

**РОСЖЕЛДОР**

**Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Ростовский государственный университет путей сообщения»  
(ФГБОУ ВО РГУПС)**

---

В.Г. Лысенко, О.В. Кубкина

**МИКРОПРОЦЕССОРНЫЕ  
ИНФОРМАЦИОННО-УПРАВЛЯЮЩИЕ СИСТЕМЫ**

Учебно-методическое пособие  
к лабораторно-практическим работам

Ростов-на-Дону  
2016

УДК 621.331 : 621.311(07) + 06

Рецензент – кандидат технических наук, доцент М.А. Трубицин

**Лысенко, В.Г.**

Микропроцессорные информационно-управляющие системы: учебно-методическое пособие к лабораторно-практическим работам / В.Г. Лысенко, О.В. Кубкина; ФГБОУ ВО РГУПС. – Ростов н/Д, 2016. – 32 с. – Библиогр.: с. 25.

Учебно-методическое пособие содержит исходные данные для выполнения лабораторно-практических работ по дисциплине «Микропроцессорные информационно-управляющие системы», сведения об исследуемых характеристиках и элементах информационно-вычислительных систем, порядок выполнения работ.

Предназначено для студентов 4–5-го курсов специальности 23.05.05 «Системы обеспечения движения поездов», специализации № 1 «Электроснабжение железных дорог» всех форм обучения.

Одобрено к изданию кафедрой «Автоматизированные системы электро-снабжения».

## Содержание

Общие положения .....	4
Лабораторно-практическая работа № 1. Исследование характеристик сети диспетчерского управления. Определение рационального объема пакета данных .....	5
Лабораторно-практическая работа № 2. Исследование характеристик сети диспетчерского управления. Расчет временных характеристик.....	7
Лабораторно-практическая работа № 3. Исследование характеристик сети диспетчерского управления. Расчет производительности систем диспетчерского пункта.....	9
Лабораторно-практическая работа № 4. Определение технологии построения локальной вычислительной сети диспетчерского пункта .....	11
Лабораторно-практическая работа № 5. Изучение протоколов канального уровня .....	13
Лабораторно-практическая работа № 6. Структурный анализ узловой коммуникационной подсети.....	13
Библиографический список .....	25
Приложение .....	26

## Общие положения

Целью выполнения лабораторно-практических работ является:

- формирование навыков самостоятельной деятельности, предполагающей определение задач собственной работы и других членов коллектива по достижению цели, по обеспечению взаимодействия сотрудников и смежных подразделений, ответственности за результат выполнения работ.
- исследование зависимости характеристик сети диспетчерского управления от топологии, трафика, методов управления;
- исследование основных элементов информационно-вычислительных систем и сетей;
- изучение принципов построения и технических средств информационно-вычислительных сетей (ИВС);
- приобретение практических навыков разработки алгоритмов управления;
- изучение стандартных протоколов реализаций.

Предлагается к рассмотрению комбинированная информационно-вычислительная сеть диспетчерского управления (рис. 1), включающая в себя:

- сеть телеобработки данных, охватывающую информационно-управляющие системы контролируемых пунктов (ИУСКП) и информационно-управляющие системы диспетчерского пункта (ИУСДП);
- локальную вычислительную сеть (ЛВС) диспетчерского пункта.

Состав технических средств диспетчерского пункта определяют: тип и количество систем; объем оперативной памяти каждой системы; число и тип внешних запоминающих устройств; состав периферийного оборудования. ИУСДП реализуют информационно-управляющие функции уровня диспетчерского управления, интерфейс системы с оперативным персоналом, связь с вышестоящим уровнем управления (ВУУ).

Контролируемым пунктом (КП) системы тягового электроснабжения является: тяговая подстанция, пост секционирования, пункт параллельного соединения, группы оборудования. ИУСКП контролируемых пунктов реализуют информационно-управляющие функции локального уровня, с предоставлением информации вышестоящему уровню (диспетчерский пункт) на расстояние 50 км и более.

Одним из основных требований, предъявляемым к системам такого рода, является обеспечение заданного времени обработки данных (функционирование системы в режиме реального времени).

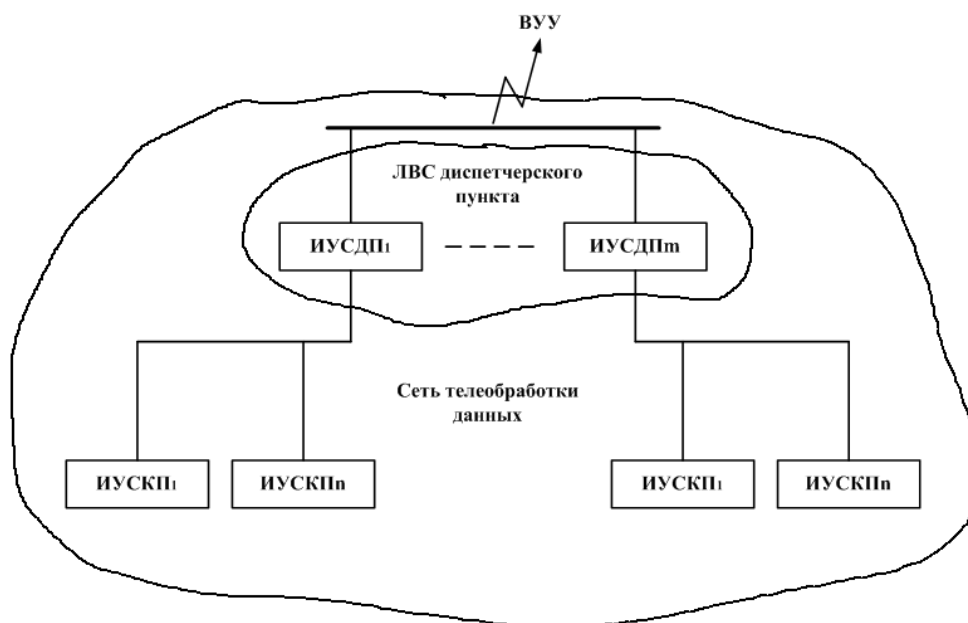


Рис. 1. Информационно-вычислительная сеть диспетчерского управления

### Лабораторно-практическая работа № 1.

#### Исследование характеристик сети диспетчерского управления.

#### Определение рационального объема пакета данных

Цель работы: Приобретение навыков расчета, оценка зависимости объема пакета данных, скорости передачи от реализуемых методов обеспечения достоверности передачи и технических характеристик канала связи.

При передаче данных в сети телеобработки используется коммутация пакетов. Сообщения, формируемые системами объединенными сетью и имеющие случайный объем (длину), передаются в составе соответствующего числа пакетов данных, имеющих фиксированную структуру и объем (длину). При выполнении работы требуется установить зависимость между длиной пакета данных, скоростью передачи, методами обеспечения достоверности передачи, техническими характеристиками канала связи.

Рациональная длина пакета данных, передаваемого в информационно-вычислительной сети, определяется выражением:

$$\omega^* = \begin{cases} 1,2 \omega_1, & \text{если } \omega_2 \geq 1,2 \omega_1; \\ \frac{\omega_1 + \omega_2}{2}, & \text{если } \omega_2 \leq 1,2 \omega_1, \end{cases}$$

где  $\omega_1$  – рациональная длина пакета с точки зрения экономии памяти и минимизации системных издержек процессора ИУСДП при обработке (сборке/разборке) сообщений;

$\omega_2$  – рациональная длина пакета, обеспечивающая максимальную скорость передачи данных при заданной достоверности канала связи.

Полученное значение  $\omega^*$  округляется до ближайшего целого значения.

Если считать, что длина передаваемого по сети сообщения распределена по экспоненциальному закону, то:

$$\omega_1 = K_1 \cdot (C + \sqrt{4 \cdot Cx \frac{AC}{ВЫХ}}),$$

где  $K_1 = 1,3 - 1,5$  – коэффициент, учитывающий системные издержки на сборку сообщения.

При передаче данных по сети различают номинальную и эффективную скорость передачи. Номинальной ( $S_n$ ) является скорость передачи, определяемая техническими характеристиками канала связи. При коммутации пакетов, наряду с данными, непосредственно входящими в состав сообщения, возникает необходимость включения в объем пакета дополнительных (служебных) данных, обеспечивающих адресацию, нумерацию, достоверность и пр. Это приводит к снижению скорости передачи сообщения. Реальная скорость передачи сообщения определяется эффективной ( $S_e$ ) скоростью.

Эффективная скорость передачи пакета данных по каналу связи:

$$S_e = \frac{\omega - C}{(t_n + \frac{\omega}{S_n}) \cdot (1 + \frac{p_m}{1 - p_m})},$$

где  $\omega$  – длина пакета (бит);

$C$  – длина заголовка пакета (бит);

$S_n$  – номинальная скорость передачи данных по каналу связи (бит/с);

$p_m$  – вероятность ошибки в пакете;

$p_e$  – вероятность искажения одного бита передачи;

$t_n$  – время изменения направления передачи (с).

Эффективная скорость передачи пакета рассчитывается для ряда значений  $\omega$  с целью нахождения максимального значения  $S_e$  (при выполнении работы значения  $\omega$  и  $p_m$  принимаются в соответствии с таблицей 1). Значение  $\omega$ , соответствующее максимальному значению  $S_e$ , является величиной  $\omega_2$ . Рассчитанное значение  $S_e$  округляется в большую сторону до десятков.

Таблица 1

$\omega$ (бит)	$p_m$			
	$p_e = 10^{-5}$	$p_e = 5 \cdot 10^{-5}$	$p_e = 10^{-4}$	$p_e = 2 \cdot 10^{-4}$
256	0	0,02	0,03	0,05
768	0,01	0,04	0,08	0,14
1280	0,02	0,07	0,12	0,23
1792	0,04	0,08	0,18	0,3
2304	0,05	0,1	0,21	0,37
2816	0,06	0,12	0,25	0,44
3328	0,07	0,14	0,28	0,49
3840	-	0,15	0,31	0,53
4096	-	0,16	0,33	0,54

При определении рациональной длины пакета реальной вычислительной сети необходимо принимать во внимание тот факт, что на нее непосредственно влияет протокол управления каналом передачи данных.

Отчет по работе оформляется в форме пояснительной записки к расчетам и ответов на контрольные вопросы по заданию преподавателя.

Контрольные вопросы.

- 1 Классификация и основные характеристики каналов связи.
- 2 Методы обеспечения достоверности передачи данных.
- 3 Номинальная и эффективная скорости передачи данных
- 4 Методы коммутации данных.
- 5 Структура пакета данных.

## **Лабораторно-практическая работа № 2.**

### **Исследование характеристик сети диспетчерского управления.**

#### **Расчет временных характеристик**

Цель работы: изучение методов расчета временных характеристик системы контроля и управления.

При выполнении работы необходимо оценить возможность функционирования заданной системы в режиме реального времени. При необходимости предложить мероприятия по повышению эффективности использования каналов связи.

В целях упрощения анализа временных характеристик примем следующие допущения:

- ИУСКП, имеющие готовые к передаче сообщения, распределены среди общего числа ИУСКП одного диспетчерского круга случайным образом;
- каждое входное и выходное сообщение передается отдельно;
- к моменту обработки сообщения ИУСКП канал связи освобождается;
- интенсивности входных потоков сообщений от каждой ИУСКП равны между собой;
- время опроса одной ИУСКП не зависит от наличия или отсутствия сообщения.

В момент готовности ИУСКП к передаче сообщения среднее время ожидания освобождения канала связи равно:

$$t_{ож} = \frac{t_0 + T_{ИП} \cdot l}{\rho}, \quad (1)$$

где  $t_0 = \frac{1}{2} \cdot M_{кл} \cdot \tau_0$  – среднее время ожидания опроса для половины ИУСКП;

$$T_{\text{ПР}} = \frac{x_{\text{ВХ}}^{\text{AC}} + x_{\text{ВЫХ}}^{\text{AC}}}{2 \cdot S_{\text{э}}} - \text{среднее время занятия канала передачей одного сооб-}$$

щения (с);

$M_{\text{КП}}$  – число контролируемых пунктов;

$x_{\text{ВХ}}^{\text{AC}}, x_{\text{ВЫХ}}^{\text{AC}}$  – средняя длина сообщения ИУСКП (бит);

$l$  – средняя длина очереди к каналу;

$\rho$  – коэффициент загрузки канала связи;

$$\tau_0 = K_1 \cdot \frac{x_{\text{ВЫХ}}^{\text{AC}}}{S_{\text{э}}} - \text{время выполнения процедуры опроса ИУСКП.}$$

Для экспоненциального распределения длин сообщений и пуассоновского входного потока их поступления от ИУСКП к ИУСДП:

$$l = \frac{\rho^2}{1 - \rho}, \quad (2)$$

где

$$\rho = \left( \frac{x_{\text{ВХ}}^{\text{AC}} + x_{\text{ВЫХ}}^{\text{AC}}}{S_{\text{э}}} + t_0' \right) \cdot \lambda_{\text{м}} \cdot M_{\text{КП}}, \quad (3)$$

$\lambda_{\text{м}}$  – средняя интенсивность поступления запросов от одной ИУСКП (1/с);

$S_{\text{э}}$  – эффективная скорость передачи по каналу (бит/с);

$t_0'$  – среднее время ожидания ИУСКП выполнения опроса между двумя соседними фазами занятия канала для обмена сообщениями за период  $T = M_{\text{КП}} \cdot \tau_0$ :

$$t_0' = \frac{M_{\text{КП}}}{2 \cdot (1 + l)} \cdot \tau_0. \quad (4)$$

Длина очереди  $l$  получается решением совместно уравнений 2, 3, 4 способом итерационного приближения. На первом шаге принять  $l = 0,2$ .

Среднее время задержки сообщения в очереди:

$$\tau = t_{\text{ож}} + T_{\text{ПР}}^{\text{ВХ}}, \quad (5)$$

где  $T_{\text{ПР}}^{\text{ВХ}} = \frac{x_{\text{ВХ}}^{\text{AC}}}{S_{\text{э}}}$  – среднее время занятия канала для передачи сообщения.

В случае если рассчитанное среднее время задержки сообщения в очереди  $\tau \geq 2 \cdot M_{\text{КП}}$  (с), необходимо предусмотреть меры, направленные на повышение эффективности использования канала связи, привести необходимые описания и пояснения.

Отчет по работе оформляется в форме пояснительной записки к расчетам и ответов на контрольные вопросы по заданию преподавателя.



Контрольные вопросы.

- 1 Последовательная передача данных, основные проблемы, способы решения.
- 2 Манчестерское кодирование.
- 3 Уплотнение каналов связи.
- 4 Концентрация каналов связи.
- 5 Основные функции узла коммутации.
- 6 Понятие режима реального времени.

### Лабораторно-практическая работа № 3.

#### Исследование характеристик сети диспетчерского управления.

#### Расчет производительности систем диспетчерского пункта

Цель работы: приобретение навыков оценки производительности систем диспетчерского пункта.

Требуемая производительность  $P_{TP}$  процессоров ИУСДП определяется выражением:

$$P_{TP} = K_C \cdot K_H \cdot K_P \cdot (P_C + P_D),$$

где  $P_C$  – производительность процессора, необходимая для поддержки сети ИУСКП;

$P_D$  – производительность процессора, необходимая для обслуживания информационно-управляющих систем диспетчерского пункта в диалоговом режиме (ввод-вывод, редактирование, форматирование документов, работа с базами данных, отладка и т. п.);

$K_H = 1,3 - 1,6$  – коэффициент, учитывающий неравномерность распределения нагрузки по суткам месяца и в течение суток при наличии нормированных сроков решения задач;

$K_C = 1,1 - 1,3$  – коэффициент, учитывающий необходимость решения сетевых задач;

$K_P = 1,2 - 1,3$  – коэффициент запаса производительности на развитие задач абонентов.

Величина  $P_C$  определяется следующим образом:

$$P_C = \frac{1}{3600 \cdot T_{TP}} \cdot \alpha \cdot m \cdot (V + (Q + W) \cdot (\gamma_1 + \gamma_2)),$$

где  $\alpha$  – количество прикладных технологических задач, решаемых с использованием сети телеобработки данных;

$\gamma_1, \gamma_2$  – среднее количество машинных операций, необходимых для организации приема и выдачи одного знака при работе с локальными устройствами ввода-вывода ( $\gamma_1$ ) и ИУСКП ( $\gamma_2$ ), при этом  $\gamma_1 = 10 - 20$  (опер./знак),  $\gamma_2 = 100 - 200$  (опер./знак);

$v$  – средняя длительность задачи (в машинных операциях);

$Q$  – средний объем входного сообщения для задачи (в знаках);

$w$  – средняя длина выходного сообщения на устройство печати или дисплей после выполнения задачи (в знаках);

$m$  – среднее число запросов, формируемых в ИУСДП в течение суток.

Время полезной работы  $T_{\text{пп}}$  (в часах) ИУСДП в течение суток определяется из соотношения:

$$T_{\text{пп}} = T_{\phi} - T_{\text{то}} - \frac{T_{\phi} - T_{\text{то}}}{T_o} \cdot T_B - \frac{T_{\phi} - T_{\text{то}}}{T_c} \cdot T_{\text{вс}} - T_{\text{п}},$$

где  $T_{\phi} = 24$  – фонд рабочего времени ИУСДП в течение суток (в часах);

$T_o$  – время наработки на отказ технических средств ИУСДП (в часах);

$T_{\text{то}}$  – среднее время обслуживания ИУСДП, учитывающее суммарные затраты времени на проведение технического обслуживания в течение года (в часах);

$T_B$  – среднее время восстановления (в часах);

$T_c$  – наработка на сбой (в часах);

$T_{\text{вс}} = 0,1 \cdot T_B$  – среднее время восстановления при сбое (в часах);

$T_{\text{п}} = 0,05 \cdot T_{\phi}$  – среднесуточное время потерь (в часах) (ошибки оператора, плохое качество носителей информации и т. п.).

Значение  $P_d$  требуемой производительности для работ в диалоговом режиме определяется выражением:

$$P_d = \frac{1}{T} \cdot \sum_{i=1}^n (v_i \cdot r_i),$$

где  $n$  – число видов работ в диалоговом режиме и режиме запрос-ответ;

$T = 24$  – период работы терминалов в течение суток (в часах);

$r_i$  – число терминалов часов пользователей в течение суток при выполнении  $i$ -го вида работ;

$v_i$  – удельная нагрузка, создаваемая пользователем на центральный процессор (опер./с).

На основе статистических данных можно выделить классы работ абонентов, проводимых в информационно-вычислительных системах, которые создают специфические удельные нагрузки ( $v_i$ ) на отдельные элементы системы. (См. приложение, таблица 1).

Под эффективным быстродействием процессора понимается среднее число операций, выполняемых в единицу времени с учетом времени «разгона» процессора, функционирования с номинальным быстродействием, торможения и времени переключения.

Значение  $P_{\text{шт}}$  можно приблизительно принять равной  $10^6$  опер./с. Если одному процессору не удастся удовлетворить нагрузку  $P_{\text{тр}}$ , то берут целое число ( $M_s$ ) процессоров (ядер):

$$M_{\circ} = \frac{P_{TP}}{P_{ЦП}}.$$

Отчет по работе оформляется в форме пояснительной записки к расчетам и ответов на контрольные вопросы по заданию преподавателя.

Контрольные вопросы.

- 1 Понятие и обобщенная модель информационно вычислительной системы (ИВС).
- 2 Классификация прикладных процессов.
- 3 Методы повышения эффективности ИВС.
- 4 Прикладные технологические задачи контроля и управления системой электроснабжения железных дорог.

#### **Лабораторно-практическая работа № 4.**

#### **Определение технологии построения локальной вычислительной сети диспетчерского пункта**

Цель работы: Изучение стандартов построения ЛВС, приобретение навыков разработки блок схем алгоритмов.

Производители комплексного оборудования поставляют на рынок локальные вычислительные сети, соответствующие международным стандартам. Основной объем работ по стандартизации выполняют официальные международные организации: Международная организация стандартов (ISO), созданная Организацией объединенных наций и Международный консультативный комитет по телеграфии и телефонии (ССТТ). Кроме того, стандарты ЛВС разрабатываются Комитетом по стандартизации локальных сетей (IEEE) в США. Оборудование, совместимое со стандартами IEEE 802.3 и Ethernet, выпускается многими поставщиками, стандарт IEEE 802.4 IEEE 802.3 реализуется фирмой CDS, стандарт IEEE 802.5 фирмой IBM.

При создании систем распределенной обработки данных на базе локальных вычислительных сетей возникают определенные сложности: проблема выбора требуемого стандарта (поднабора функции стандарта), обеспечивающего заданные характеристики; зависимость рабочих характеристик ЛВС от конкретных технических решений, принятых для реализации адаптеров; зависимость рабочих характеристик ЛВС от параметров (длина кабеля, число станций, нагрузка). Первая проблема требует определенных экспертных знаний по технологии и основным особенностям ЛВС. При решении второй проблемы необходимо учитывать идеологию реализации адаптеров и протоколов управления ими со стороны ЭВМ. Третья проблема подразумевает построение аналитических и имитационных моделей, позволяющих оптимизировать параметры ЛВС для достижения требуемой пропускной способности и задержки при доступе.

При выполнении лабораторной работы необходимо:

- на основании данных, приведенных в задании, с использованием сводных характеристик основных базовых профилей ЛВС (рисунок 2) принять стандарт для проектируемой ЛВС;
- определить протокол управления доступом к среде (ПУДС), топологию сети, тип физической среды передачи. Привести описание и обоснование принятых решений;
- разработать блок-схему алгоритма управления доступом к среде передачи данных.

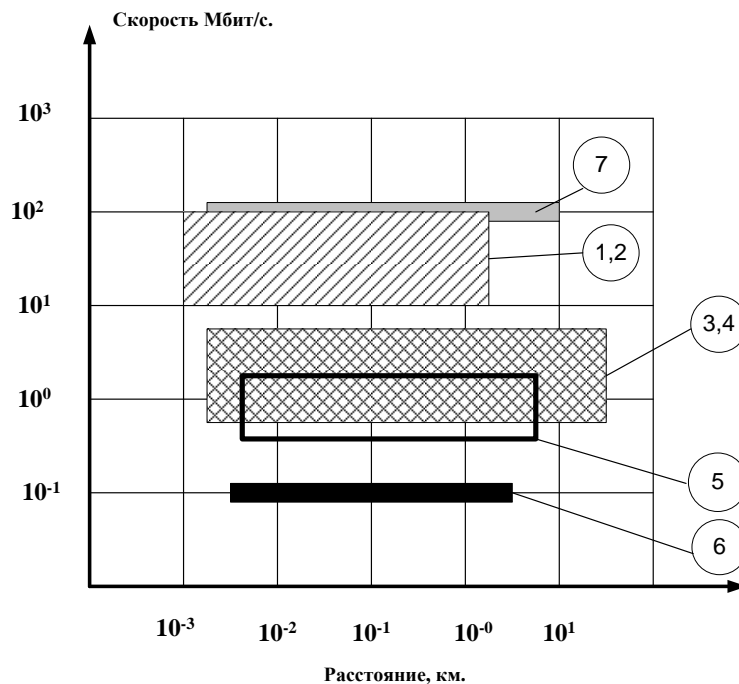


Рис. 2. Сводные характеристики стандартов ЛВС

На рис. 2: 1 – передача сигналов в основной полосе частот, метод множественного доступа с контролем передачи и обнаружения конфликтов (CSMA/CD), топология шины; 2 – передача сигналов в широкой полосе частот, метод (CSMA/CD), топология шины; 3 – передача сигналов в основной полосе частот, метод передачи полномочий, топология шины; 4 – передача сигналов в широкой полосе частот, метод передачи полномочий, топология шины; 5 – передача сигналов в основной полосе частот, метод передачи полномочий, топология кольца; 6 – однонаправленная передача сигналов в широкой полосе частот, метод передачи полномочий, топология шины; 7 – передача сигналов в широкой полосе частот, метод передачи полномочий, волоконно-оптический кабель, топология кольца.

Контрольные вопросы.

- 1 Технологии построения локальных вычислительных сетей.
- 2 Понятие и основные топологии ЛВС.
- 3 Классификация коммуникационных подсетей.
- 4 Методы доступа к среде передачи данных ЛВС.
- 5 Понятие и основные требования предъявляемые к алгоритму.

## **Лабораторно-практическая работа № 5.** **Изучение протоколов канального уровня**

Цель работы: изучение взаимодействия микропроцессорных систем на канальном уровне.

При выполнении лабораторной работы необходимо разработать элементы протокола управления логическим каналом с использованием процедур дуплексного протокола канального уровня HDLC:

– разработать алгоритм управления логическим каналом. Блок-схема алгоритма управления звеном данных разрабатывается для заданного типа станций (первичная, вторичная и комбинированная) и для заданного режима работы (нормальных ответов, асинхронных ответов, асинхронный балансный), при потоке данных в звене в обоих направлениях. При разработке блок-схемы алгоритма необходимо обеспечить выполнение требований, предъявляемых к алгоритмам и протоколам;

– разработать структуры информационного и супервизорного (нумерованного) кадров протокола. В данном разделе необходимо сформировать структуру кадра протокола и заполнить его поля данными в соответствии с заданием.

В качестве первичного кода передачи данных использовать стандарт ASC II.

Смотри справочные данные по протоколу HDLC (прил.).

Отчет по работе оформляется в форме пояснительной записки к расчетам и ответов на контрольные вопросы по заданию преподавателя.

Контрольные вопросы.

1 Базовая эталонная модель взаимодействия открытых систем. Принципы построения, основные понятия.

2 Понятие открытой системы.

3 Функции канального уровня модели.

## **Лабораторно-практическая работа № 6.** **Структурный анализ узловой коммуникационной подсети**

Цель работы: исследование методов маршрутизации данных в узловой коммуникационной подсети.

Разработка таблиц маршрутизации в узловых коммуникационных подсетях подразумевает анализ транзитных маршрутов различных рангов. Необходимо исследовать заданную подсеть с помощью взвешенного графа. Формирование графа сети осуществляется на основании исходных данных (таблица 7). Заданный граф (рисунок 3) включает в себя узлы коммутации (А, В, С, D, E, F) с указанием протяженности каналов связи между ними.

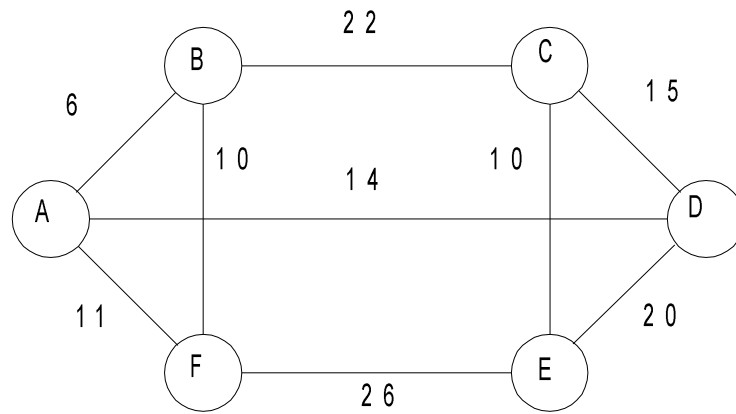


Рис. 3. Взвешенный граф сети

На основе длин каналов связи, изображенных на рисунке 3, составляется матрица длин каналов:

		A	B	C	D	E	F
$L^1$	A	0	6	0	14	0	11
	B	6	0	22	0	0	10
	C	0	22	0	15	10	0
	D	14	0	15	0	20	0
	E	0	0	10	20	0	26
	F	11	10	0	0	26	0

$$\text{т.е. } L^1 = \|l_{ij}^1\|$$

Элемент  $l_{ij}$  указывает длину канала между  $i$  и  $j$  узлами. Элементы матрицы, равные нулю, указывают на отсутствие непосредственной связи между узлами, либо на нулевое расстояние между одноименными узлами. Элементы матрицы  $L^1$  можно рассматривать как элементы булевой алгебры и применять аппарат преобразования булевых матриц. При этом логическое умножение (конъюнкция,  $\&$ ,  $\wedge$ ) можно рассматривать как последовательное соединение длин транзитных участков маршрута. Логическое сложение (дизъюнкция,  $1$ ,  $\vee$ ) можно интерпретировать как наличие параллельных маршрутов, из которых следует выбрать кратчайший.

Матрица длин  $L^1$  содержит все однострантные маршруты из узла  $i$  в узел  $j$ , а возведение этой матрицы в квадрат ( $L^2 = L^1 \cdot L^1$ ) даёт двухтрантные маршруты. Длина маршрута внутри узла ( $l_{ii}$  или  $l_{jj}$ ) равна нулю; произведения  $l_{ii}^1 \cdot l_{ij}^1$  и  $l_{ik}^1 \cdot l_{kj}^1$  соответствуют однострантным маршрутам, а каждый элемент матрицы  $L^2$  вида  $l_{ii}^1 \cdot l_{ij}^1$  – двухтрантному от узла  $i$  к узлу  $j$  через узел  $k$ .

Легко видеть, что матрицы длин 3, 4, ...,  $r$ -ой степени в качестве элементов будут содержать соответственно маршруты 3, 4, ...,  $r$ -го рангов. Для этого необходимо использовать последовательные операции вида  $L^3 = L^2 \cdot L^1$ ;  $L^4 = L^3 \cdot L^1$ ;  $L^r = L^{r-1} \cdot L^1$ .

Максимальный ранг маршрута (число транзитных узлов коммутации) не может быть больше  $r-1$ .

При наличии параллельных маршрутов для определения кратчайшего из них, необходимо матрицу длин возвести в соответствующую степень (во вторую – для выявления двухтранзитных маршрутов, в третью – трёхтранзитных и т.д.) и при этом, перемножая  $m$ -ую строку на  $n$ -ый столбец, заменять операцию логического сложения на операцию выбора маршрута минимальной длины. Например, при возведении матрицы  $L^1$  графа, изображенного на рисунке 3, получим:

для вхождения  $I_{ae}$ :

0 6 0 14 0 11 – строка а

0 0 10 20 0 26 – столбца е

$$I_{ae}^2 = 0 \vee 0 \vee 0 \vee 34 \vee 0 \vee 37 = 34 \vee 37$$

$\min(I_{ae}^2) = 34$ , т.е. кратчайший путь от узла а к узлу е будет двухтранзитным маршрутом, проходящим через узел d;

для вхождения  $I_{ad}$ :

0 6 0 14 0 11 – строка а

14 0 15 0 20 0 – столбца d

$$I_{ad}^2 = 0 \vee 0 \vee 0 \vee 0 \vee 0 \vee 0 = 0$$

т.е. кратчайшего двухтранзитного маршрута от узла а к узлу d нет, а будет только однотранзитный –  $I_{ad} = 14$ ;

для вхождения  $I_{fa}$ :

11 10 0 0 26 0 – строка f

6 0 14 0 11 – столбца а

$$I_{fa}^2 = 0 \vee 0 \vee 0 \vee 0 \vee 0 \vee 0 = 0,$$

т.е. кратчайшего двухтранзитного маршрута от узла f к узлу а нет, а будет только однотранзитный –  $I_{fa} = 11$ .

При выполнении работы необходимо проанализировать и определить кратчайшие маршруты различных рангов, связывающие расчетный узел со всеми другими узлами сети.

Отчет по работе оформляется в форме пояснительной записки к расчетам и ответов на контрольные вопросы по заданию преподавателя.

Контрольные вопросы.

- 1 Маршрутизация данных, понятие, основные цели и задачи.
- 2 Методы маршрутизации данных и их классификация.
- 3 Понятие насыщения сети.
- 4 Основные алгоритмы маршрутизации данных.

## ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

*Таблица 1*

Номер варианта	Скорость передачи данных, Мбит/с	Число абонентских станций	Протяженность коммуникационной подсети, км
1	2	3	4
1	10	30	0,1
2	100	40	1
3	10	20	0,2
4	2	30	3
5	4	80	5
6	0,8	100	1
7	0,1	170	2
8	0,1	180	3
9	1,5	180	8
10	10	30	0,2
11	100	40	1
12	10	70	2
13	1,2	140	6
14	6	120	7
15	8	200	10
16	1	120	3
17	1,2	150	5
18	3	25	8
19	100	60	1
20	10	25	0,01
21	100	100	2
22	0,1	150	1
23	100	180	3
24	100	60	5
25	0,1	200	4
26	60	99	3
27	100	60	1
28	10	25	0,01
29	2	24	7
30	100	50	2
31	10	30	0,15
32	1000	40	15
33	10	20	0,25
34	200	30	30
35	40	80	5
36	0,85	100	10
37	0,15	170	20
38	0,2	180	30
39	1,5	180	8
40	10	30	0,25
41	100	40	11
42	10	70	14
43	1,2	140	16
44	6	120	17
45	8	200	10



Таблица 2

Номер варианта задания	ПАРАМЕТР										
	$\alpha$	V	Q	W	m	M <sub>КП</sub>	$X_{ВХ}^{АС}$	$X_{ВЫХ}^{АС}$	$\lambda_M$	Z <sub>ОС</sub>	$\Psi$
	НАИМЕНОВАНИЕ										
	Количество прикладных технологических задач	Средняя длительность задачи	Средний объем входного сообщения для задачи	Средний объем выходного сообщения на периферийное устройство	Среднее число запросов	Число контролируемых пунктов	Средняя длина входного сообщения ИУСКП	Средняя длина выходного сообщения ИУСКП	Средняя интенсивность поступления запросов от ИУСКП	Объем памяти, отводимой под ОС	Число активных задач
РАЗМЕРНОСТЬ											
	штук	10 <sup>3</sup> маш.опер	знак	знак	штук	штук	бит	бит	10 <sup>-4</sup> 1/с	Кбайт	штук
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	9	1	100	1000	15	4	200	900	100	100	1
2	10	3	200	1500	20	5	300	920	250	200	2
3	11	2	300	2000	21	4	400	950	200	150	3
4	12	4	400	2500	10	3	500	1000	150	210	4
5	13	3	500	3000	25	5	100	980	300	120	5
6	14	5	150	3500	60	3	600	970	350	140	6
7	15	4	340	4000	25	4	400	990	240	190	11
8	16	6	280	2800	35	6	420	1200	180	240	9
9	17	2	450	3100	35	4	250	910	250	220	3
10	20	1	100	3200	20	4	310	900	100	100	3
11	25	3	200	4300	30	5	320	910	250	200	2
12	30	2	300	3400	20	5	420	920	200	150	5
13	35	4	400	2100	15	4	330	930	150	210	4
14	21	3	500-	2500	30	4	430	940	300	120	6
15	22	5	150	5100	25	5	240	950	350	140	3

Окончание табл. 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
16	23	4	250	3240	14	5	250	960	210	130	1
17	24	6	350	1000	23	4	360	970	160	210	5
18	15	2	450	1500	34	5	460	980	250	220	6
19	22	5	500	2500	24	5	200	1000	250	120	2
20	13	4	150	3000	31	4	300	910	200	140	5
21	16	3	400	2000	12	4	160	990	100	210	3
22	17	6	250	3500	20	5	400	920	150	130	4
23	18	2	350	4000	30	4	500	930	300	210	6
24	7	4	450	3500	20	5	100	940	350	320	3
25	15	3	400	2500	30	4	600	950	210	120	1
26	28	5	500	2100	10	5	100	960	160	140	5
27	32	4	150	2500	25	4	150	970	250	130	6
28	9	6	250	5100	34	5	250	980	210	210	5
29	18	3	450	1000	14	5	240	1000	250	140	3
30	10	2	350	3240	23	4	430	990	160	220	6
31	20	1	100	3200	20	4	310	900	100	100	3
32	25	3	200	4300	30	5	320	910	250	200	2
33	30	2	300	3400	20	5	420	920	200	150	5
34	35	4	400	2100	15	4	330	930	150	210	4
35	21	3	500-	2500	30	4	430	940	300	120	6
36	22	5	150	5100	25	5	240	950	350	140	3
37	23	4	250	3240	14	5	250	960	210	130	1
38	24	6	350	1000	23	4	360	970	160	210	5
39	15	2	450	1500	34	5	460	980	250	220	6
40	22	5	500	2500	24	5	200	1000	250	120	2
41	13	4	150	3000	31	4	300	910	200	140	5
42	10	3	200	1500	20	5	300	920	250	200	2
43	11	2	300	2000	21	4	400	950	200	150	3
44	12	4	400	2500	10	3	500	1000	150	210	4
45	13	3	500	3000	25	5	100	980	300	120	5

Таблица 3

Номер варианта задания	ПАРАМЕТР										
	$r_1$	$r_2$	$r_3$	$r_4$	$r_5$	i	$T_0$	$T_{TO}$	$T_B$	$T_C$	
	НАИМЕНОВАНИЕ										
	Число терминал-часов пользователей в течение суток при выполнении i-го вида работ					Номер вида работ абонента	Время наработки на отказ	Среднее время обслуживания	Среднее время восстановления	Наработка на собой	
	РАЗМЕРНОСТЬ										
	Час					7	Час				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
1	3	1,5	1	0,5	0,3	1,2,3,4,5	100	0,5	0,2	10	
2	2	1	1	0,3		1,2,3,4	150	1	0,3	12	
3	2	1	2			1,2,3	200	1,5	0,4	13	
4	3	2				1,2	250	2	0,5	14	
5	1	1	1,5	0,5	0,3	1,2,3,4,5	300	2,5	0,3	15	
6	1	1,5	0,5	0,3		1,2,3,4	350	3	0,2	16	
7	1,5	1	0,5			1,2,3	400	2,5	0,1	17	
8	3	2				1,2	450	1,5	0,4	18	
9	3	1,5	1	0,5	0,3	1,2,3,4,5	500	2	0,2	19	
10	1	1,5	0,5	0,3		1,2,3,4	100	1	0,3	20	
11	1	0,5	0,3			1,2,3	150	0,5	0,4	21	
12	1	2				1,2	200	1	0,5	22	
13	1	1	1,5	0,5	0,3	1,2,3,4,5	250	1,5	0,3	23	
14	1	0,5	0,5	0,3		1,2,3,4	300	2	0,2	24	
15	3	1,5	1			1,2,3	350	2,5	0,1	25	
16	2	0,6				1,2	100	0,5	0,2	10	
17	3	0,5	2	0,9	0,3	1,2,3,4,5	150	1	0,3	12	
18	1,5	0,7	1	0,5		1,2,3,4	200	1,5	0,4	13	
19	2,5	1	0,5			1,2,3	250	2	0,5	14	
20	3	2				1,2	300	2,5	0,3	15	

Окончание табл. 3

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
21	1,5	0,7	1	0,5	0,2	1,2,3,4,5	350	3	0,2	16
22	2,5	1	0,5	0,6		1,2,3,4	400	2,5	0,1	17
23	3	0,5	2			1,2,3	450	1,5	0,4	18
24	1,5	0,7				1,2	500	2	0,2	19
25	2,5	1	0,5	0,6	0,5	1,2,3,4,5	100	1	0,3	20
26	1,5	1	1	0,9		1,2,3,4	150	0,5	0,4	21
27	2,5	2	1			1,2,3	200	1	0,5	22
28	3	1				1,2	250	1,5	0,3	23
29	1,5	1	1	0,9	0,2	1,2,3,4,5	300	2	0,2	24
30	2,5	1	0,5	0,6		1,2,3,4	350	2,5	0,1	25
31	3	1,5	1	0,5	0,3	1,2,3,4,5	100	0,5	0,2	10
32	2	1	1	0,3		1,2,3,4	150	1	0,3	12
33	2	1	2			1,2,3	200	1,5	0,4	13
34	3	2				1,2	250	2	0,5	14
35	1	1	1,5	0,5	0,3	1,2,3,4,5	300	2,5	0,3	15
36	1	1,5	0,5	0,3		1,2,3,4	350	3	0,2	16
37	1,5	1	0,5			1,2,3	400	2,5	0,1	17
38	3	2				1,2	450	1,5	0,4	18
39	3	1,5	1	0,5	0,3	1,2,3,4,5	500	2	0,2	19
40	1	1,5	0,5	0,3		1,2,3,4	100	1	0,3	20
41	2	0,6				1,2	100	0,5	0,2	10
42	3	0,5	2	0,9	0,3	1,2,3,4,5	150	1	0,3	12
43	1,5	0,7	1	0,5		1,2,3,4	200	1,5	0,4	13
44	2,5	1	0,5			1,2,3	250	2	0,5	14
45	3	2				1,2	300	2,5	0,3	15

Таблица 4

Номер варианта	ПАРАМЕТРЫ			
	$C$	$t_{II}$	$S_H$	$P_B$
	НАИМЕНОВАНИЕ			
	Длина заголовка пакета	Время изменения направления передачи	Номинальная скорость передачи данных	Вероятность искажения одного бита передачи
	РАЗРЯДНОСТЬ			
	бит	с.	бит/с	
1	2	3	4	5
1	90	0	2400	$10^{-5}$
2	95	0,01	4800	$5 \cdot 10^{-5}$
3	100	0,02	1200	$10^{-4}$
4	110	0,01	12000	$2 \cdot 10^{-4}$
5	120	0	2400	$10^{-5}$
6	130	0	4800	$5 \cdot 10^{-5}$
7	140	0,01	1200	$10^{-4}$
8	150	0,02	12000	$2 \cdot 10^{-4}$
9	160	0,01	2400	$10^{-5}$
10	150	0	4800	$5 \cdot 10^{-5}$
11	140	0	1200	$10^{-4}$
12	130	0,01	12000	$2 \cdot 10^{-4}$
13	125	0,02	2400	$10^{-5}$
14	120	0,01	4800	$5 \cdot 10^{-5}$
15	110	0	1200	$10^{-4}$
16	100	0,01	12000	$2 \cdot 10^{-4}$
17	90	0,02	2400	$10^{-5}$
18	95	0,01	4800	$5 \cdot 10^{-5}$
19	100	0	1200	$10^{-4}$
20	110	0	12000	$2 \cdot 10^{-4}$
21	120	0,01	2400	$10^{-5}$
22	130	0,02	4800	$5 \cdot 10^{-5}$
23	140	0,01	1200	$10^{-4}$
24	150	0	12000	$2 \cdot 10^{-4}$
25	160	0,01	2400	$10^{-5}$
26	150	0,02	4800	$5 \cdot 10^{-5}$
27	140	0,01	1200	$10^{-4}$
28	130	0	12000	$2 \cdot 10^{-4}$
29	125	0	2400	$10^{-5}$
30	120	0,01	4800	$5 \cdot 10^{-5}$
31	160	0,01	2400	$10^{-5}$
32	150	0	4800	$5 \cdot 10^{-5}$
33	140	0	1200	$10^{-4}$
34	130	0,01	12000	$2 \cdot 10^{-4}$
35	125	0,02	2400	$10^{-5}$
36	120	0,01	4800	$5 \cdot 10^{-5}$
37	110	0	1200	$10^{-4}$
38	100	0,01	12000	$2 \cdot 10^{-4}$

Окончание табл. 4

1	2	3	4	5
39	90	0,02	2400	$10^{-5}$
40	125	0,02	2400	$10^{-5}$
41	120	0,01	4800	$5 \cdot 10^{-5}$
42	110	0	1200	$10^{-4}$
43	100	0,01	12000	$2 \cdot 10^{-4}$
44	90	0,02	2400	$10^{-5}$
45	95	0,01	4800	$5 \cdot 10^{-5}$

Таблица 5

Рабочий режим HDLC	Тип станции	Номер варианта задания
Режим нормальных ответов	первичная	1-6
	вторичная	7-12
Режим асинхронных ответов	первичная	13-18
	вторичная	19-24
Асинхронный балансный режим		25-30

Таблица 6

Номер варианта задания	Информационный кадр	Супервизорный (ненумерованный) кадр	Содержание информационного поля кадра
1	2	3	4
1	нормальный	RR	условие
2	расширенный	REJ	переход
3	нормальный	RNR	станция
4	расширенный	SREJ	режим
5	нормальный	SARM	выключатель
6	расширенный	SNRM	разъединитель
7	нормальный	SNRME	трансформатор
8	расширенный	SABM	начальное
9	нормальный	SABME	повторное
10	расширенный	RSET	автоматическое
11	нормальный	FRMR	включение
12	расширенный	DISK	резерв
13	нормальный	UA	замыкание
14	расширенный	CMDR	короткое
15	нормальный	FRMR	трафик
16	расширенный	RR	группа
17	нормальный	REJ	канал
18	расширенный	RNR	операция
19	нормальный	SREJ	неисправность
20	расширенный	SARM	релейная
21	нормальный	SNRM	защита
22	расширенный	SNRME	управление
23	нормальный	SABM	информация
24	расширенный	SABME	данные
25	нормальный	RSET	канал связи
26	расширенный	FRMR	маршрутизатор
27	нормальный	DISK	процессор

Окончание табл. 6

28	расширенный	UA	оперативная
29	нормальный	CMDR	производительность
30	расширенный	FRMR	команда
31	нормальный	RR	включить
32	расширенный	REJ	отключить
33	нормальный	RNR	авария
34	расширенный	SREJ	подстанция
35	нормальный	SARM	гололед
36	расширенный	SNRM	изоляция
37	нормальный	SNRME	обмотка
38	расширенный	SABM	напряжение
39	нормальный	SREJ	секция
40	расширенный	SARM	провод
41	нормальный	SNRM	устройство
42	расширенный	SNRME	автомат
43	нормальный	SABM	релейная
44	расширенный	SABME	защита
45	нормальный	RSET	фазный угол

Таблица 7

Топология сети с протяженностью каналов связи между узлами коммутации (км)								Номер варианта за- дания	Наименование расчетного узла коммутации
1									
	A	B	C	D	E	F	G		
A	-	14	41	-	-	-	12	1	A
B	14	-	-	33	-	-	-	2	B
C	41	-	-	-	25	-	-	3	C
D	-	33	-	-	67	-	-	4	D
E	-	-	25	67	-	59	-	5	E
F	-	-	-	-	59	-	18	6	F
G	12	-	10	-	-	18	-	7	G
	A	B	C	D	E	F	G		
A	-	22	34	-	-	-	27	8	A
B	22	-	-	33	-	-	-	9	B
C	34	-	-	-	-	-	29	10	C
D	-	33	-	-	50	15	-	11	D
E	-	-	-	50	-	85	10	12	E
F	-	-	-	15	85	-	73	13	F
G	27	-	29	-	10	73	-	14	G
	A	B	C	D	E	F	G		
A	-	22	34	29	-	-	-	15	A
B	22	-	-	33	-	-	-	16	B
C	34	-	-	68	-	-	-	17	C
D	29	33	-	-	50	15	-	18	D
E	-	-	-	50	-	85	9	19	E
F	-	-	-	15	85	-	73	20	F
G	-	-	-	-	9	73	-	21	G

Окончание табл. 7

1								2	3
	A	B	C	D	E	F	G		
A	-	23	48	29	-	-	-	22	A
B	23	-	-	33	-	-	-	23	B
C	48	-	-	-	33	-	-	24	C
D	29	33	-	-	50	15	-	25	D
E	-	-	33	50	-	85	13	26	E
F	-	-	-	15	85	-	73	27	F
G	-	-	-	-	13	73	-	28	G
	A	B	C	D	E	F	G		
A	-	14	43	39	-	-	-	29	A
B	14	-	-	22	-	-	17	30	B
C	43	-	-	-	21	-	29	31	C
D	-	22	-	-	-	15	6	32	D
E	-	-	21	-	-	78	8	33	E
F	-	-	-	15	78	-	62	34	F
G	-	17	29	6	8	62	-	35	G



## Библиографический список

1 Основы информационных технологий / С.В. Назаров, С.Н. Белоусова, И.А. Бессонова, Р.С. Гиляревский [и др.]. – М. : Интернет-Университет Информационных Технологий, 2012. (ЭБС «КнигаФонд» <http://www.knigafund.ru>)

2 **Берлин, А.Н.** Телекоммуникационные сети и устройства: учеб. пособие / А.Н. Берлин. – М. : Интернет-Университет Информационных Технологий; БИНОМ. Лаборатория знаний, 2008. (ЭБС «КнигаФонд» <http://www.knigafund.ru>)

3 Построение коммутируемых компьютерных сетей: учеб. пособие / Е.В. Смирнова, А.В. Пролетарский, И.В. Баскаков, Р.А. Федотов. – М. : Интернет-Университет Информационных Технологий; БИНОМ. Лаборатория знаний, 2011. (ЭБС «КнигаФонд» <http://www.knigafund.ru>)

4 **Пятибратов, А.П.** Вычислительные системы, сети и телекоммуникации: учебник / А.П. Пятибратов, Л.П. Гудыно, А.А. Кириченко. – М. : Финансы и статистика, 2014. (ЭБС «КнигаФонд» <http://www.knigafund.ru>)

5 **Карасев, А.П.** Проектирование компьютерной сети: учеб. пособие / А.П. Карасев. – М. : Изд-во Московского государственного открытого университета, 2010. (ЭБС «КнигаФонд» <http://www.knigafund.ru>)

6 **Исаев, Г.Н.** Информационные технологии: учеб. пособие / Г.Н. Исаев. – М. : Омега-Л, 2012. (ЭБС «КнигаФонд» <http://www.knigafund.ru>)

Класс работы абонента	I	$\nu_i$
	Номер вида работ абонента	Удельная нагрузка одного активного терминала на центральный процессор (опер./с)
1	2	3
Ввод и редактирование сообщений, программ с терминала в системах разделения времени, работа в диалоговом режиме с базами данных	1	$0,5 \cdot 10^{-4}$
Выполнение работ в диалоговом режиме или режиме запрос-ответ со сложными базами данных	2	$2 \cdot 10^{-4}$
Формирование и отладка программ в системах разделения времени	3	$5 \cdot 10^{-4}$
Выполнение с терминала счетных задач в режиме запрос-ответ, выполнение пакетных заданий с АС, формирование графических изображений в диалоговом режиме	4	$10^{-5}$
Выполнение пакетных заданий с многотерминальной (5–8 пользователей) АС	5	$2 \cdot 10^{-5}$

## СПРАВКА ПО ПРОТОКОЛУ HDLC

### **Структура кадра**

Структура "длинного" кадра определена следующим образом:

ФЛАГ	АДРЕС	УПРАВЛЕНИЕ	ИНФОРМАЦИЯ	КПП	ФЛАГ
8 БИТ	8 БИТ	8/16 БИТ		N бит	
16 бит	8 бит				

"Короткий" кадр, в отличие от "длинного", не имеет информационного поля.

Коррекция ошибок осуществляется групповым циклическим кодированием, с использованием кодовой проверяющей последовательности (КПП). Циклическая проверка представляет собой деление, выполняемое передающим и принимающим устройствами. Делимым является числовое двоичное значение адресного, управляющего и информационного (в случае его присутствия) полей. В качестве делителя использовать 16-битовую константу-1000000110000101. Частное отбрасывается, а остаток используется в качестве КПП.

### **Ограничение кадра**

Ограничение кадра осуществляется битовой последовательностью (флагом) 01111110. Прозрачность данных в адресном, управляющем и информационном полях достигается с помощью "вставки/стирания нулевого бита".

### **Прерывания**

Битовая комбинация, содержащая от 7 до 15 следующих подряд единиц, является сигналом прерывания передачи и используется передающим устройством для сброса кадра, передача которого уже началась.

### **Кодирование управляющего поля**

Управляющее поле определяет тип кадра и операции протокола.

Информационный кадр

Номер бита	Значение	Назначение
1	0	Указатель информационного кадра (1 кадра)
2, 3, 4	$N_c$	Номер последовательности передачи
5	P/F	Бит опроса/окончания
6, 7, 8	$N_r$	Номер последовательности приема (подтверждение принятых кадров до номера $N_r - 1$ включительно)

### Супервизорный кадр

Номер бита	Значение	Назначение
1, 2	10	Указатель супервизорного (короткого) $s$ кадра
3, 4	$s$	Биты супервизорных функций
	00	Готов к приему (RR)
	01	Отказ (REJ)
	10	Не готов к приему (RNR)
	11	Селективный отказ (SREJ)
5	P/F	Бит опроса/окончания
6, 7, 8	$N_r$	Номер последовательности приема
Ненумерованные команды		
	11000	Установить: Режим асинхронных ответов (SARM)
	11010	Расширенный режим асинхронных ответов (SARME)
	11001	Режим нормальных ответов (SNRM)
	11011	Расширенный режим нормальных ответов (SNRME)
	11100	Асинхронный балансный режим (SABM)
	11110	Расширенный асинхронный балансный режим (SABME)
	11001	Сброс (RSET)
	10001	Отказ от кадра (FRMR)
	00010	Разъединение (DISK)
Ненумерованные ответы		
	00110	Ненумерованное подтверждение (UA)
	10001	Отказ от команды (CMDR)
	10001	Отказ от кадра (FRMR)

### Ненумерованный кадр

Номер бита	Значение	Назначение
1, 2	11	Указатель ненумерованного $u$ кадра
5	P/F	Бит опроса/окончания
3, 4, 6, 7, 8	$M$	Биты функции модификатора

Термин "расширенный" означает расширение диапазона порядковых номеров переданных и принимаемых кадров до 127 (нумерация по модулю 128). Для операций с расширенными кадрами размеры полей номера последовательности приема ( $N_r$ ) и номера последовательности передачи ( $N_s$ ) расширяются от 3 битов до 7.

Приведены наиболее часто используемые команды и ответы. Полную информацию смотри в /1/.

#### **Перечень типов кадров протокола**

Предусматривается четыре основных типа кадра:

- информационный;
- супервизорный;
- ненумерованный кадр команды;
- ненумерованный кадр ответа.

### ***Станции протокола***

Существуют три типа станций:

- первичные станции – те, которые посылают команды, принимают ответы и являются ответственными за восстановление ошибок канального уровня;
- вторичные станции – те, которые принимают команды, посылают ответы и могут участвовать в действиях по восстановлению ошибок канального уровня;
- комбинированные станции – те, которые посылают как команды, так и ответы, и равным образом ответственны за восстановление ошибок.

Соединение первичной и вторичных станций через канал передачи образует двухточечную или многоточечную конфигурацию. Эти станции могут работать в режиме нормальных ответов (NRM) или в режиме асинхронных ответов (ARM).

Сбалансированные двухточечные конфигурации могут быть реализованы одним из следующих способов:

- разместив на обоих концах канала одновременно первичную и вторичную станции, можно получить симметричную процедуру путем наложения двух несбалансированных процедур;
- можно использовать две комбинированные станции. В этом случае они должны работать в асинхронном балансном режиме.

### ***Запуск канала с использованием протокола***

При запуске системы для инициирования канала в конкретном режиме работы передается нумерованный командный кадр. Если кадр передан без ошибок и команда, содержащаяся в нем правильная, она подтверждается кадром нумерованного подтверждения (UA), пересылаемым в обратном направлении. Неправильная команда, содержащаяся в кадре без ошибок, не принимается, при этом в обратном направлении пересылается кадр отказа от команды (CMDR).

Для установки канала в один из трех возможных режимов работы используется нумерованный командный кадр (SNRM, SARM или SABM).

### **Рабочие режимы**

#### ***Режим нормальных ответов (NRM)***

В данном режиме вторичная станция может начать передачу только в результате получения явного разрешения на это от первичной. После получения разрешения вторичная станция начинает передачу ответа. Передача ответа может включать один или несколько кадров, пересылаемых за время поддержания канала в активном состоянии. В конце передачи ответа вторичная станция указывает последний кадр и после этого прекращает передачу до следующего разрешения.

Этот режим обеспечивает полудуплексную передачу типа "опрос/быстрая селекция" по двухточечным или многоточечным каналам связи. Режим передачи основан на управлении "ведущим" несколькими "ведомыми". Адресное поле кадра используется для адресации к ведущим.

Бит опроса/окончания (PF) в управляющем поле кадра используется ведущим для обозначения процедуры опроса, а ведомым – для обозначения последнего кадра передачи данных. Ведущий запрашивает данные у ведомого, передавая су-

первизорный кадр "готов к приему" (RR), в котором бит PF=1, а в адресном поле содержится адрес ведомого. Адресуемый ведомый передает данные ведущему в информационных кадрах и обозначает последний кадр передачи, устанавливая в этом же кадре PF=1.

Свои данные ведущий передает ведомому в информационных кадрах, в адресном поле которых содержится адрес ведомого. Последний информационный кадр ведущий обозначает PF=1.

### ***Режим асинхронных ответов (ARM)***

Вторичная станция может предавать без получения явного разрешения от первичной. Такая асинхронная передача может включать один или много кадров и служит для пересылки информационного поля и/или сообщений об изменении состояния вторичной станции (например, номер следующего ожидаемого кадра, переход из состояния "свободно" в состояние "занято" и наоборот, возникновение особых состояний).

Этот режим обеспечивает дуплексную передачу по дуплексному двухточечному каналу. Каждое окончание канала может рассматриваться как содержащее первичную и/или вторичную станции.

### **Асинхронный балансный режим (ABM)**

Режим сбалансированной конфигурации, в котором комбинированная станция может посылать команды в любое время и может предавать кадры без получения разрешения от другой комбинированной станции. Команды передаются с адресом удаленной станции, ответы с адресом местной станции.

Этот режим обеспечивает дуплексную передачу по дуплексному двухточечному каналу. Каждое окончание канала является комбинированной станцией.

## **Функции супервизорных кадров**

### ***Кадр "Не готов к приему" (RNR)***

RNR посылается станцией А для того, чтобы запретить передачу информационных кадров (I кадров) станцией В. При этом передача станцией В супервизорных кадров не подавляется. Они используются для подтверждения I кадров, посланных станцией А, или отказов. Запрещение передачи I кадров может быть отменено только станцией А, посылающей для этого супервизорный кадр "готов к приему" (RR). Кадры RNR/RR обеспечивают управление потоком данных, предохраняя приемный буфер от переполнения.

### ***Кадр "Готов к приему" (RR)***

Выполняет несколько функций:

– с установленным P/F=1 используется в качестве опросной последовательности при работе в режиме нормальных ответов (NRM);

– принятые кадры обычно подтверждаются в поле  $N_r$  передаваемого I кадра. Если готовых к передаче I кадров нет, или передача запрещена кадром RNR, подтверждение передается в поле  $N_r$  кадра RR;

– кадр RR передается для отмены запрещения на передачу данных, установленного предыдущей передачей кадра RNR.

### ***Кадр "Отказ" (REJ)***

Порядковый номер принятого кадра ( $N_r$ ) в супервизорном кадре REJ, переданном станцией В, указывает, что все кадры, начиная с номера  $N_s=N_r$  станцией А не приняты. Получение кадра REJ станцией В означает, что она должна повторно передать неприятые кадры.

### ***Кадр "Селективный отказ" (SREJ)***

Является необязательным. Требуется повторной передачи только одного кадра с номером  $N_r$ . Супервизорные кадры REJ и SREJ выполняют также неявную функцию подтверждения кадров с номерами до  $N_r-1$  включительно.

*Учебное издание*

**Лысенко** Владимир Георгиевич  
**Кубкина** Ольга Владимировна

**МИКРОПРОЦЕССОРНЫЕ  
ИНФОРМАЦИОННО-УПРАВЛЯЮЩИЕ СИСТЕМЫ**

Печатается в авторской редакции  
Технический редактор М.А. Гончаров

Подписано в печать 19.04.16. Формат 60×84/16.  
Бумага газетная. Ризография. Усл. печ. л. 1,86.  
Тираж        экз. Изд. № 5037. Заказ        .

Редакционно-издательский центр ФГБОУ ВО РГУПС.

---

Адрес университета: 344038. г. Ростов н/Д, пл. Ростовского Стрелкового Полка  
Народного Ополчения, 2