

АКАДЕМИЯ НАУК УССР
ОРДЕНА ЛЕНИНА ИНСТИТУТ КИБЕРНЕТИКИ

На правах рукописи

НИКОЛАЙЧУК Ярослав Николаевич

РАЗРАБОТКА И ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНЫХ МЕТОДОВ
И УСТРОЙСТВ ФОРМИРОВАНИЯ СООБЩЕНИЙ ДЛЯ НИЗОВЫХ
СЕТЕЙ АСУ ТП

/ применительно к промышленным установкам бурения /

Специальность: 06.13.05 - Элементы в устройства
вычислительной техники и систем управления

А в т о р е ф а т
диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

К и е в - 1979

Работа выполнена на кафедре прикладной математики
Ивано-Франковского института нефти и газа (ИФИНГ)

Научный руководитель - канд. техн. наук, профессор
ЛОКОТОВ Б.Н.

Официальные оппоненты: - доктор техн. наук, профессор
ЛУЧУК А.М.
- канд. техн. наук БЕЛИМА А.С.

Ведущее предприятие - Всесоюзный научно-исследовательский
институт буровой техники
(ВНИИ БТ), г. Москва.

Защита состоялась " " _____ 1979 г. в _____ часов
на заседании специализированного совета К 016.45.02 по присужде-
нию ученых степеней при Институте кибернетики Академии наук
УССР по адресу: 252207, г. Киев, Проспект 40-летия Октября, 142/144.

С диссертацией можно ознакомиться в научно-техническом
архиве Института.

Автореферат разослан " " _____ 1979 г.

Ученый секретарь
специализированного совета
канд. техн. наук

Войтович И.Д.
ВОЙТОВИЧ И.Д.

гавпромавтоматика (г. Грозный) изготовлен опытный образец активно-
го терминала оперативной системы управления бурением (АТОС-Б).
Аппаратура испытана в промышленных условиях и внедрена в 1978 г.
на одной из действующих буровых установок объединения "Укрнефть".
Техническая документация, скорректированная по результатам промыш-
ленных испытаний и опытной эксплуатации аппаратуры, в 1978 г. пе-
редана СКБ СА Ивано-Франковского приборостроительного завода, на
котором в 1979 г. предусмотрен выпуск опытной партии терминалов
АТОС-Б с целью организации низовой сети АСУТ бурения и подготовки
аппаратуры к серийному производству.

А п р о б а ц и я р а б о т ы. Материалы диссертации докла-
дывались на Всесоюзной конференции молодых ученых нефтяных вузов
(г. Москва, 1974 г.), на Республиканском семинаре "Средства подго-
товки, передачи и обработки информации" Научного Совета по проб-
леме "Кибернетика" АН УССР (г. Киев, 1975 г.), на Всесоюзном научно-
техническом совещании "Опыт разработки и внедрения АСУ буровыми ра-
ботами" (г. Грозный, 1976 г.), на Республиканском семинаре "Мето-
ды построения систем и аппаратуры передачи информации" (г. Севасто-
поль, 1976 г.), на научных конференциях профессорско-преподава-
тельского состава Ивано-Франковского института нефти и газа (г. Ива-
но-Франковск, 1973-1979 г.г.).

П у б л и к а ц и я. По результатам исследований опубликовано
семнадцать печатных работ и получено два положительных решения
на выдачу авторских свидетельств на изобретения.

О б ъ е м р а б о т ы. Диссертационная работа общим объемом
250 страниц состоит из введения, пяти разделов, выводов, списка
использованной литературы (включает 164 источника), приложения
и содержит 137 страниц машинописного текста, 51 рисунок и 11 таб-
лиц (56 страниц). В приложении на 42 страницах приведены расчет-
ные таблицы, программы для ЭВМ, расчет экономической эффективности

и акты промышленных испытаний и внедрения разработанной аппаратуры.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

В первом разделе приводится краткий обзор и анализа методов сбора и передачи сообщений в существующих информационных системах бурения, формулируется общая задача исследований и намечаются пути ее решения.

Разработка эффективных методов формирования сообщений на уровне низовых сетей АСУ ТП в поставленной задаче сводится к удовлетворению ряда системных требований при создании технических средств, выполняющих функции отбора, отображения, сокращения избыточности, помехоустойчивого кодирования, накопления и передачи информации по каналам связи в реальном масштабе времени.

Основные направления исследований, вытекающие из общей задачи эффективного формирования сообщений в низовых сетях АСУ ТП, формулируются следующим образом:

1. Изучение промышленной установки бурения как источника сообщений, классификация его состояний и разработка упрощенной энтропийной модели.
2. Определение системных требований к выбору методов формирования сообщений на уровне низовых сетей АСУ ТП, их анализ и разработка соответствующей структуры специализированного терминала.
3. Разработка, исследование и оптимизация параметров каскадного формирования сообщений на основе метода вычетов и многократных кодов СОК.
4. Исследование методом моделирования на ЭВМ схем СПД с каскадным кодированием сообщений.
5. Оптимизация технических решений многоканальных каскадных кодеров с учетом их быстродействия, сложности и структурной надежности.
6. Оценка эффективности формирования сообщений в кодах СОК.

7. Разработка принципиальных схемотехнических решений основных функциональных узлов специализированного терминала для низовых сетей АСУТ бурения.

Результаты анализа существующих информационных систем бурения, отличающихся как по количеству контролируемых параметров, так и по их состоянию, а также недостаточная изученность промышленной установки бурения как источника информации, не позволяют рационально выбрать требуемое число каналов и пропускную способность технических средств для низовых сетей АСУТ бурения на основе научно обоснованных оценок.

В работе получена упрощенная энтропийная модель промышленной установки бурения

$$H_0 = m_1 H_1 + T_2 H_2 + H_3, \quad (1)$$

где H_0 - нормированная на интервале одних суток энтропия источника; $m_1 H_1$ - энтропия состояния установки бурения (m_1 - число возможных переходов буровой в различные состояния в течение суток); $T_2 H_2$ - энтропия потока измерительной информации (T_2 - общее число измерений технологических параметров за сутки); H_3 - энтропия потока данных суточного рапорта бурового мастера (СРБМ).

Показано, что при общепринятом способе кодирования символов сообщений байтовыми кодами, различных значениях T_2 и изменении числа каналов телеметрии от 2-х до 22-х, скорость создания сообщений исследуемым источником соответственно изменяется в пределах от 48,81 до 264,81 бит/с.

Предложена классификация состояний установки бурения, как квазистационарного источника сообщений, которая позволяет идентифицировать каждое из состояний посредством четырехэлементного регистрового кода, в котором отдельные элементы определяют номер состояния скважины (1-8), группы выполняемых операций (1-6), наименования операции (1-12) и расшифровки операции (1-12). В соот-

летствии с данной классификацией при выполнении отдельных групп операций на буровой необходимо контролировать разные наборы первичных технологических параметров, максимальное число которых, как показало в работе, не превышает двенадцати при общем числе параметров равном 22-м. Это позволило оптимизировать параметры модели (1) и получить уточненную оценку объема сообщений, формируемых на буровой, исходя из квазистационарной структуры источника измерительной информации

$$H_0' \leq m_i H_i' + T_i H_i' \max + H_0', \quad (2)$$

где H_i' - энтропия оптимизированного потока сообщений о состоянии буровой; $H_i' \max$ - наибольший объем потока измерительной информации, формируемого в одном из состояний буровой; H_0' - энтропия оптимизированного потока данных СРБМ, в котором исключены символы первой строки, дублирующие потоки H_i' .

Учет условных вероятностей перехода буровой в различные состояния, а также интервалов корреляции параметров промывочной жидкости позволили выбрать наиболее рациональное число каналов кодера, равное шести. При этом обеспечивается непосредственный контроль 12-ти первичных параметров бурения и возможность вычисления до 10-ти производных параметров.

Исследование наиболее быстрого потока измерительной информации согласно оценке (2) показало, что он характеризуется нестационарными свойствами, которые изменяются в процессе углубления скважины, а также при изменении условий бурения. Поэтому для анализа статистических свойств контролируемых процессов бурения в работе предложено использовать структурный анализ с использованием функции Колмогорова, которая не требует центрирования реализаций случайных процессов, что обеспечивает более высокую точность по сравнению с корреляционным анализом. По результатам структурного анализа получена оценка скорости создания сообщений на буровой, которая в

зависимости от случайных факторов может изменяться в пределах 8-16 бит/с.

Сравнение полученной оценки со скоростью создания сообщений на выходе известных информационных систем бурения при одинаковом числе каналов телеметрии (рис.1) показало, что рассматриваемый расчетный показатель превышает почти на два порядка. Это подтверждает актуальность разработки методов формирования сообщений и соответствующих технических средств, обеспечивающих адаптацию по состояниям источника и сокращение избыточности измерительной информации на уровне низовых сетей АСУ ТП.

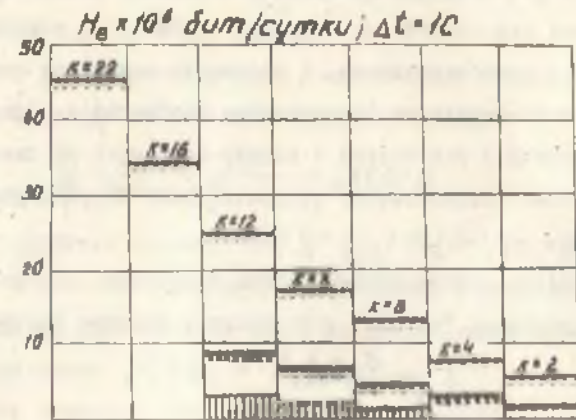


Рис.1. Объемы сообщений, формируемых на буровой
 штриховка - без адаптации по состояниям источника;
 точечная штриховка - с учетом квазистационарных свойств источника;
 штриховка - при рациональном числе каналов и сокращении избыточности потока измерительной информации;
 K - число каналов телеметрии.

В работе сформулированы системные требования к выбору методов формирования сообщений в низовых сетях АСУ ТП, которые включают реализацию:

- одновременного отбора и аналого-цифрового преобразования комплекса параметров при заданном состоянии источника;
- сокращения избыточности измерительной информации;
- уплотнения и помехоустойчивого кодирования сообщений;
- адресного разделения информационных каналов в линии связи с РВМ.

Показано, что выполнение первого из перечисленных требований может быть успешно осуществлено на основе использования известных многоканальных аналого-цифровых преобразователей (МАЦП), а также предложенных автором. Для реализации остальных требований в качестве основных рекомендованы методы универсального кодирования и кодирования с преобразованием. К последним относится предложенный в работе метод каскадного формирования сообщений в коде СОК, который обеспечивает уплотнение и защиту сообщений от ошибок посредством достаточно перспективных арифметических корректирующих (α, A) и AN- кодов.

Приведена оценка эффективности уменьшения объема сообщений различными методами "сжатия" информации с помощью коэффициента

$$K_{\text{сж}} = \frac{I_{\text{сж}}}{I_{\text{исх}}}, \quad (3)$$

где $I_{\text{сж}} = I/I'$, а I, I' - соответственно представляют объемы входного и уплотненного потоков сообщений.

Исследование функции (3) показало достаточно высокую эффективность простых методов сокращения избыточности. В частности, в работе показано, что в соответствии с оценкой (3) в многоканальных системах метод каскадного формирования сообщений в коде СОК, обеспечивающий уровень уплотнения в пределах 0,5-0,9, может эффективно конкурировать с методами однопараметрической адаптации по интервалу дискретизации.

Разработана структура специализированного терминала для много-

вых сетей АСУТ бурения, позволяющая реализовать сформулированные принципы отбора и формирования сообщений.

Второй раздел диссертации посвящен исследованию и оптимизации условий сокращения избыточности измерительной информации методом вычетов. В основу метода положено приведенное в работе доказательство однозначности представления цифровых отсчетов Y_i их наименьшими неотрицательными вычетами по некоторому модулю P , определяемых согласно выражению

$$b_i = \text{res } Y_i \pmod{P},$$

где res - символ операции свертки по модулю P ; i - текущий номер отсчета.

Получена рекуррентная формула, позволяющая однозначно декодировать отсчеты Y_i по последовательности вычетов

$$Y_i = E \left[\frac{Y_{i-1} - b_i}{P} + a_i \right] P + b_i, \quad (4)$$

если удовлетворяются неравенства $|Y_i - Y_{i-1}| \approx 2P+1; |a_i - a_{i-1}| \leq 1$.

Здесь E - знак целочисленной функции с округлением к меньшему; a_i - ранг отсчета Y_i , удовлетворяющий решению диофантового уравнения $Y_i = a_i P + b_i$.

В работе показано, что для точности представления отсчетов в пределах от 1 до 0,01 % коэффициент сокращения избыточности информации, определяемый отношением

$$K_{\text{сж}} = \frac{E[\log_2 A]}{E[\log_2 (P-1)]},$$

где A - диапазон квантования отсчетов Y_i , может соответственно изменяться в пределах от единицы до бесконечности.

Найдено аналитическое выражение, позволяющее выбрать минимальный модуль кодирования для входных сигналов, описываемых нор-

мальным законом распределения вероятностей

$$P_{min} \approx 6\sigma_y \sqrt{2(1 - \exp(-\lambda \Delta t^2))} - 1,$$

где σ_y - среднеквадратическое отклонения; λ - коэффициент затухания автокорреляционной функции сигнала; Δt - интервал дискретизации.

Рассчитаны на ЭВМ и построены зависимости значений P_{min} при различных соотношениях параметров кодируемых процессов, а также получено условие сохранения их спектров, выполнение которого позволяет реализовать статистическую обработку информации, представленной вычетами, без операции декодирования.

Произведен анализ схем свертки по произвольному модулю и получены зависимости скорости создания сообщения на выходе одноканальных кодеров вычетов. Показано, что известные быстродействующие схемы свертки не могут быть применены для реализации кодера вычетов, так как в процессе преобразования в них теряется значение ранга отсчета. Поэтому в качестве кодера вычетов предложена схема вычитающего счетчика с управляемым коэффициентом пересчета, характеризующаяся высокой структурной однородностью и достаточным быстродействием.

Синтезированы структурные схемы устройств декодирования вычетов, инвариантные к величине модуля P , анализ которых показал, что декодер метода вычетов является достаточно громоздким. Поэтому дешифрация сообщений, представленных вычетами целесообразно производить программным путем. Реализация соответствующей программы осуществлена на ЭВМ "МИР-2".

В третьем разделе исследуются вопросы формирования сообщений в кодах системы счисления остаточных классов с учетом получаемого коэффициента уплотнения информации, быстродействия и сложности преобразования ССК, а также упрощения техничес-

кой реализации соответствующих кодеров.

Сущность предложенного метода формирования сообщений в ССК состоит в том, что квантованные по уровню и времени сигналы u_j l -го канала l -го измерения умножает на близкие число B_j и образует новые значения сигналов $a_{ij} = u_{ij} B_j$. Сигналы a_{ij} складываются по некоторому модулю P и фиксируются в виде числа

$$N_{ik} = \text{res} \sum_{j=1}^k a_{ij} \pmod{P}, \quad (5)$$

которое однозначно представляет набор чисел $\{u_{i1}, u_{ik}, u_{ik}\}$.

Здесь $P = \prod_{j=1}^k P_j = \{P_1, P_2, \dots, P_k\}$ образует систему взаимно простых модулей; $B_j = m_j (P/P_j)$, в m_j изменяется в пределах $0 < m_j < P_j$, и может быть найдено известным путем из равенства сравнения

$$m_j \frac{P}{P_j} = 1 \pmod{P_j}.$$

В работе показано, что если $u_{ij} \in P_j - 1$, $u_{ij} \in T, N$, то однозначное восстановление входных отсчетов u_{ij} из числа N_{ik} осуществляется посредством свертки N_{ik} по модулю P_j

$$u_{ij} = \text{res} N_{ik} \pmod{P_j}.$$

Предложено устройство для передачи информации в коде ССК, который обеспечивает адресное разделение информационных каналов в однозначность дешифрации сообщений независимо от последовательности опроса измерительных каналов на входе кодера. Получено выражение для оценки коэффициента уплотнения сообщений в коде ССК с автоматическим кодированием адресной информации

$$K_y = \frac{\sum_{j=1}^k E[\log_2 A_j] + k E[\log_2 k]}{E[\log_2 (\prod_{j=1}^k P_j - 1)} \quad (6)$$

где A_j - диапазон квантования входных отсчетов по j -му каналу.

Исследование поведения функции (6) подтвердило принципиальную возможность уплотнения сообщений в кодах ССК, причем установ-

лено, что при уменьшении значений P_j и увеличении числа каналов K нормированное значение K_y монотонно возрастает в пределах от 1,4 до 1,8 при соответствующем изменении $K = 4-12$..

Исследование путей повышения быстродействия преобразования сообщений в код СОК показало, что приведение преобразования СОК к безразлоговой форме позволяет более чем на 80 % повысить быстродействие унитарного кодера за счет исключения в уравнении (5) переходов через модуль P . Предложен метод кодирования информации в нормализованной системе счисления остаточных классов (НСОК), в которой свертке осуществляется по модулю $P=1$ и обеспечивается максимальное быстродействие преобразования. Для преобразования НСОК получено условие однозначности кодирования сообщений, выбор которого может быть осуществлен как аналитически, так и по графику, приведенному в работе.

Комплексирование кодов СОК с другими методами сокращения избыточности сообщений позволяет существенно повысить коэффициент уплотнения информации. С этой целью в диссертации исследовалась эффективность реализации преобразования СОК по многокаскадной схеме, дополнительного "сжатия" сообщений по отдельным каналам и применения универсального кодирования к выходным словам кодера СОК. Установлено, что условия уплотнения сообщений в коде СОК соблюдаются при комплексировании последнего с методом вычетов в каждом канале. Уровень уплотнения информации, достигаемый при этом (рис.2), рассчитывается по формуле

$$K_y = \frac{\sum_{j=1}^K \log_2 q_j}{(n+1) \sum_{j=1}^K \log_2 P_j}$$

где $\sum_{j=1}^K \log_2 q_j = \sum_{j=1}^K E[\log_2 q_j]$; $\sum_{j=1}^K \log_2 P_j = \sum_{j=1}^K E[\log_2 P_j]$; n - число уплотняемых отсчетов в каждом канале.

Анализ вариантов структур кодеров СОК, проведенный в работе, позволил установить, что многоканальный кодер, реализуемый по

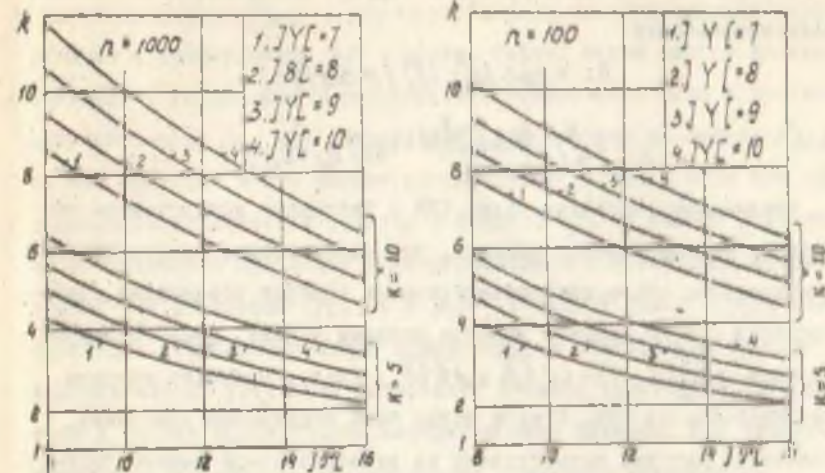


Рис.2. Графики коэффициента уплотнения информации при каскадном формировании сообщений в коде СОК.

схеме унитарного цифрового преобразователя, характеризуется рядом положительных качеств. При этом обеспечивается высокий уровень аппаратного согласования кодера СОК с кодерами вычетов в каждом канале, а также возможность их совмещения в одном функционально законченном узле.

Четвертый раздел посвящен исследованию метода каскадного формирования сообщений в коде СОК в целях оптимизации его параметров и разработки рациональных схем СПД. Получено принципиальное условие, обеспечивающее обратимость каскадного сжатия сообщений при выполнении неравенства $q_j \leq P_j$, где q_j - модуль вычетов в j -м канале кодера СОК. При этом процедуры каскадного преобразования сообщений выполняются в соответствии с выражениями:

$$b_{ij} = \text{res } y_{ij} \pmod{q_j};$$

$$N_{ik}(\beta) = \text{res } \sum_{j=1}^K b_{ij} B_j \pmod{\prod_{j=1}^K P_j}.$$

Дешифрация сообщений на кодах $N_{iK}(b)$ выполняется в обратной последовательности:

$$b_{ij} = \text{res } N_{iK}(b) \pmod{P_j};$$

$$y_{ij} = \sum \left[\frac{y_{i-1j} - b_{ij}}{q_j} + q_j \right] q_j + b_{ij}.$$

Предложены различные схемы СПД с каскадным кодированием сообщений, анализ которых показал, что максимальное быстродействие и минимальный объем оперативной памяти требует реализации преобразования СОК по строкам массива входных данных, представленных матрицей $\| y_{ij} \|$, где $i \in \overline{1, K}$; $j \in \overline{1, K}$. Анализ проведен методом моделирования на ЭВМ. С этой целью были составлены программы, реализация которых осуществлена на вычислительной машине "МИР-2".

Анализ процедур каскадного кодирования информации показывает, что во всех случаях они представляют собой модульные операции арифметической свертки. Указанные операции широко применяются для построения избыточных кодов, обнаруживающих или исправляющих ошибки различного типа. К таким кодам относятся наиболее известные вычетные (n, k) - коды, нераделимые арифметические AN - коды и многооставочные коды СОК. В работе показано, что на уровне кодера вычетов защита сообщений от ошибок является нерациональной, так как коды b_{ij} являются короткими и суммарная избыточность их защиты больше по сравнению с такой же защитой длинных кодовых слов $N_{iK}(b)$, причем появления ошибки в коде b_{ij} не влияет на правильность кодирования и дешифрации цифровых данных по другим каналам, в то время, когда возникновение даже однократной ошибки в кодовом слове $N_{iK}(b)$, может привести к искажению всех значения b_{ij} . В то же время, защита слов $N_{iK}(b)$ достаточно просто реализуется посредством расширения СОК по нескольким основаниям. При этом, если принять $b_{iK+z} = 0$, где z - число дополнительных оснований, то кодовые слова $N_{iK}(b)$ относятся

кратным модулям P_{K+z} , что обеспечивает его кодирование нераделимым арифметическим AN - кодом. Однако такой способ защиты приводит к уменьшению быстродействия кодера СОК. Если в процессе получения кода $N_{iK}(b)$ осуществить его свертку по модулю P_{K+z} , то это приводит к его защите посредством (n, k) - кода при сохранении быстродействия кодера. В связи с этим в работе в качестве оптимального предложен композиционный корректирующий арифметический код на основе (n, k) и AN - кодов. В аппаратном плане переход к помехоустойчивому кодированию в кодерах СОК требует дополнительной установки нескольких каналов идентичных по структуре и объему оборудования информационным каналам, что отражает высокую совместимость рассмотренных принципов кодирования.

В работе предложено использовать каскадные коды СОК, защищенные от ошибок посредством арифметических корректирующих кодов, на всех этапах переноса информации в вычтовых сетях АСУ ТП, включая формирование на объектах, передачу по каналам связи, обработку в ЭВМ и хранение на магнитных носителях. Согласование длины кодовых слов $N_{iK}(b)$ с разрядной сеткой ЭВМ позволяет на 30 % повысить коэффициент использования оперативной и внешней памяти при уменьшении числа адресов в K раз.

В п в т о м р а з д е л е исследуются вопросы технической реализации аппаратуры специализированного активного терминала для вычтовых сетей АСУТ бурения с учетом сформулированных системных требований и полученных условий эффективного формирования сообщений в коде СОК. Определен состав оборудования терминала (рис.3), допускающего одновременную совместную или автономную работу двух операторов с равной квалификацией. При этом непосредственно на буровой предусматривается установка админтера терминала, обеспечивающего:

- подключение 12-ти первичных преобразователей параметров

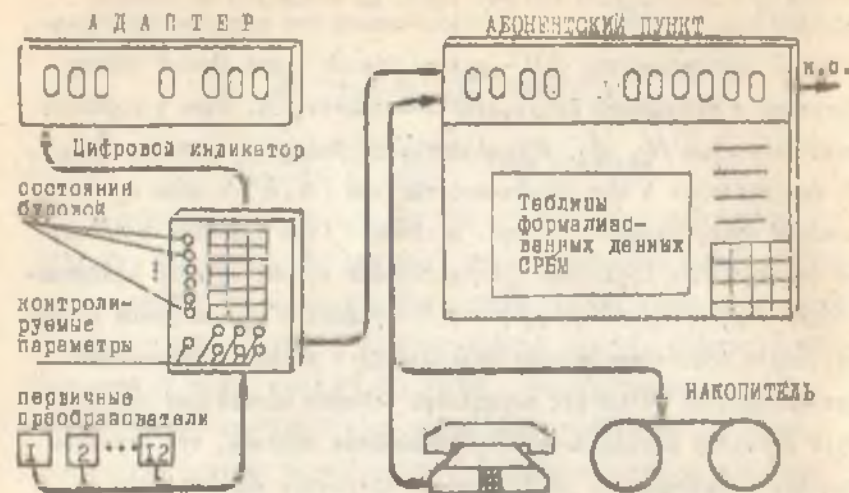


Рис. 3. Состав оборудования терминала АТОС-Б.

бурения;

- выбор оператором одного из 6-ти состояний установки бурения;
- одновременное измерение, аналого-цифровое преобразование и усреднение 6-ти параметров при заданном состоянии буровой;
- цифровое масштабирование и представление технологических параметров в действительных единицах измерения;
- вычисление нагрузки на долото и механической скорости бурения;
- одновременную цифровую индикацию двух параметров бурения (веса инструмента или нагрузки на долото) и одного из параметров по вызову оператора;
- формирование и передачу кодов 6-ти параметров бурения и кода состояния буровой на абонентский пункт терминала.

В помещении бурового мастера устанавливается абонентский пункт, который осуществляет прием информации от адаптера, ее отоб-

ражение на цифровом индикаторе, а также обеспечивает возможность ввода данных СРБМ, регистрацию всей информации в цифровом виде на магнитном носителе с циклом 24 часа и передачу кодовых слов в реальном масштабе времени по каналам связи в удаленную ВЭМ.

Разработан специализированный процессор терминала, структура которого и описание на уровне микроопераций приведены в работе.

В диссертации предложен ряд принципиальных схемотехнических решений периферийных узлов терминала, удовлетворяющих системным требованиям до его стыковки с объектом контроля, каналом связи, а также упрощающих процедуры ввода формализованных данных с пульта абонентского пункта. В частности, предложенный многоканальный преобразователь угла поворота вала в цифровой код на основе бесконтактного сельсина, позволил в значительной мере упростить формирование универсальных кодов технологических параметров бурения, поступающих на входы кодера СОК, где производится сокращение избыточности отсчетов синхронно с процессом измерения.

Предложено устройство для измерения механической скорости бурения, реализуемое на дискретных микросхемах, которое характеризуется высокой надежностью и малым объемом электронного оборудования за счет использования счетчика цифрового индикатора в качестве блока, вычисляющего модульную функцию

$$\Delta\varphi = \gamma \text{es} (N - \varphi_{i-1} + \varphi_i) \pmod{N},$$

где $\Delta\varphi$ - приращение угла поворота ротора сельсина преобразователя проходки на буровой за калиброванный интервал времени; N - диапазон квантования угла поворота, равного 360° ; φ_{i-1}, φ_i - универсальные коды, соответствующие измеренным углам поворота ротора сельсина в начале и конце калиброванного интервала времени.

Разработан цифровой модем с модифицированной трехчастотной манипуляцией, обеспечивающей внутреннюю битовую и блоковую синхронизацию передаваемых по каналу связи и регистрируемых на магнитном

носителе выходных кодовых слов терминала.

Расчитаны параметры выходного кода терминала, включающего шесть цифровых каналов телеметрии, канал данных СРЕМ и два защитных канала композиционного арифметического кода, а также разработаны алгоритмы декодирования выходных кодов терминала, обеспечивающий восстановление информации о обнаружении и исправлении однократных ошибок и реализована соответствующая программа на ЭВМ "БЭСМ-4М".

Результаты проведенных исследований по формированию сообщений в кодах СОК, а также реализованные на интегральных микросхемах серии М155 узлы специализированного терминала, могут найти эффективное применение при создании аппаратуры других низовых сетей АСУ ТП, а также учтены при проектировании информационных систем общего назначения.

В А К К У Р С

Основные результаты работы сводятся к следующему:

1. Разработана методика оценки скорости создания сообщений для источников информации, характеризующихся квазистационарными свойствами, на основе предложенного в работе подхода к классификации их состояний, которая реализована на примере изучения свойств потоков сообщений, формируемых промышленными установками бурения.

2. В результате выполненного анализа известных методов "сжатия" информации с использованием предложенного критерия эффективности сформулирована и поставлена задача разработки эффективных методов формирования сообщений для низовых сетей АСУ ТП. В новой постановке задачи получили неадаптивные методы сокращения избыточности информации в классе теоретико-числовых преобразований, которые в многоканальных системах обеспечивают сравнимый эффект уменьшения объема сообщений с методами однопараметрической адаптации при существенном упрощении аппаратурной реализации.