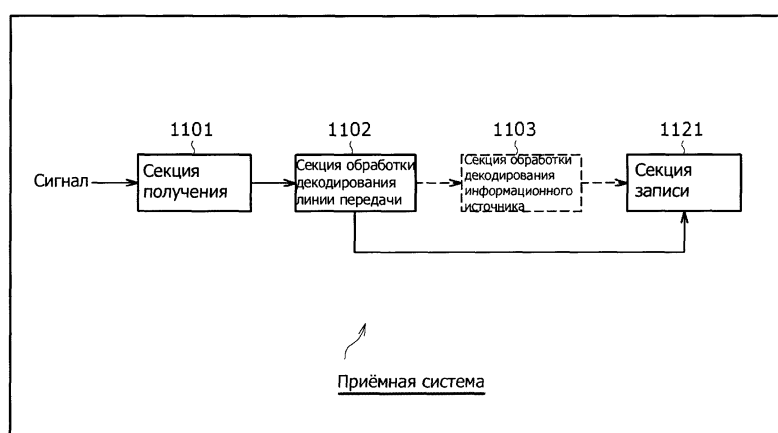
Фиг. 147



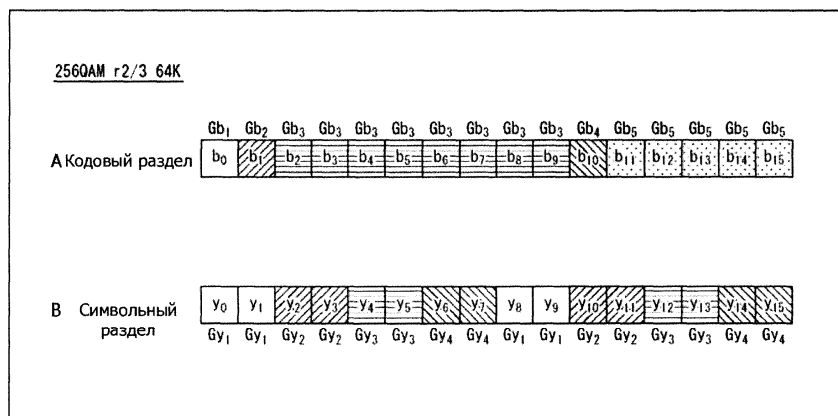
Фиг. 148



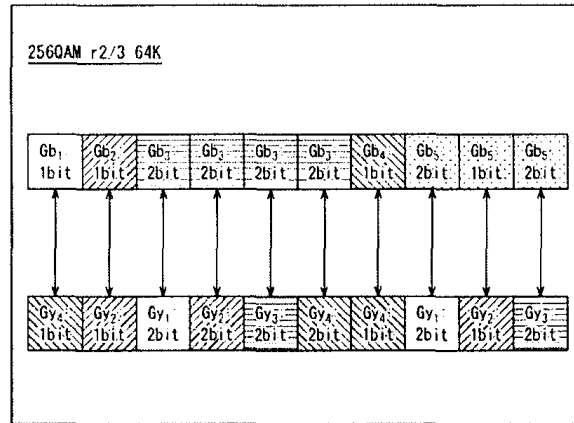
Фиг. 149



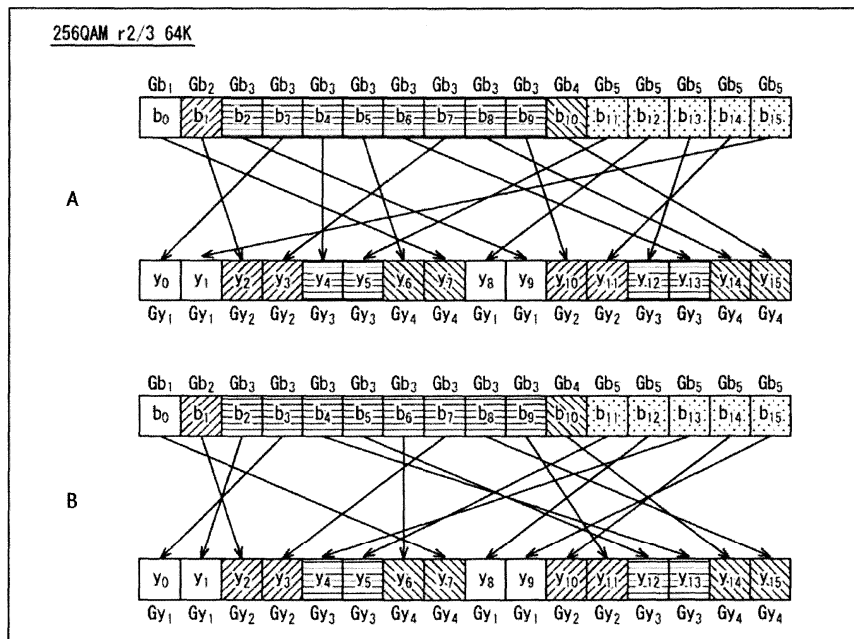
Фиг. 150



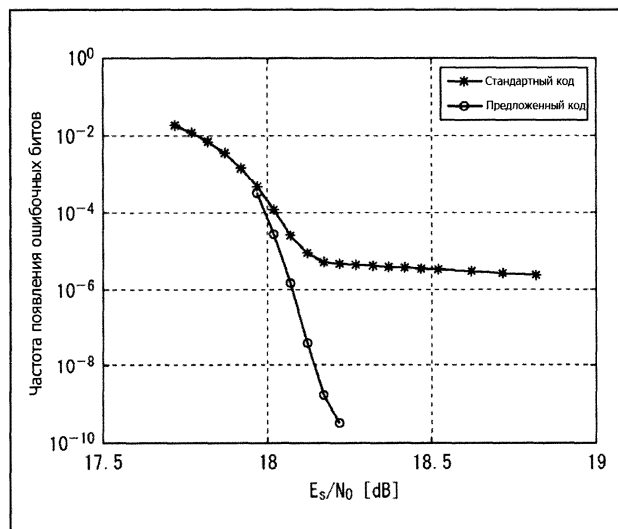
Фиг. 151



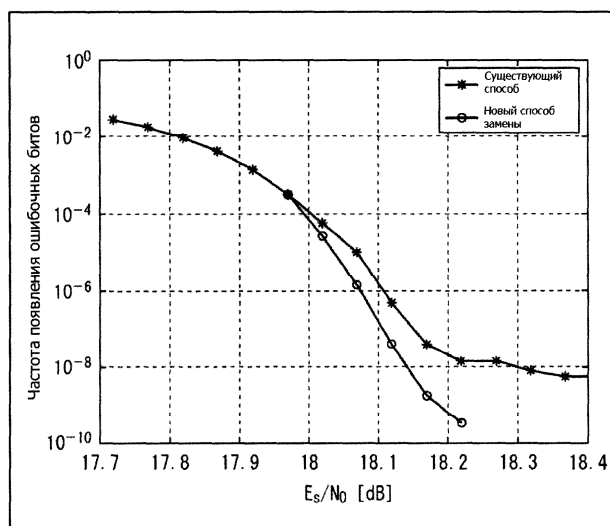
Фиг. 152



Фиг. 153



Фиг. 154



Фиг. 155

