

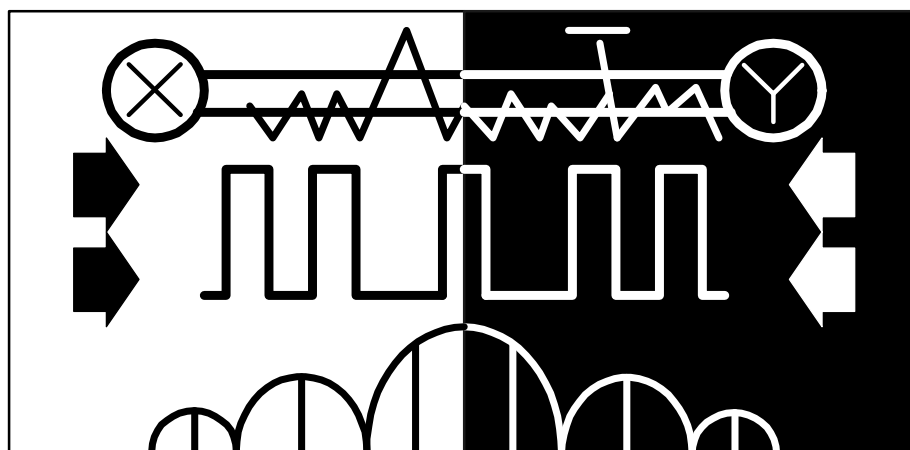
Министерство образования Республики Беларусь  
Учреждение образования  
«Белорусский государственный университет информатики  
и радиоэлектроники»

Кафедра систем управления

Н.И. Сорока, Г.А. Кривинченко

## ПРОЕКТИРОВАНИЕ УСТРОЙСТВ ТЕЛЕМЕХАНИКИ

Руководство по курсовому проектированию  
по дисциплине «Телемеханика»  
для студентов специальности 1–53 01 07 «Информационные технологии  
и управление в технических системах»  
всех форм обучения



Минск

# Содержание

	Стр.
1 Организация курсового проектирования .....	4
1.1 Выбор темы .....	4
1.2 Контроль за ходом курсового проектирования.....	4
1.3 Защита курсового проекта .....	4
2 Комплектность курсового проекта .....	5
3 Требования к оформлению расчётно–пояснительной записки .....	13
3.1 Общие положения .....	13
3.2 Рубрикация, заголовки и содержание.....	13
3.3 Основные правила изложения текста.....	16
3.4 Основные правила написания математических формул.....	20
3.5 Основные требования к иллюстрациям.....	23
3.6 Построение таблиц.....	26
4. Требования к оформлению графического материала .....	32
4.1 Общие требования и сведения.....	32
4.2 Линии.....	37
4.3 Условные графические обозначения элементов на электрических схемах .....	40
4.4 Элементы цифровой техники (ГОСТ 2.743–82).....	44
4.5 Элементы аналоговой техники (ГОСТ 2.754–82) .....	71
4.6 Интегральные оптоэлектронные элементы индикации (ГОСТ 2.764–86) .....	77
4.7 Структурная схема (Э1) .....	81
4.8 Функциональная схема (Э2) .....	83
4.9 Принципиальная схема (Э3) .....	84
4.10 Условные буквенно–цифровые обозначения в электрических схемах .....	86
4.11 Правила выполнения диаграмм .....	91
4.12 Правила выполнения схем алгоритмов. ....	92
5 Рекомендации и примеры выполнения разделов пояснительной записки .....	103
5.1 Введение .....	103
5.2 Выбор структуры системы, линии связи и структуры сигналов.....	105
5.3 Разработка структурной схемы системы.....	110
5.4 Алгоритм функционирования системы.....	129
5.5 Расчет частотных и временных параметров.....	139
5.6 Выбор и расчет линии связи .....	142
5.7 Выбор элементной базы.....	151
5.8 Принципиальная электрическая схема.....	157
5.9 Разработка программного обеспечения.....	165
5.10 Системные расчёты .....	172
5.11 Заключение .....	180
6 Проектирование устройств телеуправления и телесигнализации.....	181
6.1 Требования, предъявляемые к устройствам телеуправления и телесигнализации .....	181
6.2 Индивидуальные задания.....	182
7. Проектирование устройств телерегулирования.....	184
7.1 Требования, предъявляемые к устройствам телерегулирования .....	184
7.2 Индивидуальные задания.....	184

8 Проектирование цифровых устройств телеизмерения .....	186
8.1 Требования, предъявляемые к устройствам телеизмерения.....	186
8.2 Индивидуальные задания.....	187
9. Проектирование устройств передачи данных.....	189
9.1 Требования, предъявляемые к устройствам передачи данных.....	189
9.2 Индивидуальные задания.....	190
Литература.....	192

# **1 ОРГАНИЗАЦИЯ КУРСОВОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ**

## **1.1 Выбор темы**

**1.1.1** Целью курсового проектирования является разработка систем преобразования и автоматической передачи на расстояние информации для управления различными объектами (подвижными и неподвижными) и контролю за их состоянием.

**1.1.2** Курсовой проект (КП) – это самостоятельная работа студента, направленная на создание технического, информационного и программного обеспечения разрабатываемой телемеханической системы.

**1.1.3** Тематика курсовых проектов разрабатывается преподавателями кафедры, ведущими данный предмет. Предмету телемеханики соответствует тематика, связанная с проектированием устройств телеуправления (ТУ), телеизмерений (ТИ), телеконтроля (ТК), телерегулирования (ТР) и передачи дискретной (цифровой) информации (ПДИ).

**1.1.4** Выбор темы КП производится студентами самостоятельно, а номер варианта указывается преподавателем. Тема курсового проекта может быть предложена и студентами (особый случай).

**1.1.5** Согласование темы и варианта заканчивается заполнением студентом технического задания на курсовое проектирование и подписанием его преподавателем.

## **1.2 Контроль за ходом курсового проектирования**

**1.2.1** Вся работа студента во время курсового проектирования выполняется под контролем руководителя КП.

**1.2.2** Во время курсового проектирования все студенты обязаны не реже одного раза в две недели информировать преподавателя о ходе КП представлять на проверку материалы в сроки, определяемые кафедрой.

**1.2.3** Результаты выполнения студентами графика работы над КП сообщаются в деканат в установленные деканом сроки.

## **1.3 Защита курсового проекта**

**1.3.1** Проект считается завершённым, если полностью выполнены все пункты задания на курсовое проектирование.

**1.3.2** Готовый КП, подписанный студентом, может, по требованию руководителя, представляться на предварительную проверку перед защитой.

**1.3.3** Выбор дня защиты производится студентом в сроки, указанные преподавателем, но не позже одного месяца до начала экзаменационной сессии на данном курсе.

**1.3.4** Приём защиты осуществляется комиссией, назначенной кафедрой.

**1.3.5** Для доклада основного содержания КП студенту отводится до 10 минут. Затем студент отвечает на вопросы членов комиссии. Окончание защиты определяет руководитель КП.

**1.3.6** При принятии решения об оценке учитываются следующие аспекты: полнота выполнения всех разделов, соблюдение требований ЕСКД, оригинальность технического решения, степень полноты доклада и ответов на вопросы, аккуратность оформления пояснительной записки и графического материала.

**1.3.7** Студент получивший при защите неудовлетворительную оценку или не выполнивший КП в установленные сроки, к экзаменам не допускается. Вопросы о дальнейшей работе над КП повторной защите решаются деканом по согласованию с кафедрой, на основании положения о курсовом проектировании.

## **2 КОМПЛЕКТНОСТЬ КУРСОВОГО ПРОЕКТА**

**2.1** Курсовой проект состоит из расчётно–пояснительной записки и графического материала.

**2.2** Объём пояснительной записки не нормируется.

**2.3** Расчётно–пояснительная записка включает следующие элементы:

- титульный лист;
- техническое задание;
- содержание;
- введение;
- основной текст пояснительной записки;
- заключение;
- литература;
- приложения к тексту пояснительной записки;
- спецификации;
- ведомость документов к курсовому проекту.

Указанную последовательность элементов рекомендуемая принять за порядок размещения частей пояснительной записки.

**2.4** Титульный лист является первым листом пояснительной записки. Он выполняется только с применением печатающего устройства ЭВМ. Пример выполнения формы приведен на рисунке 2.1.

Ниже наименования темы приводят обозначения пояснительной записки, которое должно состоять из обозначения документа, к которому оно относится, с добавлением букв ПЗ.

Обозначение документа включает в себя пятибуквенный код организации – БГУИР, двухбуквенный код типа документа: КП – курсовой проект; код классификационной характеристики специальности – 53 01 07; код специализации – 01 или 02 или 03 или 04; код номера группы – 401 или 402 и т.д.; ПЗ – пояснительная записка; код варианта задания, например, 107.

Министерство образования Республики Беларусь

Учреждение образования  
БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
ИНФОРМАТИКИ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ

Кафедра систем управления

Факультет информационных технологий и управления

**ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА**

К курсовому проекту  
На тему

**АДАПТИВНАЯ ТЕЛЕМЕТРИЧЕСКАЯ СИСТЕМА**

БГУИР КП 53 01 07 02 402ПЗ107

Студент  
Руководитель

В.М.Данилов  
Н.П.Журавский

Минск, 200X

Рисунок 2.1 – Пример оформления титульного листа пояснительной записки к курсовому проекту (к пункту 2.4)

Примеры обозначения пояснительной записки:

БГУИР КП 53 01 07 01 401П3305

БГУИР КП 53 01 05 02 402П3101

Страницу титульного листа не нумеруют, но включают в общее количество страниц.

**2.5** Техническое задание представляет собой стандартную форму, выдаваемую кафедрой и заполненную студентом. Допускается оформление технического задания с использованием ЭВМ. Пример оформления лицевой и оборотной стороны задания приведены на рисунке 2.2 и 2.3 соответственно.

Страницы технического задания не нумеруют, но включают в общее количество страниц пояснительной записки.

**2.6** Введение начинают писать на отдельной странице. Слово «ВВЕДЕНИЕ» записывают прописными буквами симметрично тексту. Оно должно быть кратким и чётким. Во введение не должно быть общих мест и отступлений, непосредственно не связанных с разрабатываемой темой.

Рекомендуется следующее содержание введения:

- краткий анализ достижений в той области, которой посвящена тема курсового проекта;
- цель курсового проектирования;
- принципы, положенные в основу проектирования, научного исследования, поиска технического решения;
- краткое изложение содержания разделов пояснительной записки с обязательным указанием задач, решению которых они посвящены.

**2.7** Основной текст пояснительной записки включает следующие разделы:

- выбор структуры сигналов, которыми обмениваются между собой контролируемый пункт (КП) и пункт управления (ПУ);
- разработку структурных электрических схем;
- расчёт частотных и временных параметров;
- выбор и обоснование современной элементной базы;
- проектирование принципиальных электрических схем;
- системные расчёты;
- программное обеспечение

Как оформляется каждый раздел основного текста пояснительной записки будет пояснено позже на конкретных примерах.

**2.8** Заключение пишут на отдельной странице. Слово «ЗАКЛЮЧЕНИЕ» записывают прописными буквами симметрично тексту. В нём необходимо перечислить основные результаты, характеризующие полноту и подытоживающие содержание курсового проекта.

Результаты следует излагать в форме констатации фактов, используя слова: «изучены», «исследованы», «сформулированы», «показано», «разработано», «предложена», «подготовлена», «изготовлена», «испытана» и т.п.

Факультэт \_\_\_\_\_ ИТУ \_\_\_\_\_

“ЗАЦВЯРДЖАЮ”

Загадчык кафедры \_\_\_\_\_

(подпіс)

“ \_\_\_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 200 г.

## **ЗАДАНИЕ**

на курсавому праектаванню

Студэнту Успенскому Эдуарду Алексеевичу

1. Тэма праекта “Комплекс устройств телемеханики для территориально–  
распределённых объектов”

2. Тэрмін здачы студэнтам закончанага праекта ХХ \*\*\*\*\* 200Х г.

3. Зыходныя данныя да праекта Число КП – 99; число сообщений ТС с КП – 120; число  
сообщений ТИН с ПУ – 120; тип объекта управления – двухпозиционный; число кодовых  
команд задания установок регуляторам – 48; расположение объектов –  
территориально –рапределённое; вся информация, поступающая на ПУ должна  
вводиться в ЭВМ; защита сообщений ТС, ТИИ, ТУ и КК – кодом сдвухкратным  
повторением и дополнительной защитой каждого байта кодом с защитой по  
паритету; защита сообщений ТИТ и ПСИ – кодом с защитой по паритету; все адреса,  
передаваемые с ПУ на КП защищаются информационной обратной связью;  
сигнализация неисправности оборудования и линии связи – после трёхкратного сбоя;  
удельная мощность шума  $P_0=10^{-2}$  Вт/Гц; регистрирующие устройства – аналоговые и  
цифровые

4. Змест разлікова–тлумачальнай запіскі (пералік пытанняў, якія падлягаюць распрацоўцы) \_\_\_\_\_  
Введение. 1.Выбор структуры системы,линии связи и структуры сигналов. 2. Алгоритм  
функционирования системы. 3.Разработка структурной схемы системы. 4.Расчёт  
частотных и временных параметров. 5. Выбор и энергетический расчёт линии связи.  
6. Выбор элементной базы системы. 7.Проектирование принципиальной электрической  
схемы системы. 8.Системные расчёты: скорости передачи сообщений, пропускной  
способности канала связи

Рисунок 2.2 – Пример оформления лицевой стороны листа технического задания (к пункту 2.5)



*спектра сигнала в линии связи, расчёт помехоустойчивости, расчёт надёжности.*

*9. Разработка программного обеспечения. Заключение*

5. Перелік графічного матеріала (з докладним позначенням обов'язкових чарцяжоў і графікаў)

*1. Алгоритм функционирования системы (ПУ и КП)*

*2. Структурная схема системы*

*3. Принципиальная электрическая схема системы*

6. Кансультант на праекту (з пазначэннем раздзелаў праекта) *Крупский А.М.*

7. Дата выдачы задання     XX                   \*\*\*\*\*          200X г.

8. Каляндарны графік работы над праектам на ўвесь перыяд \_\_\_\_\_

праектавання (з пазначэннем тэрмінаў выканання і працаёмкасці асобных этапаў) \_\_\_\_\_

*разделы 1,2 к хх хх – 15 %;*

*раздел 3 к хх хх – 10 %;*

–

*разделы 4,5 к хх хх – 10 %;*

*разделы 6,7 к хх хх – 35 %;*

*раздел 8 к хх хх – 5 %;*

*раздел 9 к хх хх – 10 %;*

*оформление пояснительной записки и графического материала к хх хх – 15 %*

*Защита курсового проекта с хх по хх.*

**КІРАЎНІК** \_\_\_\_\_ */Крупский А.М./*

(подпіс)

Заданне прыняў да выканання \_\_\_\_\_ */Успенский Э.А./*

(дата і подпіс студэнта)

Рисунок 2.3 – Пример оформления оборотной стороны листа технического задания (к пункту 2.5)

Текст перечислений должен быть кратким, ясным и содержать конкретные данные.

Объём заключения должен находиться в пределах полутора–двух страниц пояснительной записки.

**2.9** Перечень элементов принципиальных электрических схем оформляется на специальных листах формата А4 и помещается в пояснительной записке перед ведомостью документов. Пример оформления перечня элементов представлен на рисунке 2.4. Если перечень элементов данного устройства, указанного в графе 1 углового штампа (см. рисунок 4.1, а), располагаются на двух и более листах, то на заглавном листе помещается угловой штамп по форме 2, а на последующих листах по форме 3, приведённых на рисунке 4.1.

**2.10** Ведомость документов к курсовому проекту является последним листом пояснительной записки. Форма ведомости и её оформление иллюстрируются рисунком 2.5.

**2.11** Перечень графического материала (с точным указанием чертежей) указывается в техническом задании. Правила оформления различного типа чертежей рассмотрены в разделе «Графический материал».

Зона	Поз. обозначение				Наименование		Кол-во	Примечание	
					<u>Микросхемы</u>				
	DD8, DD9, DD12, DD15, DD19, DD28				K555ЛИ1		6		
	DD7, DD21, DD26,				K555ЛН1		3		
	DD18				K555ЛИ3		1		
	DD5, DD24, DD27				K555ЛЛ1		3		
	DD34.1...DD34.4				K555ЛЕ1		1		
	DD38				K555ЛП5		1		
	DD4, DD29				KM1816BE51		2		
	DD35				FM3808		1		
	DD30				XR-L555M		1		
	DD31				STEL-2176		1		
	DD13, DD14, DD20, DD25, DD32, DD33				K555ИР23		6		
	DD16				KM555ИР8		1		
	DD17, DD36				K555ИЕ2		2		
	DD6, DD22.1, DD22.2, DD23.1, DD23.2				K555ТР2		3		
	DD1, DD2, DD10				K155КП1		3		
	DD3				K155КП2		1		
	DD37				K155КП7		1		
	DD11				K155ИД1		1		
	DA1				MC7805		1		
	DA2				MC7915C		1		
					<u>Конденсаторы</u>				
	C1, C2, C3, C4, C7, C8, C9, CЮ				K10-17,20мкФ		8		
	C5.C6				КЮ-17,0.5мкФ		2		
	C11, C12				K10-17,10мкФ		2		
					<u>Резисторы</u>				
	R3				МЛТ- 0.125-10 МОм		1		
	R4				МЛТ- 0.125-100 кОм		1		
	R1.R2				МЛТ-0.125- 1 кОм		2		
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>	<b>БГУИР КП 53010702 402ПЭ107</b>				
<i>Разраб.</i>	<i>Масловский</i>				<i>Передатчик системы передачи цифровой информации</i>		<i>Лит</i>	<i>Лист</i>	<i>Лис-</i>
<i>Провер.</i>	<i>Сорока</i>							1	2
					<i>Перечень элементов</i>		<i>Кафедра СУ гр. 920404</i>		

Рисунок 2.4 – Пример оформления перечня элементов (к пункту 2.9)

№ п.п.	Обозначение				Наименование	Дополнительные сведения			
					<u>Текстовые документы</u>				
1	БГУИР КП 53010702 402П3205				Пояснительная записка	105с.			
2					Акт о внедрении				
					<u>Графические документы</u>				
5	БГУИР КП 53010702 001 ВО				Чертёж общего вида	Формат А1			
6	БГУИР КП 53010702 002 Э2				Схема функциональная	Формат А1			
7	БГУИР КП 530107 003 Э1				Схема структурная системы	Формат А1			
8	БГУИР КП 530107 004 ПД				Схема алгоритма функционирования	Формат А1			
9	БГУИР КП 530107 005 РР				Расчётные формулы и графики	Формат А1			
10	БГУИР КП 530107 006 РР				Экспериментальные зависимости	Формат А1			
11	БГУИР КП 530107 007 Э3				Схема принципиальная	Формат А1			
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	БГУИР КП 53010702 402П3205				
Разраб.	Волкова				Система передачи дискретной информации	Лит		Лист	Лис-
Провер.	Сорока							105	105
						Кафедра СУ гр. 920404			

Рисунок 2.5 – Пример оформления ведомости документов к курсовому проекту (к пункту 2.10)

## **3 ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ РАСЧЁТНО– ПОЯСНИТЕЛЬНОЙ ЗАПИСКИ**

### **3.1 Общие положения**

**3.1.1** Пояснительную записку выполняют рукописным способом или с применением печатающих и графических устройств вывода ЭВМ.

При рукописном способе текст пишут черными, синими или фиолетовыми чернилами или шариковой ручкой. Высота букв и цифр должна быть не менее 3,5 мм.

При применении текстовых редакторов ЭВМ печать производится шрифтом 13 – 14 пунктов с межстрочным интервалом, позволяющим разместить  $40 \pm 3$  строки на странице. Число букв в строке не менее 60.

**3.1.2** Текст располагают на одной стороне листа формата А4 с соблюдением размеров полей и интервалов, указанных на рисунке 3.1 .

**3.1.3** Абзацы в тексте начинают отступом, равным 15–17 мм при выполнении записи рукописным способом или пяти знакам при применении печатающего устройства вывода ЭВМ.

**3.1.4** Описки и графические неточности, обнаруженные в тексте пояснительной записки, выполненной рукописным способом, допускается исправлять подчисткой, закрашиванием белой краской и нанесением на том же месте исправленного текста. Помарки и следы не полностью удаленного прежнего текста не допускаются.

### **3.2 Рубрикация, заголовки и содержание**

**3.2.1** Текст пояснительной записки разделяют на логически сопряженные части – разделы, а при необходимости и подразделы. Как разделы, так и подразделы могут состоять из одного или нескольких пунктов.

**3.2.2** Разделы должны иметь порядковые номера в пределах всей пояснительной записки, обозначаемые арабскими цифрами без точки и записанные с абзацного отступа. Подразделы нумеруют в пределах раздела, которому они подчинены. Причем цифровой индекс подраздела должен состоять из порядкового номера раздела и отделенного от него точкой порядкового номера подраздела. Номер подраздела также записывают с абзацного отступа и точку в конце номера не ставят.

**3.2.3** Иногда внутри подраздела необходимо выделить более мелкие смысловые подразделения – пункты, например, характеристики устройств и функциональных элементов технической системы; обоснование этапов планируемого эксперимента, характеристики аппаратов и приборов, необходимых для испытаний; показатели качества технической системы в различных режимах ее работы и т.п. В подобных случаях пункты нумеруют в пределах подраздела. Цифровой индекс пункта должен состоять из номеров раздела, подраздела и пункта, разделенных точками, и записан с абзацного отступа.



Пункты при необходимости могут быть разбиты на подпункты, которые нумеруются в пределах каждого пункта, как показано на рисунке 3.1.

**3.2.4** Если в пояснительной записке выделены только разделы, то пункты нумеруют в пределах раздела. Цифровой индекс пункта должен состоять из номера раздела и порядкового номера пункта, разделенных точкой. Номер пункта записывают с абзацного отступа и в конце точку не ставят.

**3.2.5** Каждый раздел и подраздел должен иметь краткий и ясный заголовок. Пункты, как правило, заголовков не имеют. Заголовки разделов записывают прописными буквами высотой не менее 5 мм без точки в конце заголовка. Заголовки подразделов записывают строчными буквами, начиная с первой прописной буквы. Заголовки не подчеркивают. Переносы слов в заголовках не допускаются. В случае когда заголовок раздела или подраздела занимает несколько строк, то вторая и последующие строки выравниваются по первой букве первой строки (см. рисунок 3.1). Допускается заголовки разделов и подразделов печатать более жирным, чем основной текст, шрифтом. Если заголовок состоит из двух предложений, их разделяют точкой.

**3.2.6** Каждый раздел пояснительной записки рекомендуется начинать с новой страницы. Размещать текст между заголовками раздела и подраздела не допускается.

Между заголовком раздела, подраздела и текстом оставляют пробел шириной 15 мм при рукописном способе или полтора – два межстрочных интервала – при машинном способе выполнения записки, что соответствует пропуску одной строки, называемой пробельной строкой (см. рисунок 3.1).

Если в пояснительной записке отсутствуют подразделы, то между заголовком раздела и текстом также оставляют промежуток, равный одной пробельной строке.

**3.2.7** Перечень всех разделов и подразделов, включающий их порядковые номера и заголовки, оформляют в виде содержания – обязательного элемента пояснительной записки. Содержание помещают непосредственно за техническим заданием на проектирование и включают в общую нумерацию страниц.

Слово «Содержание» записывают в виде заголовка строчными буквами, начиная с прописной, и располагают симметрично тексту. Между словом «Содержание» и перечнем разделов оставляют промежуток, равный одной пробельной строке. В содержании заголовки выравнивают по вертикалям разделов и подразделов. Причем вертикаль подразделов должна быть смещена относительно вертикали разделов на пять знаков. Если пункты имеют самостоятельный заголовок, то их вертикаль должна быть смещена относительно вертикали подразделов на 5 знаков.

Все заголовки в содержании начинают с прописной буквы. Последнее слово каждого заголовка соединяют отточием с соответствующим ему номером страницы в правом столбце содержания.

Пример фрагмента правильно построенного содержания:

Введение.....	5
2 Анализ нескорректированной системы управления.....	9
2.1 Анализ исходных данных.....	9
2.2 Статические и динамические характеристики элементов системы.....	12
2.3 Структурная схема нескорректированной системы.....	20
2.4 Определение желаемого коэффициента усиления разомкнутой системы.....	21
2.5 Анализ устойчивости.....	22
2.6 Выводы .....	24
3 Синтез корректирующих устройств.....	25
Приложение А. Значение Бесселевых функций .....	40

**3.2.8** Страницы пояснительной записки нумеруют арабскими цифрами в правом нижнем углу. Титульный лист и лист технического задания включают в общую нумерацию, но номер на них не ставят. В общую нумерацию страниц включают все приложения.

### **3.3 Основные правила изложения текста**

**3.3.1** Текст пояснительной записки должен быть кратким, четким и не допускать различных толкований.

При изложении обязательных требований в тексте должны применяться слова «должен», «следует», «необходимо», «требуется, чтобы», «не допускается», «запрещается». При изложении других положений рекомендуется использовать повествовательную форму, например «допускают», «указывают», «применяют».

В тексте следует применять научно–технические термины, обозначения и определения, установленные соответствующими стандартами, а при их отсутствии – общепринятые в научно–технической литературе.

Запрещается применять иностранные слова и термины при наличии равнозначных слов и терминов в русском языке.

**3.3.2** Перечисления в пояснительной записке обычно приводят в тех случаях, когда необходимо назвать состав технической системы или отдельной ее части, указать предъявляемые требования, установить порядок экспериментальных исследований, испытаний, наладки и т.п.

**3.3.3** Простое перечисление, состоящее из отдельных слов и коротких словосочетаний, рекомендуется писать в подбор с текстом и отделять друг от друга запятой. Например:

В системе управления приводом подач применены четыре вида датчиков: датчик момента, датчик фазного напряжения на входе тиристорного преобразователя, датчик угловой скорости вала двигателя и цифровой датчик перемещения нагрузки.

**3.3.4** Если перечисление состоит из отдельных фраз, то каждую фразу необходимо записывать с новой строки, начиная с абзацного отступа и знака



«тире», и отделять от следующей фразы точкой с запятой. Фразы записывают начиная со строчной буквы. Например:

В состав устройства считывания визуальной информации входят следующие блоки:

- оптический блок;
- блок фотодиодной матрицы;
- блок задающих генераторов и автоматической регулировки чувствительности фотоматрицы.

**3.3.5** В сложном перечислении, элементы которого состоят из нескольких законченных фраз, каждый элемент перечисления пишут с прописной буквы и отделяют от следующего элемента перечисления точкой. Например:

В соответствии с методикой синтеза цифровых регуляторов выполняем следующие операции:

- Вычисляем  $Z$ -преобразование передаточной функции последовательно соединенных экстраполятора нулевого порядка и непрерывной части цифровой системы. С помощью билинейного преобразования находим соответствующую характеристику в области  $W$ -преобразований.

- По найденной характеристике определяем основные показатели нескорректированной цифровой системы: запасы устойчивости по фазе и модулю, полосу пропускания, резонансную частоту и резонансный пик. Сопоставляем показатели качества с требуемыми значениями.

- Выбираем в области  $W$ -преобразований такую характеристику физически реализуемого регулятора, чтобы удовлетворялись все требования, предъявляемые к качеству управления. Наконец, используя подстановку  $W=Z-1/Z+1$ , получаем передаточную функцию регулятора в области  $Z$ -преобразований.

- По найденной передаточной функции методом параллельного программирования синтезируем структурную схему алгоритма для реализации регулятора на микро-ЭВМ.

**3.3.6** Если необходимо в любом месте текста пояснительной записки после перечисления сделать ссылку на какой-либо его элемент, то каждый элемент обозначают строчными буквами русского алфавита. Буквы отделяют от текста перечисления круглой скобкой. Например:

1.7 На основании анализа исходных данных для проектирования системы автоматического управления устанавливаем следующие требования к системе:

- а) динамическая установившаяся погрешность управления  $\delta_y$  должна быть не более 12 угл. минут при постоянной скорости  $\Omega = 0,16$  рад/с и ускорении  $\varepsilon = 0,24$  рад/с<sup>2</sup>;

- б) моментная составляющая погрешности  $\delta_m$  должна быть не более 1,2 угл. минуты, при  $M_H=104$  Н·м;

- в) время переходного процесса  $t_{п.п.}$  не более 0,32 с;

- г) перерегулирование должно быть не более 24 %.

При дальнейшей детализации перечислений используются арабские цифры, после которых ставится скобка, а запись производится с абзацного отступа относительно перечисления к которому оно относится (см. рисунок 3.1).

**3.3.7** При ссылке в тексте на элемент перечисления следует опускать закрывающую скобку после буквы, а перед цифрой, которой подчинено перечисление, писать без сокращения слово «пункт» или «подпункт» в зависимости от принятой схемы рубрикации текста. Например:

В соответствии с заданной в пункте 1.7 б моментной погрешностью определяем добротность системы управления.

**3.3.8** Тексты всех частей перечисления должны гармонически подчиняться вводной фразе, предшествующей перечислению.

Не допускается обрывать вводную фразу перед перечислениями на предлогах или союзах «из», «на», «то», «как» и т.д. Например:

Неправильно писать:

Силовой следящий привод состоит из: электродвигателя, электромашинного усилителя и измерительного преобразователя.

Следует писать:

В силовой следящий привод входят: электродвигатель, электромашинный усилитель и измерительный преобразователь.

**3.3.9** В тексте пояснительной записки, за исключением формул, таблиц и рисунков, не допускается:

– применять математический знак минус (–) перед отрицательными значениями величин (следует писать слово «минус»);

– применять знак « $\varnothing$ » для обозначения диаметра (следует писать слово «диаметр»);

– применять без числовых значений математические знаки, например  $>$  (больше),  $<$  (меньше),  $=$  (равно),  $\geq$  (больше или равно),  $\leq$  (меньше или равно),  $\neq$  (не равно), а также знаки № (номер), % (процент).

**3.3.10** Отвлеченные числа до девяти (числа без обозначения физических величин, числа счета) пишут только словами, свыше девяти – цифрами. Всегда пишут цифрами дроби и все цифры с размерностями. Дробные числа необходимо приводить в виде десятичных дробей.

Перед числами с размерностями не рекомендуется ставить предлог «в» или знак тире «–», например «электродвигатель мощностью в 600 Вт» следует писать «Электродвигатель мощностью 600 Вт».

Приводя наибольшее или наименьшее значение величин, следует применять словосочетание «должно быть не более (не менее)», например «Перерегулирование должно быть не более 18 %».

Если в пояснительной записке приводят диапазон числовых значений физической величины, выраженных в одной и той же единице физической величины, то обозначение единицы физической величины следует указывать после последнего числового значения диапазона. Например:

Система автоматического сопровождения цели обеспечивает слежение по дальности от 2 до 20 км с заданной точностью.

**3.3.11** Запрещается помещать обозначения единиц физических величин в одной строке с формулами, выражающими зависимость между величинами или между их значениями, представленными в буквенной форме. Например:

Неправильно писать: «Приведенный к валу двигателя момент инерции нагрузки

$$J_{np} = (m_1 + m_2) \frac{n_{n \max}^2}{n_{\text{дв} \max}^2} \text{ [кг}\cdot\text{м}^2\text{]} \text{.} \text{»}$$

Следует писать: «Приведенный к валу двигателя момент инерции нагрузки  $J_{np}$ , кг·м<sup>2</sup>, вычисляем по формуле

$$J_{np} = (m_1 + m_2) \frac{n_{n \max}^2}{n_{\text{дв} \max}^2} \text{.} \text{»}$$

В тех случаях, когда формулу записывают в буквенной форме, подставляют численные значения величин и вычисляют результат, обозначение единицы физической величины пишут за результатом расчета с пробелом, равным одному знаку или 3–4 мм при рукописном способе. Например:

Приведенный к валу двигателя момент инерции нагрузки

$$J_{np} = (m_1 + m_2) \frac{n_{n \max}^2}{n_{\text{дв} \max}^2} = (300 + 400) \frac{0,167^2}{210^2} = 4,4 \cdot 10^{-4} \text{ кг}\cdot\text{м}^2.$$

**3.3.12** Чтобы оттенить различие между несколькими физическими величинами, обозначенными одной и той же буквой, применяют верхние и нижние индексы.

**3.3.13** В качестве верхних индексов рекомендуется применять знаки прим (') и звездочку (\*), букву (Т), арабские цифры. Например:

- а)  $q'(A, w)$  – коэффициент гармонической линеаризации;
- б)  $K^*$  – регулируемый (настраиваемый) коэффициент усиления;
- в)  $A^T$  – транспонированная матрица.

**3.3.14** Нижними индексами при буквенных обозначениях могут быть;  
– цифры, обозначающие порядковые номера, например порядковые номера переменных состояния, передаточных функций и т.п.;

– буквы греческого и латинского алфавитов, указывающие на связь с физическими величинами, для обозначения символами которых использованы буквы греческого или латинского алфавита, например:  $D_\varepsilon$  – добротность по ускорению;  $v_x$  – составляющая скорости вдоль оси  $x$ ;

– буквы русского алфавита, соответствующие одной или нескольким начальным буквам термина, например  $U_{вх}$  – напряжение на входе усилителя.

**3.3.15** Индексы, составленные из двух–трех сокращенных слов, пишут с точками между сокращениями. Например:

- а)  $K_{о.с}$  – коэффициент усиления в цепи обратной связи;
- б)  $K_{р.с} (p)$  – передаточная функция регулятора скорости.

**3.3.16** Если в состав индекса входит несколько цифр или букв латинского алфавита, то их отделяют друг от друга запятой. Например:

- а)  $\varphi_{1,2}$  – угол между первым и вторым смежными звеньями манипулятора;
- б)  $R_{\alpha}$  – матрица поворота вокруг оси  $OX$  на угол  $\alpha$ .

### 3.4 Основные правила написания математических формул

**3.4.1** Излагая математические выводы, не рекомендуется использовать выражения: «мы получили», «мы нашли», «определили», «получится», «выразится в виде», «будем иметь» и т.п. Следует употреблять слова: «получаем», «определяем», «находим», «преобразуем к виду» и т.д.

Связывающие формулы слова «следовательно», «откуда», «поскольку», «так как», «или» и другие располагают в тексте пояснительной записки в начале строк, а знаки препинания ставят на продолжении основной строки формулы непосредственно за формулой. Например:

Характеристическое уравнение преобразуем к виду

$$Tp^2 + p + K_v = 0.$$

Подставляя

$$p = -\alpha + j\beta,$$

получим

$$T(-\alpha + j\beta)^2 + (-\alpha + j\beta) + K_v = 0,$$

откуда находим

$$\begin{aligned} T(\alpha^2 - \beta^2) + K_v - \alpha &= 0, \\ -2\alpha\beta T + \beta &= 0. \end{aligned}$$

Следовательно,

$$T = \frac{1}{2\alpha}; \quad K_v = \alpha - T(\alpha^2 - \beta^2).$$

Если в математических выводах формулам предшествуют причастные или деепричастные обороты, а также фразы с обобщающим словом, то после них необходимо ставить двоеточие. Например:

– Подставляя выражение (3.6) в уравнение (3.2), получим:

$$e(p) = \frac{Gp + K_2 K_{o.c} G}{p^2 + K_2 K_{o.c} p + K_1 K_2}.$$

– Из равенства (2.12) находим следующее соотношение:

$$4(1+x^2) = 3(1+x) + \frac{1}{(1+x)^3}.$$

**3.4.2** Математические формулы должны быть вписаны отчетливо с точным размещением знаков, цифр и букв. Каждую букву в формулах и обозначениях необходимо записывать в точном соответствии с алфавитом, которому она принадлежит, и с правилами написания строчных и прописных букв.

На протяжении всей пояснительной записки необходимо соблюдать в формулах следующие размеры: 3–4 мм для строчных и 6–8 мм для прописных цифр и букв. Все индексы и показатели степени должны быть в 1,5–2 раза меньше по размерам буквенных обозначений, к которым они относятся.

Знаки сложения, вычитания, корня, равенства и т.д. необходимо вписывать так, чтобы их середина была расположена строго против горизонтальной черты дроби.

**3.4.3** Формулы, как правило, располагают на отдельных строках симметрично тексту пояснительной записки. Формулы должны быть отделены от текста пробельными строками. На рисунке 3.2 приведен пример расположения формулы с указанием расстояний между строками текста.

**3.4.4** Короткие однотипные формулы разрешается располагать на одной строке. В этом случае их разделяют точкой с запятой. Например:

Координаты  $X_1$  и  $X_2$  определяем по известным величинам  $X$  и  $Y$ :

$$x_1 = X - \beta Y + \beta^2 U; \quad x_2 = Y - \beta U.$$

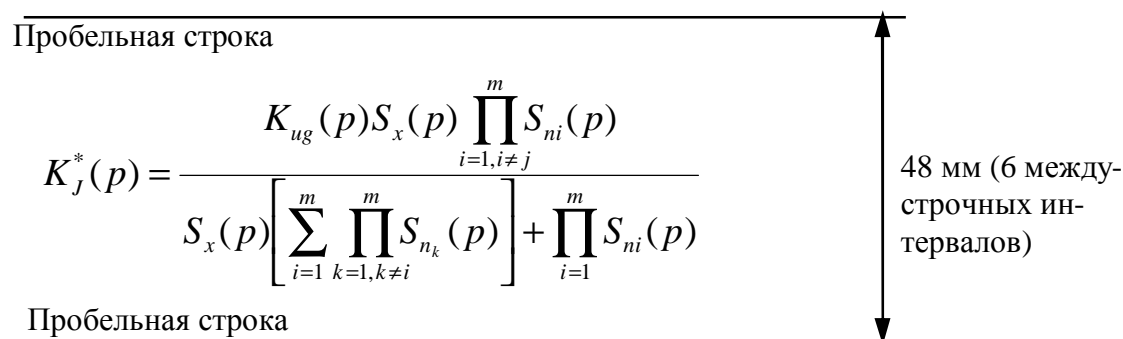


Рисунок 3.2 – Размеры формул и их расположение между строками текста пояснительной записки (к пункту 3.4.3)

Несложные и короткие формулы промежуточных и вспомогательных выражений можно располагать непосредственно в строке текста. При этом разрешается увеличивать расстояние между строками текста. Например:

Так как добротность системы  $D = 20 \text{ с}^{-1}$ , то на критической частоте  $\omega_{кр} = 16 \text{ с}^{-1}$  коэффициент усиления разомкнутой системы  $K(\omega_{кр}) = D/\omega_{кр} \sqrt{1 + (0,2\omega_{кр})^2} = 20/16 \cdot 3,35 = 0,37 \text{ с}^{-2}$ . Следовательно, запас устойчивости по усилению  $\Delta K = 1/0,37 \approx 3$ .

**3.4.5** При написании математических выражений допускается перенос на следующую строку самостоятельных членов формул. Причем знак операции, на котором сделан перенос, пишут два раза – в конце первой и в начале второй строки. При переносе формулы на знаке умножения применяют знак « $\times$ ».

Не допускаются переносы на знаке деления, а также выражений, относящихся к знакам корня, интеграла, логарифма, тригонометрических функций и т.п.

**3.4.6** Все формулы, расположенные в отдельных строках, нумеруют. Одним номером отмечают также группу однотипных формул, размещенных на одной строке.

Формулы рекомендуется нумеровать в пределах раздела, которому они подчинены. Цифровой индекс номера формулы должен состоять из порядкового номера раздела и отделенного от него точкой порядкового номера формулы в разделе, например: формула (2.7). Если в разделе одна формула, ее также нумеруют, например: формула (1.1).

Формулы, помещаемые в приложения, должны иметь отдельную нумерацию в пределах каждого приложения. Вначале указывают обозначение приложения, затем ставят точку и приводят порядковый номер формулы в данном приложении, например (Б.2).

**3.4.7** Порядковый номер формулы записывают арабскими цифрами в круглых скобках у правого края страницы. Причем номер однострочной формулы располагают на продолжении строки, занимаемой формулой.

При переносе формулы с одной строки на другую номер располагают на продолжении последней строки.

Номер сложной формулы (в виде дроби) записывают так, чтобы середина номера располагалась на уровне черты дроби.

Ссылки в тексте пояснительной записки на порядковый номер формулы следует приводить в круглых скобках с обязательным указанием слова «формула», «уравнение», «выражение», «равенство», «передаточная функция» и т.д. Например:

Подставляя выражение (3.6) в уравнение (3.2), получаем:

После формулы следует помещать перечень тех примененных в формуле символов и числовых коэффициентов, которые не были ранее пояснены в тексте, и расшифровать их значения. Причем символы и числовые коэффициенты необходимо отделять от их расшифровок знаком тире, по которому выравнивают перечень.

Каждую расшифровку отделяют от последующего символа или числового коэффициента в перечне точкой с запятой. Размерность символа или коэффициента указывают в конце расшифровки и отделяют от текстовой части расшифровки запятой.

Перечень начинают со слова «где», которое для формул, выделенных в отдельные строки, необходимо записывать с новой строки без абзацного от-

ступа и в этой же строке после слова «где» приводить первый поясняющий символ. После слова «где» двоеточие не ставят. Например:

При разгоне механизма до скорости быстрого хода двигатель должен развивать динамический момент  $M_{дин}, Н·м$ , который определяем по формуле

$$M_{дин} = (1,2J_{дв} + J_{мх})e_{дв}, \quad (2.7)$$

где 1,2 – коэффициент, учитывающий приведенный момент инерции редуктора;

$J_{дв}$  – момент инерции двигателя, кг· м<sup>2</sup>;

$J_{мх}$  – приведенный к валу двигателя момент инерции механизма, кг· м<sup>2</sup>;

$e_{дв}$  – ускорение вала двигателя, с<sup>-2</sup>.

### 3.5 Основные требования к иллюстрациям

**3.5.1** Виды иллюстраций (чертежи, схемы, графики, осциллограммы, цикло– и тактограммы, фотографии), их количество в пояснительной записке определяет автор проекта. При определении вида и количества следует руководствоваться тем, что иллюстрации представляют собой наиболее простой и наглядный способ изложения тех частей пояснительной записки, которые требуют длительного текстового описания, например дискретного процесса в сложной технической системе; процедуры синтеза сложных корректирующих устройств следящей системы и т.п.

**3.5.2** Каждая иллюстрация должна быть органически связана с текстом, быть четкой и ясной по смысловому содержанию и располагаться по возможности ближе к разъясняющей текстовой части, так чтобы ее можно было рассматривать без поворота страницы или с поворотом по часовой стрелке.

**3.5.3** Все иллюстрации, независимо от их вида и содержания, в технической литературе принято называть рисунками.

**3.5.4** Рисунок, помещенный «вразрез» с текстом, располагают симметрично тексту, а его поле отделяют от текста и от подрисуночной подписи пробельной строкой. Пример расположения иллюстрируется рисунком 3.3.

**3.5.5** Каждую иллюстрацию сопровождают подрисуночной подписью, которую располагают симметрично полю, занимаемому иллюстрацией. Подпись должна содержать слово «Рисунок» без сокращения и порядковый номер иллюстрации арабскими цифрами, например «Рисунок 2.4»

Подпись иллюстраций, расположенных в приложениях, должна содержать слово «Рисунок», обозначение приложения и порядковый номер иллюстрации в приложении, например «Рисунок А.2». Если в приложении помещена одна иллюстрация, ее обозначают «Рисунок А.1».

При необходимости иллюстрациям можно давать наименования, которые записывают после номера рисунка через знак тире с прописной буквы. Точки после номера рисунка и после наименования не ставят, например «Рисунок 2.1 – Структурная схема нескорректированной системы управления». Подпись и наименование располагают симметрично иллюстрации. Если они

занимают две и более строки, то каждая последующая строка записывается симметрично предыдущей.

Допускается выносить в подрисуночную подпись расшифровку условных обозначений, нумерованных частей и деталей иллюстрации. Все пояснительные данные помещают между рисунком и его обозначением.

Расшифровки пишут в подбор, отделяя их друг от друга точкой с запятой. Цифры, буквы, другие условные обозначения позиций на рисунке пишут без скобок, отделяя их от расшифровок знаками тире, например «1 – измерительный преобразователь; 2 – усилитель; 3 – корректирующее звено; 4 – ...». Длина строк с пояснениями не должна превышать линейного горизонтального размера поля рисунка. Стандартные буквенные позиционные обозначения, приведенные на рисунке, не расшифровывают (см. рисунок 5.3).

Если иллюстрации разъясняются в тексте пояснительной записки, то расшифровки в подрисуночных подписях не допускаются.

Не разрешается часть деталей иллюстрации пояснять в тексте пояснительной записки, а другую – расшифровывать в подрисуночной подписи.

Все подрисуночные подписи в пояснительной записке рекомендуется выполнять по принципу единообразия.

**3.5.6** В тексте пояснительной записки должны быть даны ссылки на все иллюстрации без исключения. При ссылках на номер иллюстрации следует писать «... в соответствии с рисунком 1.2». Не следует вводить в текст подписи к иллюстрациям.

В ссылках рекомендуется использовать обороты «изображены», «показаны», «построены» и другие.

**3.5.7** Иллюстрации, как и другие виды конструкторских документов должны быть выполнены в соответствии с требованиями ЕСКД. Однако, если на документах по ЕСКД представляют всю (без исключения) информацию, поясняющую назначение функциональных частей, типы элементов и их номинальные параметры, все связи с источниками питания, состояние функциональных частей и устройств, возможности их регулировки и т.д., то на иллюстрациях должна быть представлена только та информация, которая непосредственно касается сути излагаемых вопросов.

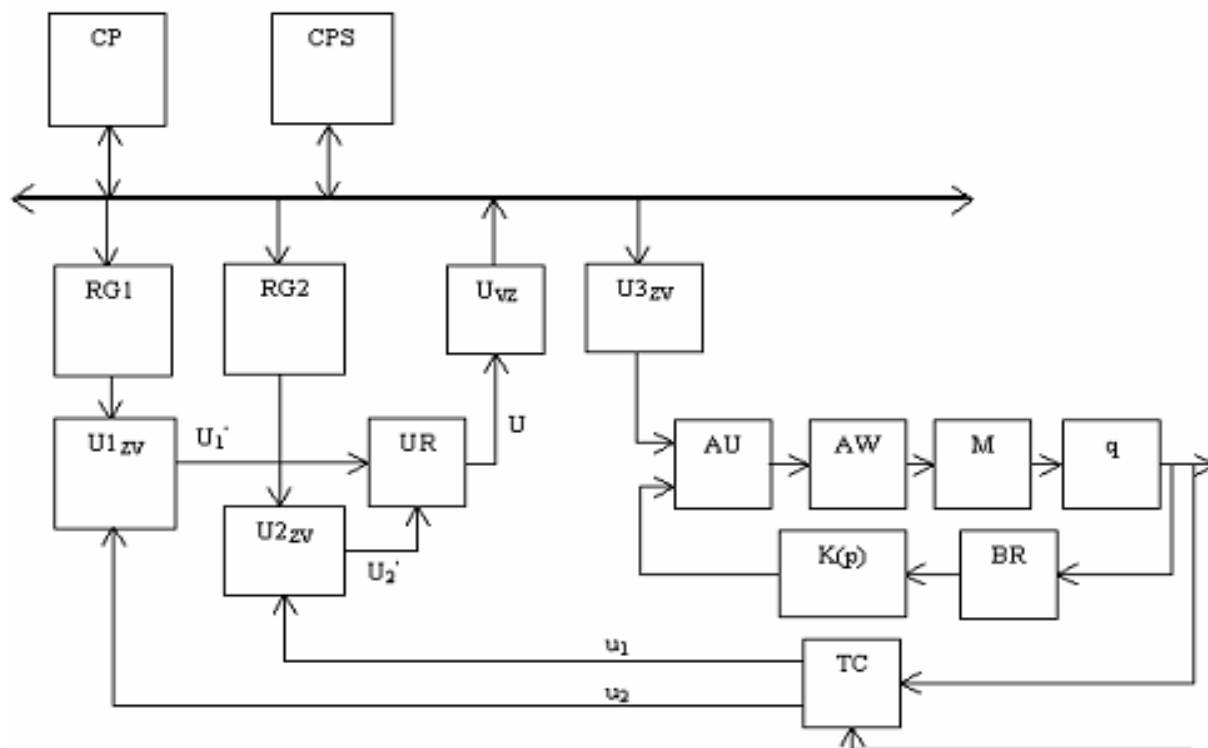
При использовании для иллюстрации уже разработанных по ЕСКД чертежей и схем их необходимо доработать:

- исключить рамки, угловые штампы, спецификации, технические характеристики и т.п.;
- заменить, элементы, не имеющие прямого отношения к сути рассматриваемого вопроса, изображением прямоугольника из штрихпунктирных линий;
- максимально сократить число надписей.

Другие рекомендации даны в настоящем руководстве при изложении правил выполнения и оформления конкретных видов чертежей, схем, графиков и других конструкторских документов.



В цифровой системе управления, структурная схема которой изображена на рисунке 2.3, вычислитель CP дополнен специальной секцией CPS для вычисления кодов синуса и косинуса желаемого изменения углового положения  $\alpha$  выходного вала системы. Коды  $N_{41} = N_0 \cos \alpha$  и  $N_{42} = N_0 \sin \alpha$ , где  $N_0$  – масштабный код, соответствующий значению синуса и косинуса, равному единице, заносятся в регистры RG1 и RG2 соответственно.



↑ Пробельная строка  
 Рисунок 2.3  
 ↓ Пробельная строка

Фактическое изменение угла поворота  $\beta$  вала системы преобразуется индуктосином ТС в изменение амплитуд сигналов

$$U_1 = U_m \sin b \sin \omega_0 t ; U_2 = U_m \cos b \sin \omega_0 t . \quad (2.1)$$

Эти сигналы используются в качестве источников питания преобразователей  $U1_{zv}$  и  $U2_{zv}$ , которые формируют на выходах сигналы:

$$U_1' = U_1 N_{U1} / N_0 = U_m \sin a \cos b \sin \omega_0 t , \quad (2.2)$$

$$U_2' = U_2 N_{U2} / N_0 = U_m \cos a \sin b \sin \omega_0 t . \quad (2.3)$$

Демодулятор UR осуществляет детектирование и вычитание модулей  $U_1'$  и  $U_2'$ . В результате на его выходе формируется напряжение

$$U = |U_1| - |U_2| = U_m \sin(a - b) . \quad (2.4)$$

Рисунок 3.3 – Пример оформления страницы пояснительной записки с иллюстрацией, расположенной «вразрез» с текстом (к пунктам 3.5.4 и 3.5.5)

**3.5.8** На протяжении всей пояснительной записки следует соблюдать единообразие исполнения иллюстраций и их оформления, единообразие принятых условных обозначений, всех надписей, размерных и выносных линий. Чертить иллюстрации следует шариковой ручкой с темной (черной или синей) пастой или карандашом средней твердости при помощи чертежных инструментов (линейки, циркуля, лекала и т.п.). Однако на протяжении всей записки разрешается исполнять иллюстрации либо только карандашом или только шариковой ручкой с пастой одного цвета.

Если при выполнении пояснительной записки использован текстовый редактор ЭВМ, то все иллюстрации должны быть выполнены черной тушью или с помощью графического редактора.

Надписи на всех иллюстрациях следует выполнять стандартным шрифтом с высотой строчных букв приблизительно 2,0–2,25 мм. Прописные буквы в подписях и в условных графических обозначениях элементов, цифры, обозначающие нумерацию элементов или масштабность координатных шкал, другие числовые значения на графиках следует писать на 1/3 крупнее строчных букв. Разрешается при необходимости буквенные обозначения элементов (устройств) на схеме, их порядковые номера выполнять несколько большего размера.

Главное – соблюсти единый стиль исполнения иллюстраций на протяжении всей пояснительной записки.

### **3.6 Построение таблиц**

**3.6.1** Каждую таблицу в зависимости от её размера рекомендуется помещать непосредственно за абзацем, в котором впервые дана на неё ссылка, либо на следующей странице. При необходимости допускается оформлять таблицу в виде приложения к пояснительной записке.

**3.6.2** Все таблицы в тексте должны быть снабжены нумерацией арабскими цифрами и текстовыми заголовками, причем слово «таблица» не сокращают. Номер таблицы и заголовок пишут в подбор, разделяя их знаком тире, и располагают над таблицей. Слово «Таблица» начинают писать с левой границы поля, занимаемого таблицей. После слова «таблица», порядкового номера и заголовка точки не ставят. Заголовок пишут с прописной буквы.

Таблицы рекомендуется нумеровать в соответствии с принятой системой нумерации формул и рисунков, например «Таблица 1.2».

Таблицы в каждом приложении снабжают отдельной нумерацией с обязательным указанием обозначения приложения на первой позиции номерного индекса, например «Таблица Б.2».

Заголовок должен быть кратким, точно отражать содержание таблицы и давать возможность читать таблицу, не обращаясь к тексту пояснительной записки. Строки с заголовком не должны выходить за пределы границ поля, занимаемого таблицей.

Текст пояснительной записки и заголовок таблицы должны быть разделены пробельной строкой. Пробельной строкой отделяют от таблицы следующий за ней текст. Заголовок и фактический материал пробельной строкой не разделяют.

**3.6.3** Таблицы рекомендуется слева, справа и снизу ограничивать линиями. Если в конце страницы пояснительной записки таблица прерывается, то ее продолжение размещают на следующей странице, а в первой части таблицы нижнюю горизонтальную черту, ограничивающую таблицу, не проводят. Продолжение оформляют начиная с повторения головки, над левым углом которой пишут слова «Продолжение таблицы...» и указывают только ее номер, как показано на рисунке 3.4.

Таблица 3.2 – Фрагмент программы работы программируемого контроллера типа NS-915

Шаг	Код операции	Адрес операнда	Примечание
0001	LD	0000	PH→R <sub>0</sub> ; PH→SR <sub>1</sub>
0002	*D	0001	PHK <sub>ч</sub> B→ R <sub>0</sub> ; PH K <sub>ч</sub> B→ SR <sub>1</sub>
...	...	...	...
0028	LD	1000	ПС→R <sub>0</sub> ; →SR <sub>1</sub>

Продолжение таблицы 3.2

Шаг	Код операции	Адрес операнда	Примечание
0029	PD	0010	Запись величины выдержки в регистр данных RD
0030	TM	2016	Запуск таймера с адресом 2016...2023
...	...	...	...
0036	WR	2009	Запись сигнала в ячейку памяти 2009

Рисунок 3.4 – Пример оформления таблицы и её продолжения с повторением головки (к пункту 3.6.3)

Допускается во второй части таблицы головку заменять соответствующими номерами граф. В этом случае в первой строке первой части таблицы необходимо осуществить нумерацию граф (см. рисунок 3.5).

Вторую часть таблицы на другой странице начинают со слов «Продолжение таблицы...» и указывают только её номер. Слово «Продолжение» начинают писать с левой границы поля, занимаемого таблицей.

**3.6.4** Заголовки граф рекомендуется записывать параллельно строкам таблицы. При необходимости допускается перпендикулярное расположение заголовков граф (см. например, таблицу на рисунке 3.5 графы 1, 2, 7 и 8).

Заголовки граф, названия в головке и в строчках боковика таблицы следует писать с прописной буквы, подзаголовки – со строчной буквы, если с объединяющим их заголовком графы они составляют единое предложение, или с прописной буквы, если они имеют самостоятельное значение.

Таблица 1.1 — Анализ цикла последовательной загрузки технологического оборудования роботом

Состояние перед началом операции					Содержание операции	Длительность операции	Запланированное окончание
Отсчет времени	Робот в позиции	Обслуживаемая позиция					
		Б	В	Г			
1	2	3	4	5	6	7	8
0,0	А				Забрать из А	0,1	0,1
0,1	Л				Переместиться в Б	0,3	0,4
4,1	Б	2	1		Переместиться к В	0,3	4,4

Продолжение таблицы 1.1

1	2	3	4	5	6	7	8
4,4	В	2	1		Разгрузить В	0,1	4,5
12,1	Б	4	3	2	Переместиться к Г	0,6	12,7
12,7	Б	4	3	2	Разгрузить Г	0,1	12,8

Рисунок 3.5 – Пример оформления таблицы и её продолжения без повторения головки (к пункту 3.6.3)

Все заголовки, названия и подзаголовки указывают в именительном падеже единственного числа. Во множественном числе указывают лишь в тех случаях, когда заголовок – существительное, которое в данном значении в единственном числе не употребляется, например «Технические условия», «Показатели качества».

Слова следует писать полностью без сокращений, за исключением отдельных понятий, которые можно заменять буквенными обозначениями, установленными стандартом, или другими общепринятыми обозначениями, если они пояснены в тексте или приведены на иллюстрациях в пояснительной записке. Точка в конце заголовка не ставится.

Запрещается размещать в клетке головки разделённые косой линией два заголовка, один из которых (левый) относится к боковику, а второй (правый) является объединяющим заголовком всех граф.

Графу «Номер по порядку» в таблицу включать не допускается. При необходимости нумерации показателей строк порядковые номера указываются в первой графе через пробел перед их наименованием.

**3.6.5** Обозначение единицы физической величины, например, «Н·м», «кг·м<sup>2</sup>», «м/с» и другие, а также термины «градусы», «проценты» и т.п. в виде знаков ...°, ...% указываются после соответствующего заголовка, отделяя от него запятой.

Допускается включать в таблицу графу «обозначение единицы физической величины», если большая часть наименований в боковике сопровождаются размерностями.

**3.6.6** При заполнении таблиц требуется, чтобы число знаков после запятой в цифровых данных соответствовало точности измерительных средств, точности инженерных расчетов и было одинаковым для каждого столбца таблицы.

Если необходимо указать, что числовые значения величины принадлежат области допустимых значений, то в строке графы записывают численные значения границы и отделенные от нее запятой ограничительные слова «менее», «не более» при расположении области допустимых значений слева от числового значения границы и слова «более», «не менее» при расположении области справа от границы.

При указании в строке графы интервала числовых значений величины следует писать «от... до... включ.», «св... до... включ.».

Отсутствие отдельных данных в таблице следует обозначать знаком тире. Не допускается оставлять в графах таблиц пустые места.

**3.6.7** Пояснительная записка должна содержать текст с краткими пояснениями, относящимися к таблице в целом, а при необходимости и к ее отдельным частям. Также в пояснениях должны быть сформулированы основные выводы, к которым приводят данные таблицы, или обращено внимание на самое характерное или важное в ней.

## **3.7 Оформление приложений**

**3.7.1** В приложения рекомендуется выносить части текста пояснительной записки, имеющие справочное или второстепенное значение, но необходимые для более полного освещения темы проекта или для удобства пользования пояснительной запиской.

Приложениями могут быть математические формулы, номограммы, вспомогательные вычисления и расчеты, описания алгоритмов и программ расчета на ЭВМ, технические характеристики различных устройств, спецификации и т.п. Допускается использовать в качестве приложений отдельные изданные конструкторские документы.

Все приложения включают в общую нумерацию страниц.

**3.7.2** В тексте пояснительной записки должны быть ссылки на все приложения. Приложения располагаются в порядке ссылок на них в тексте.

Приложения обозначают заглавными буквами русского алфавита, начиная с буквы «А», за исключением букв Ё, З, Й, О, Ч, Ь, Ъ, Ы. Буквы записывают после слова «Приложение». Если в пояснительной записке одно приложение, оно должно быть обозначено «Приложение А».

**3.7.3** Каждое приложение начинают с новой страницы. Наверху посередине страницы пишут слово «Приложение» прописными буквами и его бук-

венное обозначение. Ниже в круглых скобках пишут строчными буквами слово «обязательное», «рекомендуемое» или «справочное».

Приложение должно иметь заголовок, который записывают симметрично тексту строчными буквами за исключением первой прописной. Желательно после заголовка сделать обратную ссылку к основному тексту пояснительной записки. Пример оформления приложения приведен на рисунке 3.6

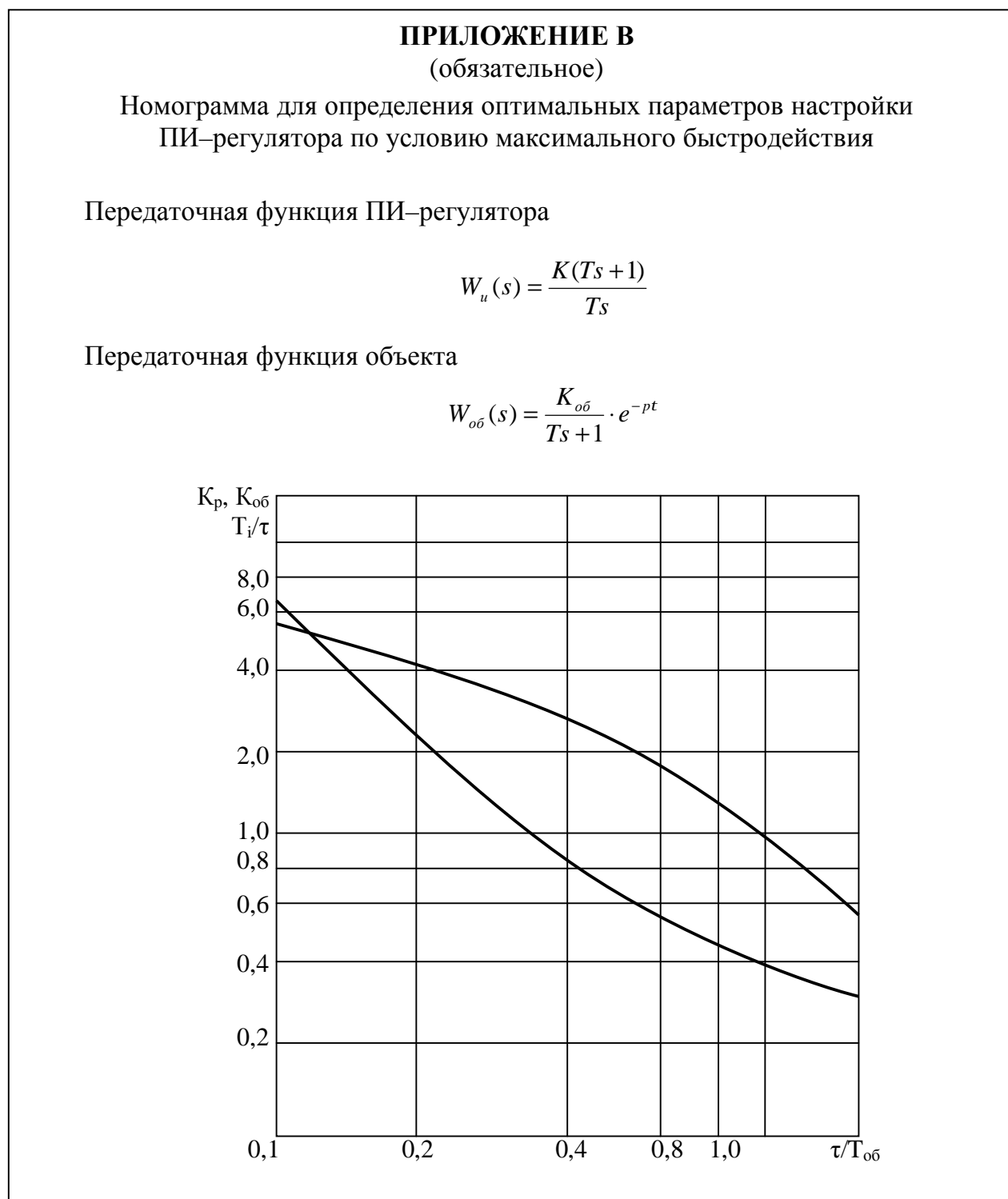


Рисунок 3.6 – Пример оформления приложения (к пункту 3.7.3)

### **3.8 Оформление библиографического указателя «литература»**

**3.8.1** Литературу, нормативно–техническую и другую документацию, иные источники, ссылки на которые были сделаны пояснительной записки, помещают в конце пояснительной записки перед листом приложения в виде указателя «Литература». Слово «Литература» записывают прописными буквами с новой строки симметрично тексту.

**3.8.2** В тексте пояснительной записки все ссылки на анализируемые опубликованные сведения, на заимствованные положения, формулы, таблицы, иллюстрации, методики и т.п. нумеруют арабскими цифрами в прямых скобках в возрастающем порядке, например:

на основании выражения (2.6) [7].

**3.8.3** В указателе «Литература» библиографические ссылки располагают и нумеруют в той последовательности, в какой расположены и пронумерованы ссылки в тексте пояснительной записки.

**3.8.4** Без ссылок в тексте пояснительной записки разрешается использовать сведения, полученные на лекциях, семинарских, практических и лабораторных занятиях. Однако использованные учебные, учебно–методические материалы и пособия должны быть приведены и расположены в конце указателя.

**3.8.5** Библиографические описания в указателе «Литература» должны быть выполнены в точном соответствии с правилами, установленными стандартом ГОСТ 7.32–91.

**3.8.6** Образцы описания источников в библиографическом указателе:

**3.8.6.1** Произведения одного, двух и трёх авторов:

1. Куо Б. Теория и проектирование цифровых систем управления: Пер. с англ.– М: Машиностроение, 1986.– 448 с
2. Бычков Ю.А., Васильев Ю.В. Расчет периодических режимов в нелинейных системах управления; Машино-ориентированные методы.– (Б–ка по автоматике).– 1988.–112 с.
3. Усатенко С.Т., Каченюк Т.К., Терехова М.В. Выполнение электрических схем по ЕСКД: Справочник. – М.: Изд–во стандартов, 1983. – 325 с.

**3.8.6.2** Произведения четырёх и более авторов:

4. Микропроцессорное управление электроприводами станков с ЧПУ / Э.Л. Тихомиров, В.В. Васильев, Б.Г. Коровин, В.А. Яковлев. – М.: Машиностроение, 1990. – 320 с.
5. Электропривод летательных аппаратов: Учебник для авиационных вузов / В.А. Полковников, Б.И. Петров, Б.Н. Попов и др.; Под общей ред. В.А. Полковникова. – М.: Машиностроение, 1990. – 352 с.

**3.8.6.3** Описание журнальных статей:

6. Крутько П.Д. Функции Ляпунова в обратных задачах управляемых систем // Известия АН СССР. Техническая кибернетика. 1983. № 4. С. 168–177.

В описании иностранных журналов том и номер выпуска ставят перед годом выпуска, при этом описание должно быть дано на языке текста издания.

#### **3.8.6.4** Описание авторских свидетельств и патентов:

7. А.с. 1296692 СССР. Устройство управления электроприводом постоянного тока /П.Д. Гаврилов, С.Г. Филимонов // Открытия. Изобретения. 1987. № 10.

#### **3.8.6.5** Учебно–методические пособия

8. Сорока Н.И., Кривинченко Г.А. Телемеханика: Конспект лекций для студентов специальности «Автоматическое управление в технических системах»: В 3 ч. Ч.2. Коды и кодирование.–Мн.: БГУИР, 2001.– С. 168.

#### **3.8.6.6** Сведения, полученные во время аудиторных занятий:

9. Расчёт и проектирование эталонной модели замкнутой системы управления: Лекция по дисциплине «Проектирование оптимальных и адаптивных систем» / А.Т.Доманов.– Мн.: БГУИР, 2002.

### **3.9** Сноски и примечания

**3.9.1** Знаки сноски выполняют арабскими цифрами со скобкой и помещают на уровне верхнего обреза слова, числа, символа, предложения, к которому даётся пояснение, а также перед текстом пояснения (см. рисунок 3.1).

**3.9.2** Текст пояснения размещают с абзацного отступа в конце страницы, на которой они обозначены, и отделяются от текста короткой тонкой линией с левой стороны (см. рисунок 3.1), а к данным расположенным в таблице, – в конце таблицы над линией, обозначающей окончание таблицы.

**3.9.3** Примечания размещают после текстового, графического или табличного материала, к которому они относятся. Слово «Примечание» пишется с прописной буквы с абзаца. Если примечание одно, то после слова «Примечание» ставится дефис и размещается текст пояснения, начиная с прописной буквы (см. рисунок 3.1). В других случаях производится нумерация по порядку арабскими цифрами. Примечание к таблице помещается в конце таблицы над линией, обозначающей окончание таблицы.

## **4. ТРЕБОВАНИЯ К ОФОРМЛЕНИЮ ГРАФИЧЕСКОГО МАТЕРИАЛА**

### **4.1** Общие требования и сведения

**4.1.1** Графическая часть курсового проекта выполняется и оформляется только машинным или только рукописным способом на листах чертёжной бумаги формата А1, А2, А3. Общий объем графической части указывается в техническом задании (см. рисунок 2.3).



При ручном способе любой вид графического изображения (чертеж, схема, диаграмма, график и т.д.) должен выполняться чертёжными инструментами (циркулем, лекалом, линейкой и т.п.) черной тушью, либо простым конструкторским карандашом средней твердости. Причем, все линии изображений, все надписи должны иметь одинаковую интенсивность по цвету.

**4.1.2** В графической части курсового проекта графический материал одного вида должен иметь рамку и основную надпись. Форматы, масштабы и правила выполнения материала должны соответствовать требованиям ЕСКД. На чертежах и схемах должны быть представлены все необходимые данные для однозначной передачи информации: условные графические обозначения элементов, их буквенно–цифровые позиционные обозначения, символы физических параметров в характерных точках схемы, цепи питания, квалифицирующие символы рода тока и напряжения, поясняющие надписи и примечания.

Данные об элементах и устройствах должны быть указаны в перечнях, которые оформляются в виде отдельных документов спецификации и помещаются в пояснительную записку перед ведомостью документов (см. рисунок 2.4).

Элементы, устройства, составные части технической системы на схемах изображаются в виде условных графических обозначений, установленных гос. стандартами ЕСКД, а их наименования и номера позиций должны соответствовать буквенным или буквенно–цифровым обозначениям по ГОСТ 2.701–81.

**4.1.3** Листы основных форматов А1, А2 и А3 имеющих рамки и основную надпись, можно располагать горизонтально и вертикально.

Листы формата А4 с размерами сторон 210x297 мм располагаются только вертикально, а основные надписи – внизу листа.

Формат листа и его расположение выбирают в зависимости от вида графического материала, его объёмам, сложности и необходимости обеспечить на всех листах графической части курсового проекта единообразие выполнения условных графических и позиционных обозначений, линий связи и стрелок. Формат А4 используют для оформления текстовых документов, например, ведомости, документов, спецификаций и др.

Рамки наносят сплошной основной линией на расстоянии 5 мм от границы формата сверху, справа и снизу. Слева оставляют поле шириной 20 мм.

**4.1.4** Основная надпись (угловой штамп) помещается в правом нижнем углу рамки. Формы, размеры, содержание и порядок заполнения основных надписей устанавливает ГОСТ 2.104–68. Формы штампов курсовых проектов показаны на рисунке 4.1.

Форма 1 является основной и применяется на чертежах и схемах курсового проектирования. Если чертеж или схема размещена на нескольких листах, соответствующего формата, то для первого листа применяется форма 1, для последующих листов – форма 3.

Для ведомости документов, для заглавного листа ведомости спецификаций применяется форма 2, для последующих листов ведомости спецификаций – форма 3.

Особое внимание должно быть уделено выполнению надписей и заполнению граф углового штампа (номера граф указаны на рисунке 4.1 с в скобках).

В графе 1 записывается наименование системы, устройства, технического или программного средства. Наименование должно быть кратким в именительном падеже, на первом месте должно стоять имя существительное. После наименования системы, устройства и т.п. записывается наименование документа (см. рисунок 2.5). Между наименованиями и в конце точка не ставится.

Примеры заполнения графы 1:

- Система телеметрическая адаптивная    Схема электрическая функциональная
- Пункт контролируемый    Схема алгоритма

В графе 2 указывается обозначение документа, который включает в себя пятибуквенный код учреждения – БГУИР; двухбуквенный код типа документа:

КП – курсовой проект; код классификационной характеристики специальностей 53 01 07; порядковый номер темы листа чертежа, например, 003; обозначение документа (см. пункты 4.1.5 и 4.1.6) Например, ПД – схема алгоритма Э2 – схема электрическая функциональная.

Примеры обозначения документа:

БГУИР КП 530107 001 Э1  
БГУИР КП 530107 006 ПД

В остальных графах указывают:

- графа 3 – порядковый номер чертежа данного вида. Например, принципиальная схема системы расположена на трёх листах. Тогда форма 1 заполняется только для первого листа, и в графе 3 будет поставлена цифра 1, а в графе 3 формы 3 будет поставлен номер следующей части чертежа;
- графа 4 – общее количество листов чертежа данного вида.
- графа 5 – различительный индекс выпускающей кафедры, например, каф. СУ и различительный индекс группы, например 222401.

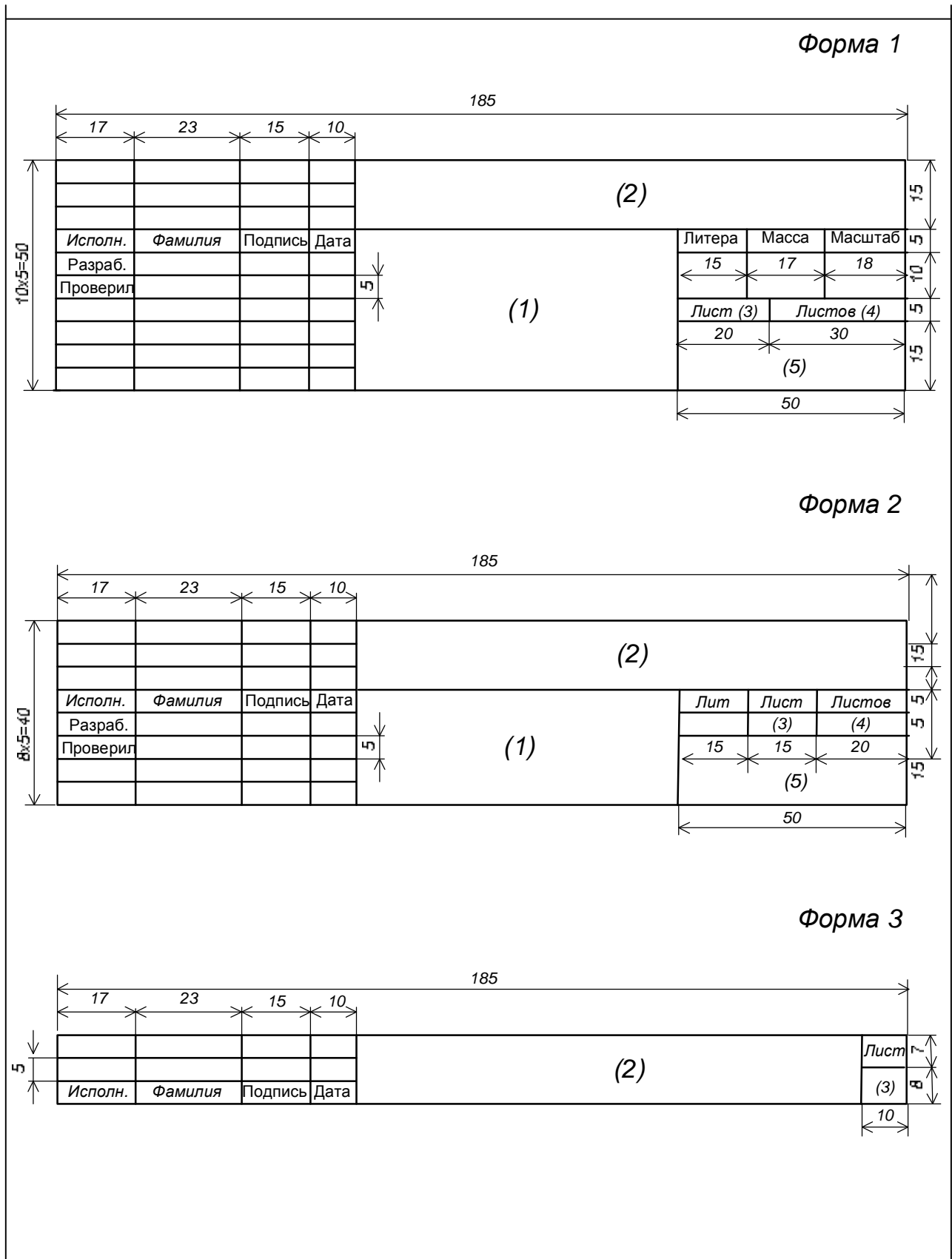


Рисунок 4.1

**4.1.5** Схемы являются основным графическим материалом курсового проекта, их наименования и обозначения должны соответствовать стандартам ЕСКД.

ГОСТ 2.701–84 установил следующую классификацию и обозначение схем.

По важности основного вида элементов и связей между ними схемы подразделяются на следующие виды, обозначаемые буквами: электрические — Э, гидравлические — Г, пневматические — П, газовые — Х, кинематические — К, вакуумные — В, оптические — Л, энергетические — Р, комбинированные — С, деления — Е.

По основному назначению схемы подразделяются на типы, обозначаемые цифрами: структурные — 1, функциональные — 2, принципиальные (полные) — 3, соединений (монтажные) — 4, подключения — 5, общие — 6, расположения — 7, объединенные — 0.

Наименование схемы определяется ее видом и типом, например, схема электрическая функциональная. Обозначают схемы буквенно-цифровым кодом, например: Э1 — схема электрическая структурная, К2 — схема кинематическая функциональная. Если разрабатывается несколько схем одного вида и типа, каждая в форме самостоятельного документа, то в наименованиях схем указывают их функциональную особенность. В этом случае, начиная со второй схемы к коду схемы в обозначении, добавляют через точку порядковый номер, например: Э1 — схема электрическая структурная, Э1.1 — схема электрическая структурная скорректированная.

ГОСТ 19.701–90 установил следующие схемы алгоритмов, программ, данных и систем: схема данных, схема программы, схема работы системы, схема взаимодействия программ, схема ресурсов системы. Так как в стандарте отсутствуют необходимые для курсового проектирования обозначения схем, кафедра рекомендует обозначать этот вид схем двухбуквенным кодом — ПД.

**4.1.6** Чертежи разрабатываются с целью декомпозиции и пояснения сложных задач проектирования, с целью объяснить условия их решения и осуществления. Наименования и обозначения черчений должны соответствовать стандартам, установленным ГОСТ 2.102–68.

В курсовом проекте, при необходимости, могут разрабатываться следующие виды чертежей, обозначаемые двухбуквенным кодом: чертеж общего вида — ВО, определяющий конструкцию изделия, взаимодействие его составных частей и поясняющий принцип работы; теоретический чертеж — ТЧ, определяющий геометрическую форму изделия, координаты составных частей и поясняющий характер движения этих частей относительно заданной системы координат; электромонтажный чертеж — МЭ, содержащий данные, необходимые для выполнения электрического монтажа.

**4.1.7** Диаграммы, графики различного назначения, циклограммы, таблицы, другие виды информационного изображения фактического материала представляются в виде самостоятельных документов в тех случаях, когда не-

обходимо пояснить проведенные расчеты, обосновать принятые схемотехнические решения, повысить их достоверность.

Согласно стандарту ГОСТ 2.102–68 таблицам присваивается двухбуквенный код ТБ, всем другим видам информационного изображения двухбуквенный код РР.

В графе 1 углового штампа записывается наименование документа. Наименование должно быть кратким и отражать информационную суть изображения, например РР – диаграммы адресного обмена по магистрали микропроцессорных средств производственной системы, в графе 1 записывается «Диаграммы адресного обмена».

**4.1.8** Ведомости спецификации присваивается двухбуквенный код – ПЭ.

**4.1.9** Любой вид графического материала в курсовом проекте должен иметь высокую степень самостоятельности, а передаваемая им информация должна быть ясной и однозначной. Поэтому при изображении чертежей, схем, диаграмм, графиков и т.д. необходимо использовать установленные государственными стандартами условные графические обозначения, буквенные, буквенно–цифровые и цифровые позиционные обозначения, строго соблюдать правила их выполнения и оформления.

## **4.2 Линии**

**4.2.1** В зависимости от назначения и типа схем линиями изображают: электрические взаимосвязи (функциональные, логические и т.п.), пути прохождения электрического тока (электрические связи), механические взаимосвязи, материальные проводники (провода, кабели, шины), экранирующие оболочки, корпуса приборов и т.п., условные границы устройств и функциональных групп.

**4.2.2** Линии на схемах всех типов выполняют в соответствии с правилами, установленными ГОСТ 2.701–84 и ГОСТ 2.721–74 «ЕСКД. Обозначения условные графические в схемах. Обозначения общего применения».

Линии связи должны состоять из горизонтальных и вертикальных отрезков и иметь минимальное количество изломов и взаимных пересечений.



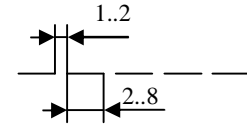
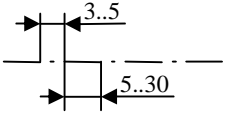
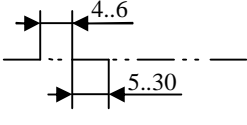
**4.2.3** Толщины линий выбирают в зависимости от формата схемы и размеров условных графических обозначений. Выбранные толщины линий должны быть постоянными во всём комплекте схем курсового проекта.

Условные графические обозначения и линии связи выполняют линиями одной и той же толщины. Оптимальная толщина 0,3...0,4 мм, что соответствует по ГОСТ 2.303–68, сплошной тонкой линии.

В зависимости от формата чертежа и размера условных графических обозначений на схеме толщину линий разрешается пропорционально увеличить от 0,4 мм до 1,4 мм.

**4.2.4** Наименование, начертание, толщина линий по отношению к толщине  $b$  и основное назначение линий установлены ГОСТ 2.303–68 и должны соответствовать указанным в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Наименование, начертание, толщина линий по отношению к толщине основной линии и основные назначения линий

Наименование	Начертание	Толщина линии по отношению к толщине основной линии	Основное назначение
Сплошная толстая основная		2b, 3b, 4b	Допускается для линий групповой связи
Сплошная тонкая		b	Линии электрической связи; провод; кабель; шина; линии групповой связи; линии условных графических обозначений
Штриховая		b	Линии экранирования, механической связи
Штрих – пунктирная тонкая		b	Линии для выделения на схеме групп элементов, составляющих устройство или функциональную группу
Штрих – пунктирная с двумя точками тонкая		b	Линия разъединительная (для графического разделения частей схемы)

**4.2.5** Группу линий электрической связи, имеющих общее функциональное назначение можно показывать в однолинейном и многолинейном обозначениях.

При однолинейном изображении (рисунок 4.2, а) на тонкую линию наносят штрих, над которым помещают число, например, восемь, указывающее количество линий связи в группе. Если количество линий связи в группе не превышает четырёх, разрешается заменять число линий соответствующим количеством штрихов на тонкой линии (рисунок 4.2, б).

При многолинейном изображении указывают все линии связи. Причём, для визуального восприятия схемы расстояние между двумя соседними линиями должно быть не менее 1 мм.

**4.2.6** Группу линий, имеющих разное функциональное назначение, можно объединять в линию групповой связи, изображаемую сплошной утолщённой (2b) или толстой (3b) линией. Слияние линий электрических связей осуществляют под углом 90° или 45° (рисунок 4.2, в). Причем расстояние между соседними линиями, отходящими в разные стороны должны быть не менее 2 мм.

**4.2.7** Шины связи также изображают утолщёнными (2b) и толстыми (3b) линиями. Однако, в тех случаях, когда их изображение на электрической схеме необходимо отделить от изображения линий электрических связей, шины показывают двойными тонкими линиями. На рисунке 4.2, г показано общее обозначение шины, а на рисунке 4.2, д обозначение шины с ответвлением.

**4.2.8** Линия электрической связи может соединяться с заземлением корпуса устройства (рисунок 4.2, ж).

**4.2.9** Линии экранирования (рисунок 4.2, з) изображают штриховой линией толщиной приблизительно в два раза тоньше основной линии b (ГОСТ 2.303–68).

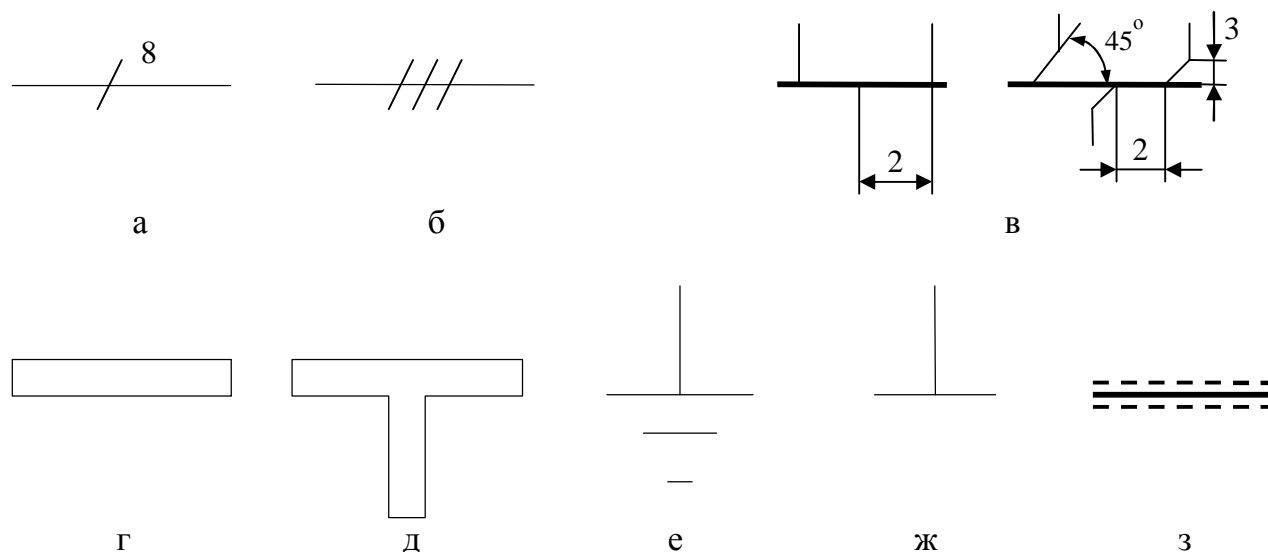


Рисунок 4.2

**4.2.10** Линию механической связи на электрических схемах изображают штриховой линией толщиной, равной толщине b основной линии на схеме (рисунок 4.3, а), ее соединение с другой линией механической связи показывают точкой (рисунок 4.3, б). При небольшом расстоянии на схеме между устройствами, имеющими механическую связь, где линию механической связи изобразить штриховой линией невозможно, допускается изображать её двумя сплошными тонкими линиями (рисунок 4.3, в).

**4.2.11** Направление, в котором распространяется информация, сигналы, токи, потоки энергии в системе, показывают на линиях связи стрелками с развалом 60° (рисунок 4.4, а), а на шинах связи – стрелками по рисунку 4.4, б.

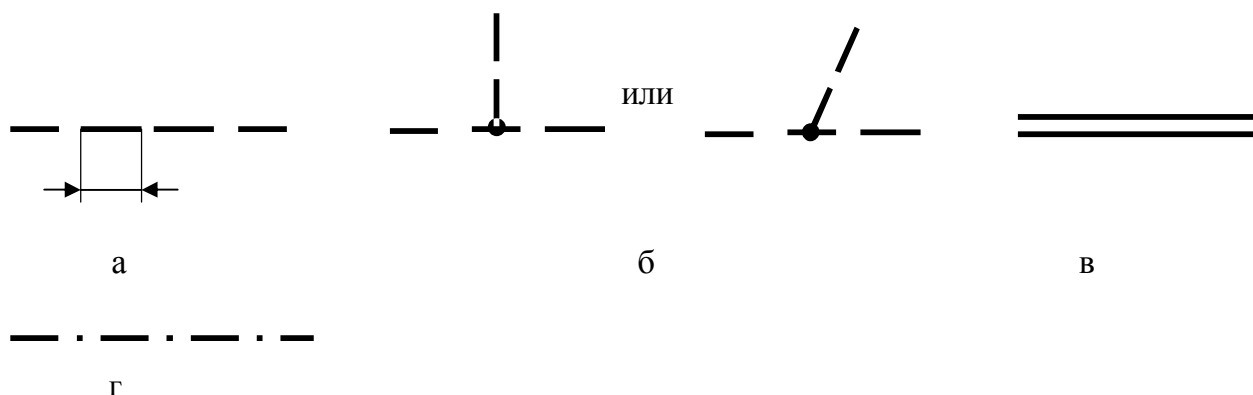


Рисунок 4.3

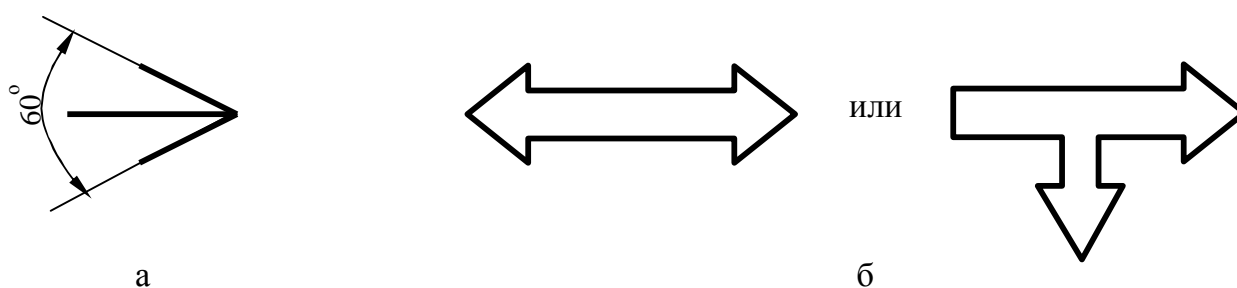


Рисунок 4.4

### 4.3 Условные графические обозначения элементов на электрических схемах

**4.3.1** Трансформаторы, катушки индуктивности, дроссели, магнитные усилители по ГОСТ 2.723–68 изображаются упрощённым и развёрнутым способами, но наибольшее распространение получил развёрнутый способ: когда их обмотки изображаются в виде цепочки полуокружностей с определённым их количеством.

На рисунке 4.5 показаны условные графические обозначения: однофазного трансформатора (рисунок 4.5, а), катушки индуктивности с магнито–диэлектрическим магнитопроводом (рисунок 4.5, б), дросселя с ферромагнитным магнитопроводом (рисунок 4.5, в), магнитного усилителя с двумя рабочими и общей управляющей обмоткой (рисунок 4.5, г).



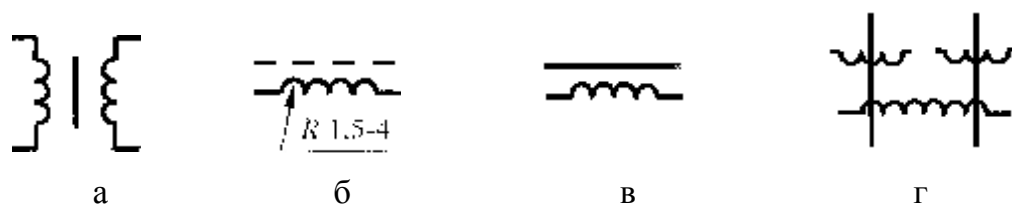


Рисунок 4.5

**4.3.2** Коммутационные устройства и контактные соединения по ГОСТ 2.755–87 имеют общее обозначение контактов: замыкающего (рисунок 4.6, а), размыкающего (рисунок 4.6, б) и переключающего (рисунок 4.6, в). Обозначение контактов коммутационного устройства конкретного типа сопровождается показом соответствующего квалифицирующего символа. Например, замыкающий контакт выключателя изображается согласно рисунку 4.6, д а его размыкающий контакт — согласно рисунку 4.6, е .

В зависимости от вида выключателя на его контакте указывают вид воздействия, например, выключатель ручной без самовозврата (рисунок 4.6, ж), электромагнитный (реле) (рисунок 4.6, з).

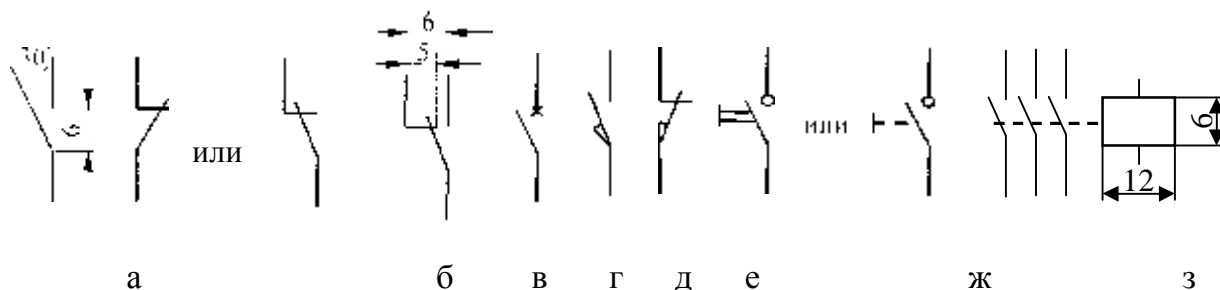


Рисунок 4.6

**4.3.3** Контактные соединения бывают: неразборные (рисунок 4.7, а), разборные (рисунок 4.7, б), разъёмные (рисунок 4.7, в), в которых различают штырь (рисунок 4.7, г) и гнездо (рисунок 4.7, д), скользящие по линейной (рисунок 4.7, е) и по кольцевой (рисунок 4.7, ж) токопроводящей поверхности. Колодка зажимов изображаются по рисунку 4.7, з.

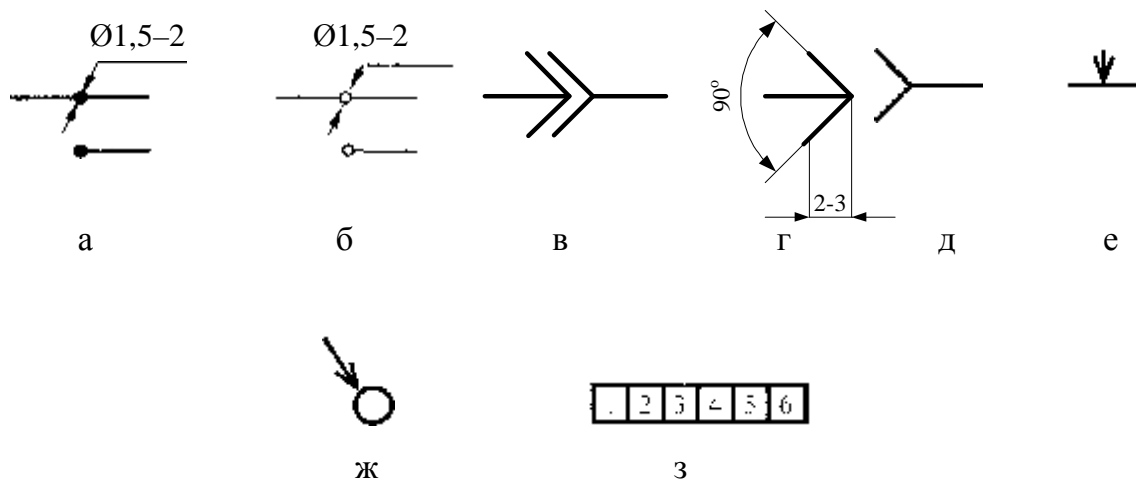


Рисунок 4.7

**4.3.4** Плавкий предохранитель изображается по ГОСТ 2.727–68 (рисунок 4.9, а).

**4.3.5** Постоянный резистор по ГОСТ 2.728–74 изображается без отводов и с отводами (рисунки 4.9, б и в). В переменном резисторе подвижный контакт обозначается стрелкой (рисунок 4.9, г). Подстроечные резисторы в реостатном включении изображаются по рисунку 4.9, д, а переменные с подстройкой по рисунку 4.9, е.

**4.3.6** Конденсаторы по ГОСТ 2.728–44 изображаются с постоянной (рисунок 4.10, а) и переменной (рисунок 4.10, б) ёмкостью. Полярные электрические конденсаторы изображаются в виде, показанном на рисунке 4.10, в, а неполярные – на рисунке 4.10, г.

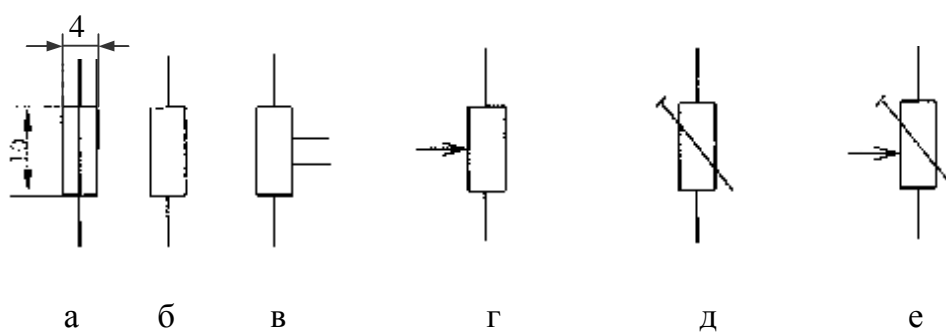


Рисунок 4.9

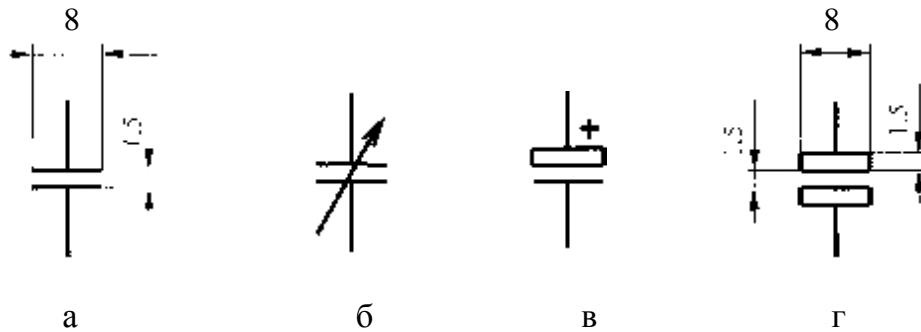


Рисунок 4.10

**4.3.6** Полупроводниковые приборы изображаются по ГОСТ 2.730–73 (рисунки 4.11 и 4.12). На рис. 4.11 условными графическими обозначениями показаны: а – диод; б – стабилитрон; в – тиристор триодный, запираемый в обратном направлении с управлением по аноду; г – тиристор триодный, запираемый в обратном направлении с управлением по катоду; д – транзистор с переходами типа PNP; е – транзистор с переходами типа NPN; ж – полевой транзистор с каналом N-типа.

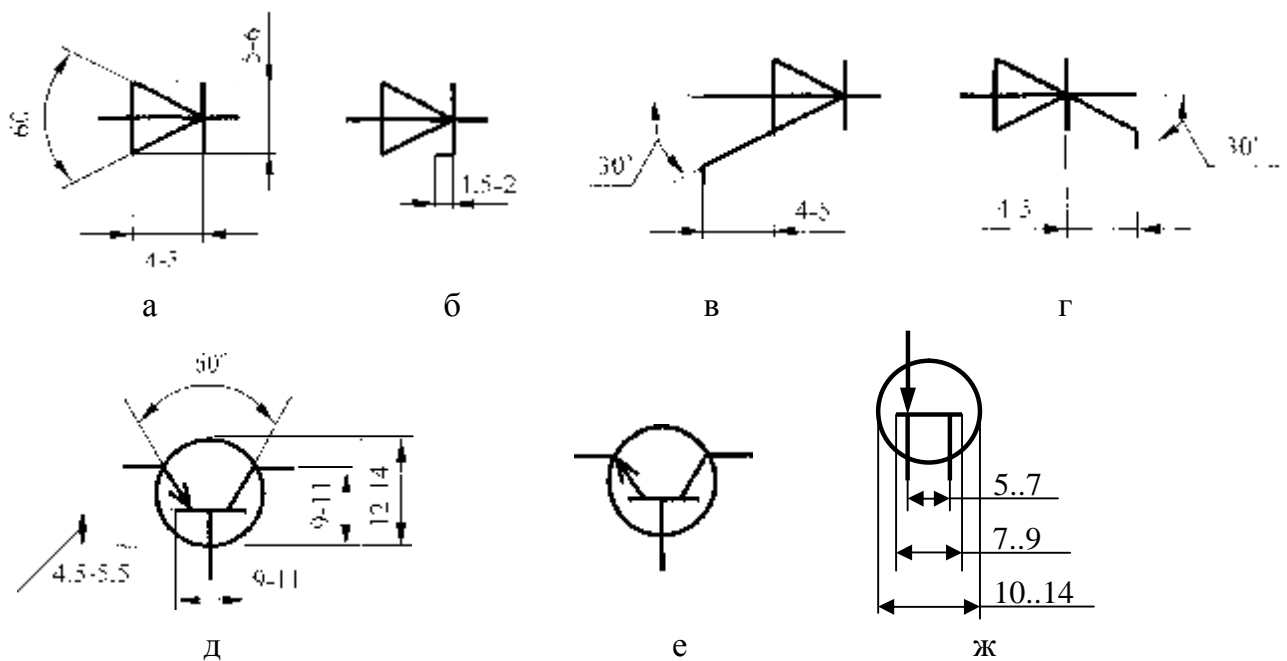


Рисунок 4.11

На рисунке 4.12 изображены полупроводниковые приборы с фотоэлектрическим эффектом: а – фоторезистор; б – фотодиод; в – диодный фототиристор; г – фототранзистор типа NPN; д – диодная оптопара; е – диодно-тиристорная оптопара; ж – светодиод.

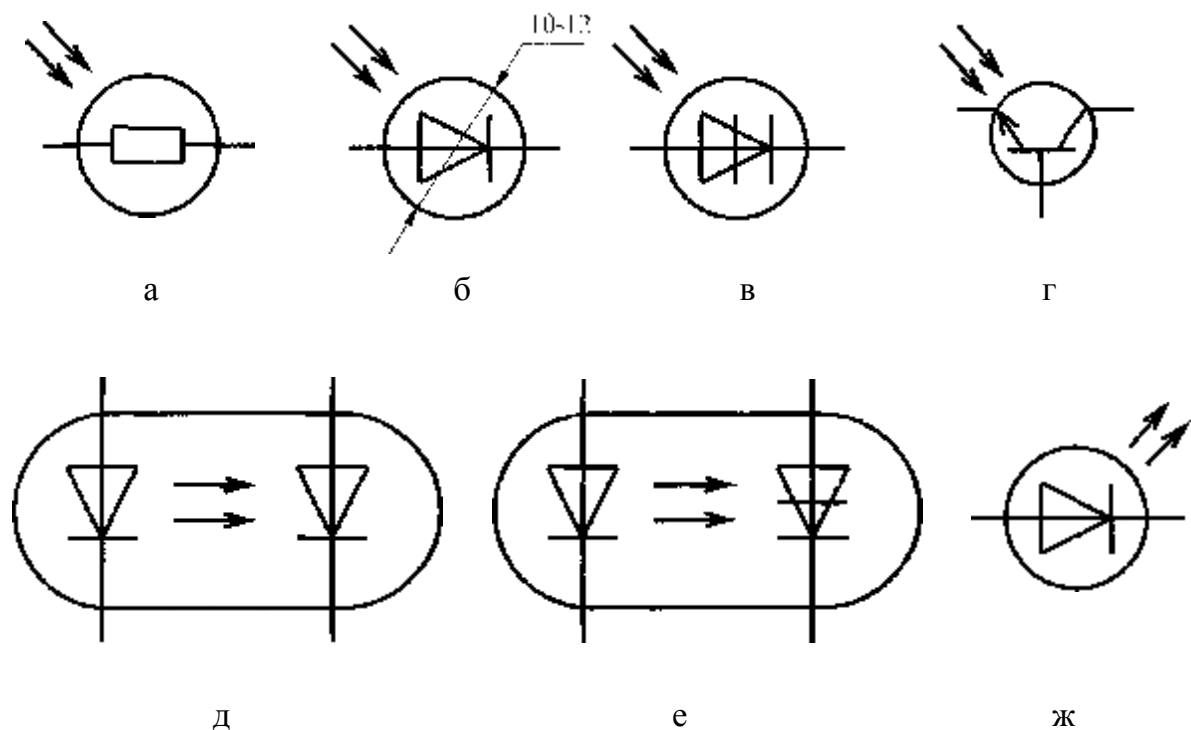


Рисунок 4.12

**4.3.7** Источники питания электрические обозначаются по ГОСТ 2.742.68 (рисунок 4.13, а)

**4.3.8** Устройства индикационные и сигнальные лампы и звонок изображаются по ГОСТ 2.732–68 (рисунок 4.13, б, в).

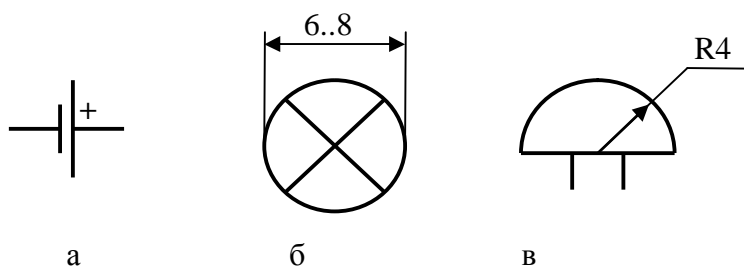


Рисунок 4.13

#### 4.4 Элементы цифровой техники (ГОСТ 2.743–82)

**4.4.1** Настоящий стандарт устанавливает общие правила построения условных графических обозначений (УГО) элементов цифровой техники в схемах, выполняемых вручную или с помощью печатающих и графических устройств вывода ЭВМ во всех отраслях промышленности.

**4.4.2** Элемент цифровой техники (далее – элемент) – цифровая или микропроцессорная микросхема, ее элемент или компонент; цифровая микросборка, ее элемент или компонент. Определения цифровой и микропроцессорной микросхем, их элементов и компонентов — по ГОСТ 17021, определения цифровой микросборки, ее элемента или компонента — по ГОСТ 26975.

К элементам цифровой техники условно относят элементы, не предназначенные для преобразования и обработки сигналов, изменяющихся по закону дискретной функции, но применяемые в логических цепях, например конденсатор, генератор и т. п.

**4.4.3** УГО элементов цифровой техники строят на основе прямоугольника. В самом общем виде УГО может содержать основное и два дополнительных поля, расположенных по обе стороны от основного (рисунок 4.14). Размер прямоугольника по ширине зависит от наличия дополнительных полей и числа помещенных в них знаков (меток, обозначения функции элемента), по высоте – от числа выводов, интервалов между ними и числа строк информации в основном и дополнительных полях. Согласно стандарту ширина основного поля должна быть не менее 10, дополнительных не менее 5 мм (при большом числе знаков в метках и обозначении функции элемента эти размеры соответственно увеличивают), расстояние между выводами – 5 мм, между выводом и горизонтальной стороной обозначения (или границей зоны) – не менее 2,5 мм и кратно этой величине. При разделении групп выводов интервалом величина последнего должна быть не менее 10 и кратна 5 мм.

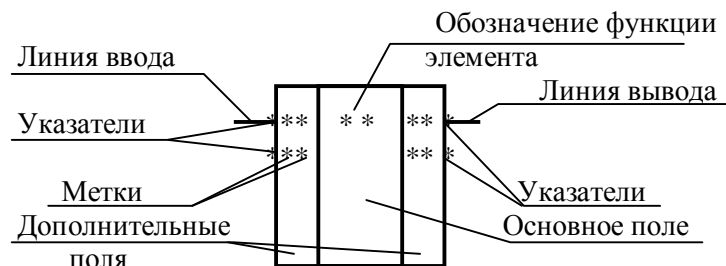


Рисунок 4.14

**4.4.4** Выводы элементов цифровой техники делятся на входы, выходы, двунаправленные выходы и выходы, не несущие информации. Входы изображают слева, выходы – справа (рисунок 4.15), остальные выходы – с любой стороны УГО. При необходимости разрешается поворачивать обозначения на угол 90° по часовой стрелке, т.е. располагать входы сверху, а выходы – снизу (рисунок 4.15).

**4.4.5** Функциональное назначение элемента цифровой техники указывают в верхней части основного поля УГО (см. рисунок 4.14). Его составляют из прописных букв латинского алфавита, арабских цифр и специальных знаков, записываемых без пробелов (число знаков в обозначении функции не ограничивается). Обозначения основных функций и их производных приведены в таблице 4.2. В последующих строках – соответствующую информацию по ГОСТ 2.708–81.

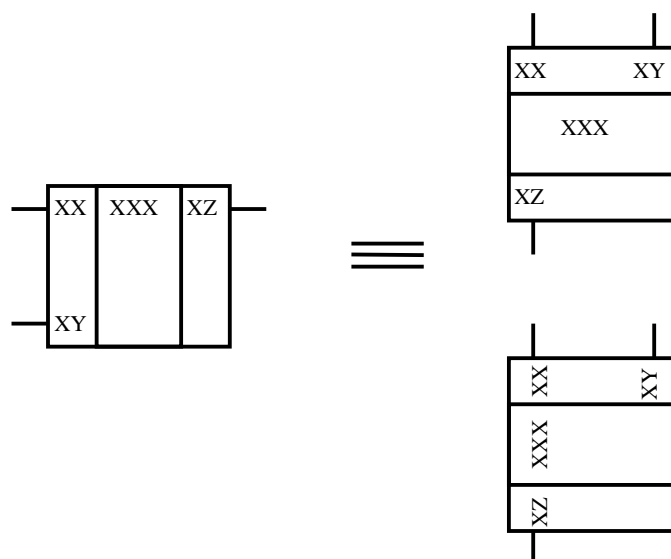


Рисунок 4.15

В дополнительных полях помещают информацию о назначениях выводов (метки выводов, указатели).

Допускается проставлять указатели на линиях выводов на контуре УГО.

**4.4.6** Все надписи выполняют основным шрифтом по ГОСТ 2.304–81.




Таблица 4.2 – Обозначения основных функций элементов цифровой техники

Наименование	Обозначение
1 Буфер	BUF
2 Вычислитель:	CP
секция вычислителя	CPS
вычислительное устройство	CPU
3 Вычитатель	P–Q или SUB
4 Делитель	DIV
5 Демодулятор	DM
6 Демультимплексор	DX
7 Дешифратор	DC
8 Дискриминатор	DIC
9 Дисплей	DPY
10 Интерфейс периферийный программируемый	PPI
11 Инвертор, повторитель	1
12 Компаратор	COMP
13 Микропроцессор	MPU
14 Модулятор	MD
15 Модификатор	MOD
16 Память	M
17 Главная память	MM
18 Основная память	GM
19 Быстродействующая память	FM

Продолжение таблицы 4.2







Наименование	Обозначение
20 Память типа “first-in, first-out”	FIFO
21 Постоянное запоминающее устройство (ПЗУ): программируемое ПЗУ (ППЗУ) ППЗУ с возможностью многократного программирования (РЭПЗУ) репрограммируемое ППЗУ с ультрафиолетовым стиранием (РФПЗУ)	ROM PROM RPPROM UVPROM
22 Оперативное запоминающее устройство (ОЗУ) с произвольной выборкой: ОЗУ с произвольной выборкой статическое (СОЗУ) ОЗУ с произвольной выборкой динамическое (ДОЗУ) энергозависимое ОЗУ (ЭНОЗУ)	RAM SRAM DRAM NVRAM
23 Ассоциативное запоминающее устройство	CAM
24 Программируемая логическая матрица (ПЛМ)	PLM
25 Преобразователь	X/Y
<i>Примечания</i>	
1 Буквы X и Y могут быть заменены обозначениями представляемой информации на входах и выходах преобразователя, например:	
аналоговый	∩ или Λ, или A
цифровой	# или D
двоичный	BIN
десятичный	DEC
двоично–десятичный	BCD
восьмиричный	OCT
шеснадиричный	HEX
код Грея	GRAY
семисегментный	7SEG
уровень ТТЛ	TTL
уровень МОП	MOS
уровень ЭСЛ	ECL
2 Допускаются обозначения:	
цифро–аналоговый преобразователь	DAC
аналого–цифровой преобразователь	ADC
26 Приёмо–передатчик шинный	RTX
27 Процессор	P
Секция процессора	PS
28 Регистр	RG
Сдвиговый регистр n–разрядный	SRGn
29 Сумматор	S или SM

Продолжение таблицы 4.2

Наименование	Обозначение
30 Счётчик: счётчик n–разрядный счётчик по модулю n 31 Триггер Двухступенчатый триггер	CTR CTR <sub>n</sub> CTRDIV <sub>n</sub> T TT
<p><i>Примечание</i> – Допускается не указывать обозначение функции при выполнении УГО триггеров</p>	
32 Умножитель 33 Усилитель 34 Устройство 35 Устройство арифметическо–логическое 36 Устройство приоритета кодирующее 37 Коммутирующее устройство, электронный ключ 38 Шина 39 Шифратор 40 Элемент задержки 41 Элемент логический: “большинство” “исключающее ИЛИ” “логическое И”	p или MPL > или w DEV ALU HPRI SW BUS или B CD DEL или  Ó n или > = n Ó n/2 EXOR или =1 &
<p><i>Примечание</i> – При выполнении УГО с помощью устройства вывода ЭВМ допускается обозначение функции “логическое И”</p>	
“логическое ИЛИ” “n и только n” “нечётность” “чётность” 42 Элемент монтажной логики “монтажное ИЛИ” “монтажное И”	Ó 1 или 1 =n 2k+1 или 2K+1 2k или 2K 1 , или 1 □ & , или & □
43 Элемент моностабильный, одновибратор: с перезапуском без перезапуска	 
44 Элемент нелогический: стабилизатор, общее обозначение стабилизатор напряжения стабилизатор тока	* *ST *STU *STI
45 Наборы нелогических элементов:	



Продолжение таблицы 4.2

Наименование	Обозначение
резисторов	*R
конденсаторов	*C
индуктивностей	*L
диодов	*D
диодов с указанием полярности	*D" или *D>, *D! или *D<
транзисторов	*T
трансформаторов	*TR
индикаторов	по ГОСТ 2.764
предохранителей	*FU
комбинированных, например, диодно–резисторных	*DR
46 Элемент нестабильный, генератор:	
общее назначение	
<i>Примечание</i> – Если форма сигнала очевидна, допускается обозначение “G” без	
	
с синхронизацией пуска	
с синхронизацией остановки по окончанию импульса	
с синхронизацией пуска и остановки	
генератор серии из прямоугольных импульсов	Gn
генератор с непрерывной последовательностью импульсов	GN
генератор линейно–изменяющихся сигналов	G/
генератор синусоидального сигнала	GSIN
47 Элемент пороговый, гистерезисный	 или TH

**4.4.7** Знак «\*» проставляют перед обозначением функции элемента, если все его выводы являются нелогическими.

**4.4.8** Допускается справа к обозначению функции добавлять технические характеристики элемента, например:

резистор сопротивлением 47 Ом — \*R 47.

Задержку элемента указывают, как показано на рисунке 4.16.

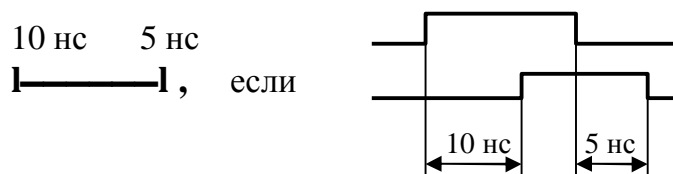
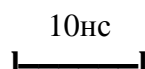


Рисунок 4.16

Если эти две задержки равны то указывают только одно значение:



Задержку, выраженную в секундах или в единицах, основанных на количестве слов или битов, можно указывать как внутри контура УГО элемента задержки, так и вне его.

Допускается указывать значение задержки десятичным числом:

$\text{I} \text{---} \text{I}3$  или DEL3, при этом значение единицы задержки должно быть оговорено на поле схемы или в технических требованиях.

**4.4.9** В УГО элемента допускается опускать пробел между числовым значением и единицей измерения, например: RAM16K, 10 нс, +5В.

**4.4.10** При необходимости указать сложную функцию элемента допускается составное (комбинированное) обозначение функции.

Например, если элемент выполняет несколько функций, то обозначение его сложной функции образовано из нескольких более простых обозначений функций, при этом их последовательность определяется последовательностью функций, выполняемых элементом:




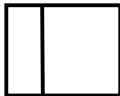
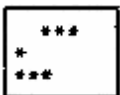
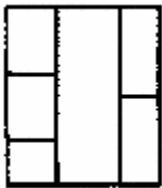
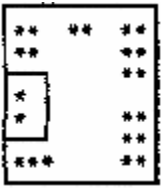
четырехразрядный счетчик с дешифратором на выходе CTR4DC;

преобразователь/усилитель двоично–десятичного кода в семисегментный код BCD/7SEG>.

**4.4.11** УГО может состоять только из основного поля (таблица 4.3, п.1) или из основного поля и одного дополнительного, которое располагают справа (таблица 4.3, п.2) или слева (таблица 4.3, п.3) от основного, а также из основного поля и двух дополнительных (таблица 4.3, п.4).

Допускается дополнительные поля разделять на зоны, которые отделяют горизонтальной чертой. Основное и дополнительные поля могут быть не отделены линией. При этом расстояние между буквенными, цифровыми или буквенно–цифровыми обозначениями, помещенными в основное и дополнительные поля, определяется однозначностью понимания каждого обозначения, а для обозначений, помещенных на одной строке, должно быть не менее двух букв (цифр, знаков), которыми выполнены эти обозначения.

Таблица 4.3 – обозначения УГО элементов цифровой техники

Наименование	Обозначение
1 УГО, содержащее только основное поле	
2 УГО, содержащее основное поле и одно (правое) дополнительное поле	 или 
3 УГО, содержащее основное поле и одно (левое) дополнительное поле	 или 
4 УГО, содержащее основное поле и два дополнительных, разделённых на зоны. Количество зон не ограничено.	 или 
<i>Примечание</i> – Знаками «*» обозначены функции и метки выводов элементов	

**4.4.12** Метка вывода образуют из прописных букв латинского алфавита, арабских цифр и (или) специальных знаков, записанных в одной строке без пробелов.

Количество знаков в метке не ограничивается, но по возможности должно быть минимально при сохранении однозначности понимания каждого обозначения.

Обозначения основных меток выводов элементов приведены в таблице 4.4.








Таблица 4.4 – обозначение основных меток выводов элементов

Наименование	Обозначение
Адрес	ADR или A
2 Байт	BY
3 Бит:	
младший	LSB
старший	MSB
4 Блокировка	
запрет	INH
захват	H
5 Блокировка сигнала неисправности	ALI
6 Ввод (информации)	I
7 Вектор	VEC
8 Ветвление	BR
9 Восстановление	REC

Продолжение таблицы 4.4

Наименование	Обозначение
10 Вход двухпороговый, вход гистерезисный	□ или TH
11 Вход запроса ассоциативного запоминающего устройства	?
12 Вход обратного счёта (вход уменьшения)	-n или DOWN
13 Вход операнда, над которым выполняется одна или несколько математических операций	Pn
<i>Примечания:</i>	
1 Параметр n заменяется десятичным эквивалентом этого бита. Если значения всех входов Pn есть степени с основанием 2, n может быть заменён двоичным порядком.	
2 В случае наличия второго операнда предпочтительно обозначением его является "Q".	
14 Вход прямого счёта (вход увеличения)	+n или UP
<i>Примечание к пп. 12 –</i> Параметр n следует заменить значением, на которое увеличивается или уменьшается содержимое счётчика	
15 Вход, вызывающий изменение состояния на выходе элемента в дополнительное, каждый раз, когда он принимает состояние LOG1	T
16 Входы цифрового компаратора: больше меньше равно	> < =
17 Выбор (селекция)	SEL или SE
18 Выбор адреса: столбца строки	CAS RAS
19 Выбор кристалла, доступ к памяти	CS
20 Вывод (информации)	0
21 Вывод двунаправленный	< > или 1
22 Вывод свободный (не имеющий ни одного внутреннего соединения в элементе) 23 Вывод фиксированного режима (состояния)	NC

Продолжение таблицы 4.4

Наименование	Обозначение
24 Выход, изменения состояния которого задерживается до тех пор, пока вызывающий это изменение сигнал не возвратится в исходный уровень	“1” 
25 Выход открытый (например выход с открытым коллектором, с открытым эмиттером)	— или $\cdot$ , или $\alpha$
26 Выход открытый Н-типа (например открытый коллектор р-п-р транзистора, открытый эмиттер п-р-п транзистора, открытый сток Р канала, открытый исток N канала)	 или  или $\alpha >$
27 Выход открытый L-типа (например открытый коллектор п-р-п транзистора, открытый эмиттер р-п-р транзистора, открытый исток Р канала, открытый сток N канала)	 или  или $\alpha <$
28 Выход с тремя состояниями <i>Примечание</i> – При выполнении конструкторской документации с помощью устройств вывода ЭВМ допускается обозначение	S
29 Выход сравнения ассоциативного запоминающего устройства	Z
30 Выход цифрового компаратора: больше меньше равно	I
<i>Примечание.</i> Знак “*” должен быть заменён обозначениями операндов (п. 13)	* > * или * > * < * или * < * = * или * =
31 Генерирование	
32 Готовность	
33 Группа выводов, объединённых внутри элемента: входов	GEN RDY 
выходов	
34 Группирование битов многобитового входа или выхода	$\dot{i} n$ $n \ddot{u}$ $\acute{i} \dots$ или $\dots \acute{y}$ $\hat{i} m$ $m \hat{p}$



Продолжение таблицы 4.4

Наименование	Обозначение
52 Конец	END
53 Коррекция	CORR
54 «Логический 0»	LOGO или LOG0
55 «Логическая 1»	LOG1
56 Маска, маскирование	MK
57 Маркер	MR
58 Мультиплексирование	MPX
59 Нечётность	ODD
60 Ожидание	WAIT или WT
61 Операция	OP
62 Останов	STOP
63 Ответ	AN
64 Отказ	REJ
65 Очистка	CLR
66 Ошибка	ERR или ER
Слово ошибки	EW
67 Передача	TX
68 Перенос	
вход, принимающий перенос	CI
выход, распространяющий перенос	CO
образование переноса	CG
распространение переноса	CP
69 Переполнение	OF
70 Подтверждение приёма	ACK
71 Позиция	PO
72 Прерывание:	INT
подтверждение прерывания	INTA
программируемое прерывание	PCI
73 Приём	RX
74 Приоритет	PRI или PR
75 Продолжение	GOON
76 Пуск, начало	START или ST
77 Работа	RUN
78 Разрешение	EN
79 Разрешение прохождения импульсов, работы цепи	CE EN или Es
80 Разрешение третьего состояния	
<i>Примечание</i> – При выполнении УГО с помощью устройств вывода ЭВМ допускается обозначение.	EZ
81 Режим	M или MO
82 Результат нулевой	RZ SR

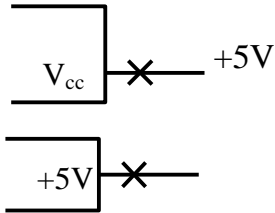
Продолжение таблицы 4.4

Наименование	Обозначение
<p>83 Сброс общий обнуление</p> <p>84 Сдвиг: слева направо и сверху вниз (от младшего разряда к старшему) справа налево или снизу вверх (от старшего разряда к младшему)</p> <p><i>Примечание</i> – Параметр n следует заменить действительным значением позиций, на который происходит сдвиг. При n=1 это значение может быть опущено.</p> <p>влево или вправо</p> <p>85 Синхронизация</p> <p>86 Состояние</p> <p>87 Средний</p> <p>88 Строб (сигнал выборки)</p> <p>89 Счёт: вход, задающий содержимое элемента выход, указывающий содержимое элемента</p> <p><i>Примечание</i> – Знак «*» следует заменить на значение содержимого элемента</p> <p>90 Считывание (чтение)</p> <p>91 Такт</p> <p>92 Управление</p> <p>93 Условие</p> <p>94 Установка в «1»</p> <p>95 Установка JK–триггера: в состояние LOG1 (J–вход) в состояние LOG0 (K–вход)</p> <p>96 Функция</p> <p>97 Чётность</p>	<p>RES или R SH</p> <p>" n или &gt;n, или SHRn</p> <p>n! или n&lt;, или SHLn</p> <p>" /! или &lt;/&gt;</p> <p>SYNK или SYN</p> <p>SA</p> <p>ML</p> <p>STR или ST</p> <p>CT</p> <p>CT=*  CT*</p> <p>RD</p> <p>CL или S</p> <p>C</p> <p>CC</p> <p>SET или S</p> <p>J K F</p> <p>EVEN</p>

**4.4.13** Обозначение основных меток, указывающих функциональное назначение выводов, не несущих логической информации, приведено в таблице 4.5



Таблица 4.5 – Обозначение основных меток, не несущих логической информации.

Наименование	Обозначение
<p>1 Вывод питания от источника напряжения</p> <p><i>Примечания</i></p> <p>1 При выполнении УГО с помощью устройств вывода ЭВМ допускается обозначение.</p> <p>2 Допускается обозначение.</p> <p>3 Номинал напряжения питания проставляется рядом с УГО над линией вывода или рядом с ней, например допускается проставлять номинал напряжения внутри УГО вместо метки вывода, например</p> <p>4 Перед меткой вывода допускается проставлять поясняющую информацию, например:  порядковый номер;  указатель питания цифровой части элемента;  указатель питания аналоговой части элемента;</p>	<p><math>V_{CC}</math></p> <p>VCC</p> <p>U</p>  <p><math>2V_{CL}</math></p> <p><math>\#V_{CC}</math></p> <p><b>I</b> <math>V_{CC}</math></p>
<p>2 Общий вывод, земля, корпус</p> <p><i>Примечания</i></p> <p>1 Допускается обозначение</p> <p>2 Перед меткой вывода допускается проставлять, указатель общего вывода цифровой части и указатель общего вывода аналоговой части</p>	<p>GND</p> <p>OB</p> <p><math>\#0V</math></p> <p><b>I</b> <math>0V</math></p>
<p>3 Ток</p> <p><i>Примечания</i></p> <p>1 Вместо обозначения “I” можно проставлять его значение, например</p> <p>2 Перед меткой вывода допускается проставлять порядковый номер, например</p>	<p>4–20 mA</p> <p>I</p> <p>2I</p>
4 Вывод для подключения конденсатора	CX
5 Вывод для подключения резистора	RX
6 Вывод для подключения индуктивности	LX
7 Вывод для подключения кварцевого резистора	BQ
	S

Продолжение таблицы 4.5

Наименование	Обозначение
8 Выводы полевого транзистора	
исток	D
сток	G
затвор	
9 Выводы n–p–n и p–n–p транзистора:	
коллектор	K
база	B
эмиттер	E
эмиттер n–p–n транзистора	E " или E >
эмиттер p–n–p транзистора	E ! или E <

**4.4.14** При необходимости указать сложную функцию выводов допускается построение составной метки, образованной из основных меток, при этом рекомендуется соблюдать обратный порядок присоединения меток, например:

адрес считывания RDA;  
байт данных DBY;  
выбор байта BYSEL.

Для обозначения метки вывода, имеющей поочерёдно две функции, эти функции указываются через наклонную черту, например:

ввод–вывод I/O;  
запись/чтение WR/RD;  
управление/данные C/D.

**Примечания:**

1 Порядок следования меток определяет логический уровень разрешающего сигнала: первая функция осуществляется при LOG1, вторая – при LOG0.





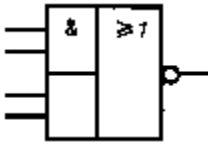
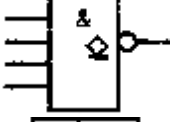
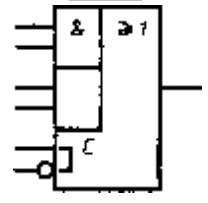
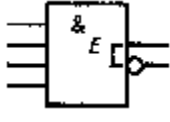
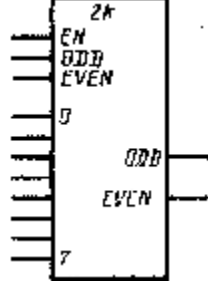
2 Порядок следования меток выводов, не несущих логическую информацию, произвольный.

3 При выполнении УГО элемента, имеющего два порта приёма и передачи информации: А и В, метка вывода А/В означает разрешение приёма информации портом А и передачи информации портом В при логическом уровне сигнала на данном выводе, равном LOG1.

**4.4.15** Примеры УГО элементов.

**4.4.15.1** Примеры УГО логических элементов приведены в таблице 4.6.

Таблица 4.6 – УГО логических элементов

Наименование	Обозначения
1 Элемент “НЕТ”	
2 Элемент 3И–НЕ	
3 Элемент 2И–НЕ с открытым коллекторным выходом и повышенной нагрузочной способностью	
4 Элемент 3ИЛИ–НЕТ	
5 Комбинированный элемент 2И–ИЛИ с инвертированным выходом	
6 Элемент 4И–НЕТ с открытым коллектором на выходе	
7 Элемент 2И–ИЛИ с инвертированным выходом и расширительным входом	
8 Расширитель	
9 Элемент проверки чётности или нечётности	

4.4.15.2 Примеры УГО приёмопередающих элементов приведены в таблице 4.7.

Таблица 4.7 – УГО приёмопередающих элементов

Наименование	Обозначения
1 Четыре шинных усилителя с двухпороговым входом на три состояния с общим входом разрешения третьего состояния	
2 Двухнаправленный шинный приёмопередатчик восьмиканальный	
3 Шестиканальный буферный элемент с тремя состояниями на выходе с сигналом разрешения по выходу	

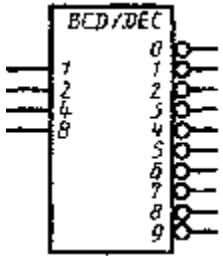
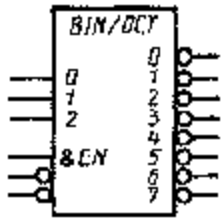
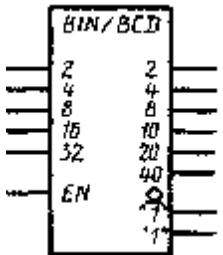
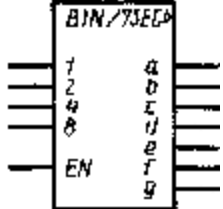
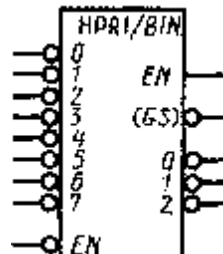
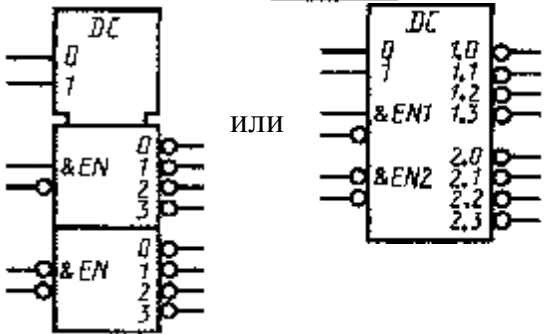
**4.4.15.3** Примеры УГО гистерезисных элементов приведены в таблице 4.8

Таблица 4.8 – УГО гистерезисных элементов

Наименование	Обозначение
1 Инвертирующий усилитель с порогом Шмита	
2 Триггер Шмита с логическим элементом 4И на входе	

**4.4.15.4** Примеры УГО преобразователей (дешифраторов) и кодирующих устройств (шифраторов) приведены в таблице 4.9.

Таблица 4.9 – УГО шифраторов и дешифраторов

Наименование	Обозначение
<p>1 Преобразователь двоично–десятичного кода в десятичный код</p>	
<p>2 Преобразователь с трёх линий на восемь</p>	
<p>3 Преобразователь двоичного кода в двоично–десятичный</p>	
<p>4 Преобразователь–усилитель двоичного кода в семисегментный <i>Примечание.</i> Допускается заменить строчные буквы прописными: А, В, С, В, Е, F, G</p>	
<p>5 Кодирование устройства приоритета (приоритетный шифратор) с 8 линий на 3 линии (GS– “групповой сигнал”)</p>	
<p>6 Два дешифратора, принимающих двух–разрядный код <i>Примечание</i> – Допускается обозначение дешифраторов А и В, которые изображаются в качестве групповой метки выходов соответствующего дешифратора</p>	

Продолжение таблицы 4.9

Наименование	Обозначение
7 Преобразователь уровней ТТЛ в уровни МОП	
8 Преобразователь уровней ЭСЛ в уровни ТТЛ	
<p><i>Примечание</i> к пп. 7 и 8 – Обозначение функции преобразователя сигналов */* может быть заменено обозначением *//*, если необходимо указать наличие гальванической связи между его входами и выходами</p>	

**4.4.15.5** Примеры УГО мультиплексов и демультиплексов, а также коммутаторов цифровых и аналоговых сигналов приведены в таблице 4.10

Таблица 4.10 – УГО мультиплексов, демультиплексов и коммутаторов

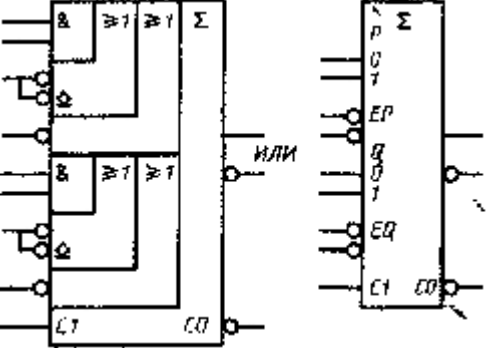
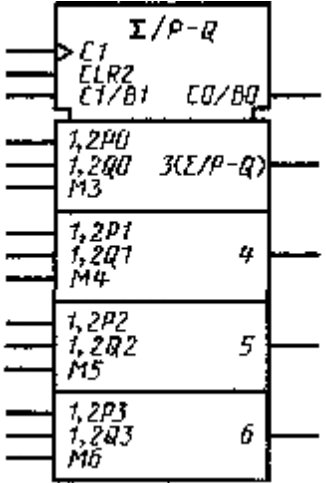
Наименование	Обозначение
1 Мультиплексор на 8 входов со стробированием <i>Примечание</i> – Вход стробирования EN допускается обозначать STR	
2 Демультиплексор на 8 линий	
3 Мультиплексор четырёхканальный по два входа каждый	

Продолжение таблицы 4.10

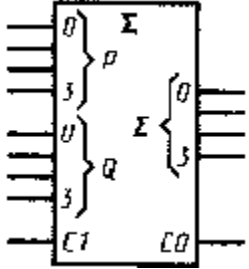
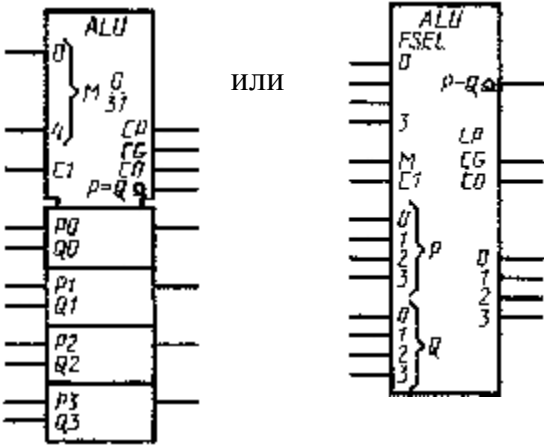
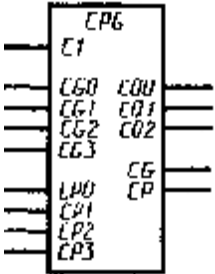
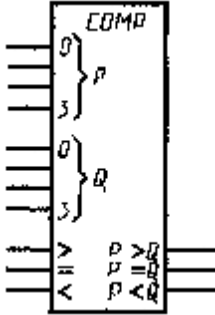
Наименование	Обозначение
<p>4 Мультиплексор двухканальный по 4 входа каждый</p> <p><i>Примечание</i> к пп. 3, 4 – При обозначении каналов мультиплексора не порядковыми номерами (1, 2 и т.д.), а буквами (А, В и т.д.) для устранения неоднозначности понимания входу адреса данных присваивается метка “Выбор”: SEL или SE</p>	
<p>5 Электронный коммутатор</p>	

4.4.15.6 Примеры УГО арифметических элементов приведены в таблице 4.11

Таблица 4.11 – УГО арифметических элементов

Наименование	Обозначения
<p>1 Полный одноразрядный сумматор</p>	
<p>2 Четырёхразрядный сумматор–вычитатель</p>	

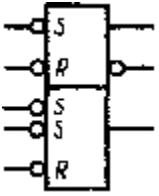
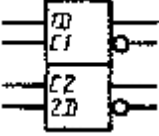
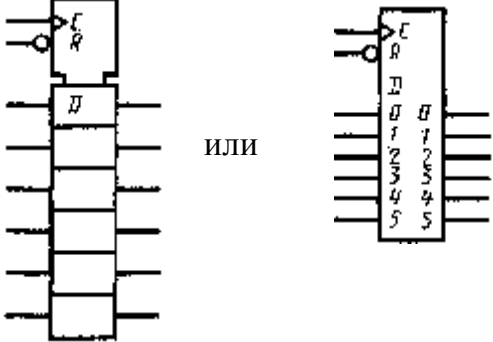

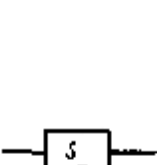
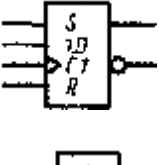
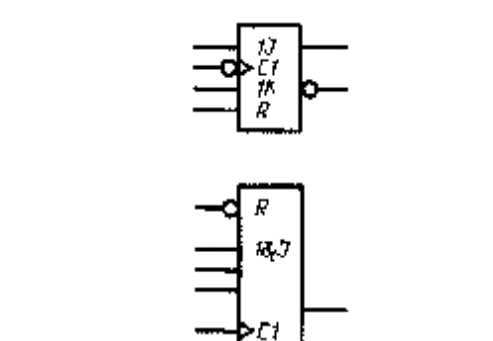
Продолжение таблицы 4.11

Наименование	Обозначения
3 Полный сумматор на 4 бита	
4 Четырёхразрядное скоростное АЛУ	
5 Генератор ускоренного переноса для АЛУ	
6 Четырёхразрядный цифровой компаратор	

4.4.15.7 Примеры УГО триггеров (бистабильных элементов) приведены в таблице 4.12.



Таблица 4.12 – УГО триггеров

Наименование	Обозначение
1 Два триггера с раздельным запуском (RS–типа), один с дополнительным входом	
2 Два триггера задержки D–типа	
3 Шесть D–триггеров с общими входами управления и сброса	
4 Триггер D–типа, запускаемый по фронту	
5 Триггер JK–типа, запускаемый по фронту	
6 Универсальный JK–триггер со структурой «мастер–помощник»	
7 Два JK–триггера с общими входами управления и сброса	

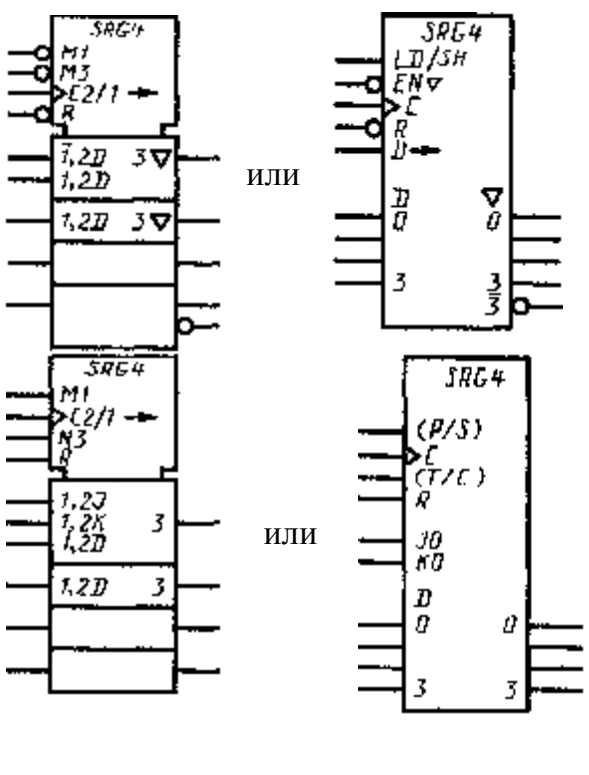
4.4.15.8 Примеры УГО моностабильных (мультивибраторов) и нестабильных элементов приведены в таблице 4.13.

Таблица 4.13 – УГО мультивибраторов и нестабильных элементов

Наименование	Обозначение
<p>1 Ждущий мультивибратор с перезапуском</p> <p>2 Два генератора, управляемых напряжением, с указанием выводов питания (LOG – питание цифровой части элемента, OSC – питание аналоговой части элемента, FC – управление частотой)</p>	

4.4.15.9 Примеры УГО регистров и счётчиков приведены в таблице 4.14.

Таблица 4.14 – УГО регистров и счётчиков

Наименование	Обозначения
<p>1 Сдвиговый 4–разрядный регистр с параллельными входами</p> <p>2 Сдвиговый 4–разрядный последовательно–параллельный регистр с прямым и дополнительным кодом на выходе (T/C – вход переключения кода на выходах: прямой или дополнительный; P/S – вход, управляющий соединением разрядов регистров последовательно или параллельно)</p>	

Продолжение таблицы 4.14

Наименование	Обозначения
<p>3 Сдвиговый 4–разрядный двунаправленный универсальный регистр</p>	
<p>4 Универсальный 8–разрядный регистр</p>	
<p>5 Сдвиговый 8–разрядный регистр с двойным последовательным входом и параллельными выходами</p>	

Наименование	Обозначения

Продолжение таблицы 4.14

Наименование	Обозначения
<p>10 4–разрядный асинхронный десятичный счётчик, состоящий из делителей на 2 и на 5 с предварительной установкой и синхронным сбросом</p>	
<p>11 Синхронный десятичный счётчик с параллельной загрузкой</p>	
<p>12 Десятичный синхронный реверсивный счётчик</p>	

**4.4.15.10** Примеры УГО запоминающих устройств (ЗУ) приведены в таблице 4.15.

Таблица 4.15 – УГО запоминающих устройств

Наименование	Обозначение
<p>1 ПЗУ на 32 слова по 8 битов</p>	

Продолжение таблицы 4.15

Наименование	Обозначение
<p>2 ОЗУ с произвольной выборкой на 16 слов по 4 бита</p> <p><i>Примечание.</i> Обозначение выводов:</p> <p>— RD/WR и — RD/WR тождественны</p>	
<p>3 ОЗУ с произвольной выборкой на 4 слова по 4 бита с отдельной адресацией при записи и при считывании</p>	
<p>4 Статическое ОЗУ на 4 слова по 4 бита</p>	

## 4.5 Элементы аналоговой техники (ГОСТ 2.754–82)

**4.5.1** К элементам аналоговой техники относят всевозможные усилители, функциональные, аналогово–цифровые и цифро–аналоговые преобразователи, электронные ключи, коммутаторы и т.д. Рядом с позиционным обозначением обычно указывают тип элемента, а возле выводов – их номера («цоколёвку»).

**4.5.2** Условные графические обозначения этой группы построены аналогично символам элементов цифровой техники: как и последние, кроме основного, они могут содержать одно или два дополнительных поля, их размеры также определяются числом выводов, числом знаков на метках и обозначении функции и т.д. Входы элементов аналоговой техники располагают слева, выходы справа (рисунок 4.17). При необходимости обозначения изображают повернутыми на 90° по часовой стрелке (входы сверху, выходы снизу). Прямые входы и выходы обозначают линиями, присоединяемыми к контуру обозначения без каких–либо знаков, инверсные – с кружочком в месте присоединения.

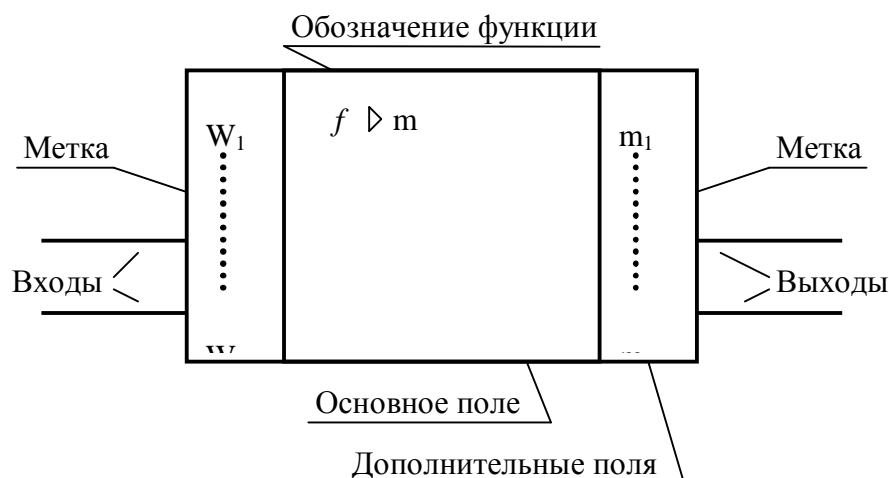


Рисунок 4.17

Выводы элементов могут быть обозначены указателями и метками. указатели изображают на линии контура или около линии контура УГО на линии связи. Метки знаков помещают в дополнительных полях (таблица 4.16).

Таблица 4.16 – Основные метки выводов

Наименование	Обозначение
1 Начальное значение интегрирования	I
2 Установка начального значения	S
3 Установка в состояние “0”	R
4 Установка в исходное состояние (сброс)	SR
5 Поддерживание текущей величины сигнала	H



Продолжение таблицы 4.16

Наименование	Обозначение
6 Строб, такт	C
7 Пуск	ST
8 Балансировка (коррекция "0")	NC
9 Коррекция частотная	FC
10 Питание от источника напряжения	U
Допускается: Перед буквой U проставлять номинал напряжения, при этом вместо буквы U использовать букву V, после буквы U проставлять поясняющую информацию, например: указатель питания цифровой части элемента	U#
указатель питания аналоговой части элемента	$U \cap$ или $U \wedge$
признак информационного питания	UD
11 Общий вывод (общее обозначение)	OV
для аналоговой части элемента	$OV \cap$ или $OV \wedge$
для цифровой части элемента	OV#

**4.5.3** На линиях связи или в их разрыве допускается указывать обозначение и характеристику сигнала.








**4.5.4** Обозначение основных функций, выполняемых аналоговыми элементами, приведено в таблице 4.17.

Таблица 4.17 – Обозначения функций выполняемых элементами аналоговой техники

Наименование	Обозначение
1 Общее обозначение функции	$F(X_1, X_2, \dots, X_n)$ или $f(x_1, x_2, \dots, x_n)$
2 Выбор максимальной переменной	MAX или max
3 Выбор минимальной переменной	MIN или min
4 Генерирование	G
5 Детектирование	DK
6 Деление	$X : Y$ или $x : y$
7 Деление частоты	:FR или :fr
8 Дифференцирование	$D/DT$ или $d/dt$
9 Зона нечувствительности	
10 Извлечение корня	$X\#0.5$ или $X \wedge 0.5$ или $\sqrt{x}$
11 Интегрирование	INT или $\int$
12 Насыщение	



Продолжение таблицы 4.17

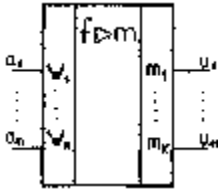
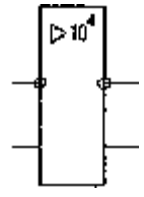
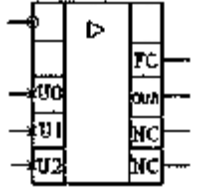
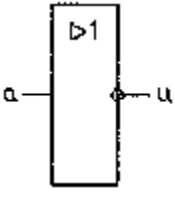
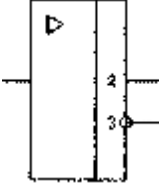
Наименование	Обозначение
13 Логарифмирование	LOG или log
14 Образования модуля	$ X $ или $ x $
15 Переключение, коммутирование (ключ, коммутатор):	SW
замыкание	SWM или 
размыкание	SWB или 
переключение	SWT или 
16 Показательная функция	$X\#Y$ или $X \wedge Y$ или $x^y$
17 Пороговый элемент	TH или  или 
18 Преобразование <i>Примечание</i> – Буквы X и Y могут быть заменены обозначениями представляемой информации, например, напряжением, частотой, длительностью импульсов и т.д.	X/Y или x/y
19 Сравнение (компаратор, схемы сравнения)	= =
20 Суммирование	SM или $\sum$
21 Тригонометрические функции, например, синус	SIN или sin
22 Умножение	XY или xy
23 Умножение–деление	XY:Z или xy:z
24 Экспонента	EXP или exp
25 Блок постоянного запаздывания	DL или 
26 Блок переменного запаздывания	DVL или 
27 Воспроизведение коэффициентов	K
28 Многофункциональное преобразование	MF
29 Фильтрация	FF
30 Формирование	F
31 Усиление	> или w
32 Преобразование цифро–аналоговое	#/ $\wedge$
33 Преобразование аналого–цифровое	$\wedge$ /#
34 Запоминание аналоговой величины (элемент слежения и хранения)	$M \cap$ или $M \wedge$

**4.5.5** Для обозначения функций аналоговых элементов могут быть использованы обозначения функций элементов по ГОСТ 2.743–91. Например, наборы нелогических элементов обозначают:

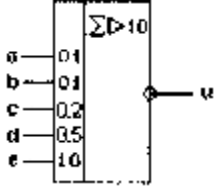
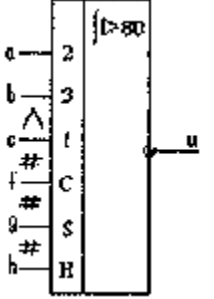
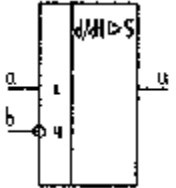
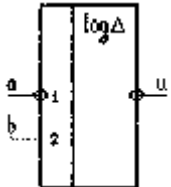
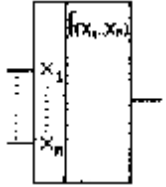
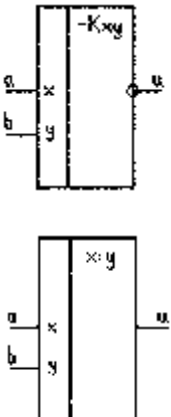
резисторов \*R,  
конденсаторов \*C и др.

#### 4.5.6 УГО аналоговых элементов приведены в таблице 4.18

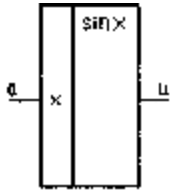

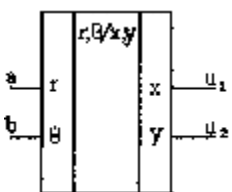
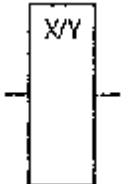

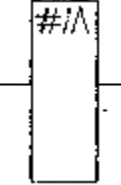
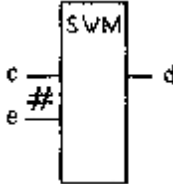
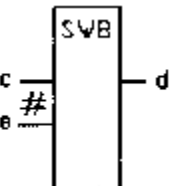
Таблица 4.18 – Примеры обозначения аналоговых элементов

Наименование	Обозначение
<p><b>1 Усилитель:</b>                      Общее обозначение.  <math>W_1</math> до <math>W_n</math> – весовые коэффициенты  <math>m_1</math> – до <math>m_k</math> – коэффициенты усиления.                      Коэффициент усиления записывают в УГО устройства напротив линии каждого выхода, за исключением цифрового. При наличии одного коэффициента для всего устройства знак <math>m</math> может быть заменён абсолютной величиной. Если <math>m=1</math>, то цифра 1 может быть опущена  <math display="block">u_i = m m_1 \cdot f(W_1 \cdot a_1, W_2 \cdot a_2 \dots W_n \cdot a_n), \text{ где } i=1,2,\dots,k;</math>  <math>mW_i</math> – коэффициент передачи по <math>i</math> входу.</p>	
<p>1.1 Усилитель с коэффициентом усиления 10000 и двумя выходами</p>	
<p>1.2 Усилитель операционный</p>	
<p><i>Примечание</i> – Если коэффициент усиления достаточно высок, а знание его точной величины не имеет значения, то допускается его не проставлять, либо проставить знак <math>\infty</math> или букву М, например, <math>wM</math></p>	
<p>1.3 Усилитель инвертирующий (инвертор) с коэффициентом усиления 1: <math>u=-1a</math></p>	
<p>1.3 Усилитель с двумя выходами, верхний – неинвертирующий с усилением 2, нижний – инвертирующий с усилением 3</p>	

Продолжение таблицы 4.18

Наименование	Обозначение
<p>1.4 Усилитель суммирующий</p> $u = -10(0.1a + 0.1b + 0.2c + 0.5d + 1.0e) =$ $= -(a + b + 2c + 5d + 10e)$	
<p>1.5 Усилитель интегрирующий (интегратор)</p> <p>Если <math>f=1, g=0, h=0</math>, то</p> $u = -80 \left[ c_{t=0} + \int_0^t (2a + 3b) dt \right]$ <p><i>Примечание</i> – Идентификаторы сигналов ( <math>\wedge</math> или #) могут быть опущены, если это не приведёт к непониманию</p>	
<p>1.6 Усилитель дифференцирующий</p> $u = 5 \frac{d}{dt} (a + 4b)$	
<p>1.7 Усилитель логарифмирующий</p> $u = -\text{Log}(-a + 2b)$	
<p><b>2 Функциональный преобразователь:</b></p> <p><math>x_1 \dots x_n</math> являются аргументами функций, каждый из них может быть заменён соответствующей меткой, если такая замена не приведёт к неясности.</p> <p><math>f(x_1 \dots x_n)</math> заменяют соответствующим обозначением функции, выполняемой преобразователем.</p>	
<p>2.1 Перемножитель с коэффициентом передачи K</p> $u = -Kab$ <p>2.2 Делитель</p> $u = \frac{a}{b}$ <p><i>Примечание</i> – Символ “/” не должен использоваться для указания деления</p>	

Продолжение таблицы 4.18

Наименование	Обозначение
2.3 Преобразователь для моделирования функции синуса $u = \sin x$	
<b>3 Преобразователь координат:</b> Общее обозначение	
3.1 Преобразователь координат в прямоугольные $u_1 = a \cos b$ $u_2 = a \sin b$	
<b>4 Преобразователь сигналов:</b> Общее обозначение	
4.1 Преобразователь аналого–цифровой	
4.2 Преобразователь цифро–аналоговый	
5.1 Замыкающий ключ SWM: Аналоговый сигнал может проходить в любом направлении между с и d, пока цифровой вход e находится в состоянии «1»  5.2 Размыкающийся ключ SWB: Аналоговый сигнал может проходить в любом направлении между с и d, пока цифровой вход e находится в состоянии «0»	 

Продолжение таблицы 4.18


Наименование	Обозначение
5.3 Двухнаправленный коммутатор, управляемый логическим элементом «И» с двумя цифровыми входами	
<b>6 Блоки коэффициентов</b>	
6.1 Блок постоянного коэффициента с одним входом	
Блок постоянного коэффициента с двумя входами	
6.2 Блок переменного коэффициента. Допускается рядом с обозначением коэффициента проставлять его значение	

#### 4.6 Интегральные оптоэлектронные элементы индикации (ГОСТ 2.764–86)

4.6.1 Общие правила построения УГО элементов – по ГОСТ 2.743–91.

4.6.2 В первой строке основного поля УГО указывают обозначение функции индикации: DPY. Во второй строке, при необходимости, приводят обозначение типа устройства по ГОСТ – 2.708–81. Начиная с третьей строки, допускается указывать требуемую дополнительную информацию, например, принцип индикации:

LED или  для световых излучающих диодов

LCD или  для жидких кристаллов

Форма знакоместа – согласно таблице 4.20. Форма знакоместа может быть выражена графически или буквенно–цифровым обозначением.

При применении буквенно–цифровых обозначений сегментами формы знакоместа должно быть обеспечено соответствие между ними и буквенно–цифровыми обозначениями выводов сегментов данного типа элементов.

**4.6.3** Информацию в основном и дополнительных полях размещают в соответствии с рисунком 4.18

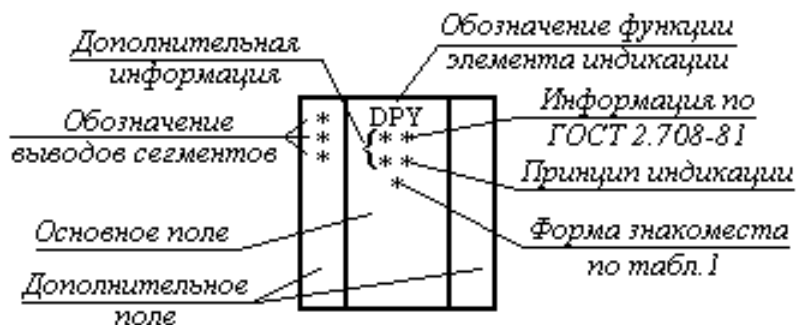


Рисунок 4.18

**4.6.4** Для условных графических обозначений многозначных оптоэлектронных элементов индикации при наличии одинаковых элементов форму знакоместа представлять только один раз. В этом случае изображение следует обозначать контуром с указанием количества одинаковых элементов.

**4.6.5** Форма знакоместа должна соответствовать приведённой в таблице 4.19.

Таблица 4.19 – Форма знакоместа

Наименование	Форма знакоместа графическая	Форма знакоместа буквенно–цифровая
1 2–сегментный		2S
2 4–сегментный	┼	4S
3 5–сегментный	┼┼	5S
4 6–сегментный	┼┼┼	6S
5 7–сегментный	$\begin{array}{c} A \\ F G B \\ E   C \\ D \end{array}$	7S

Продолжение таблицы 4.19


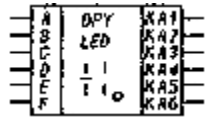
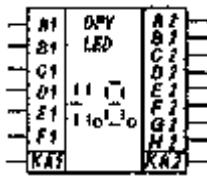
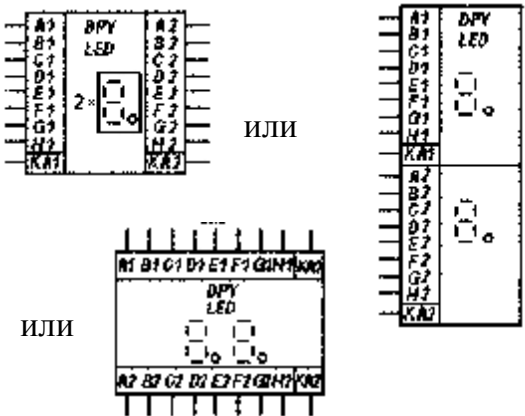
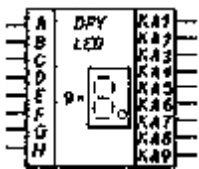
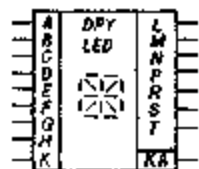
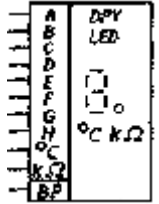
Наименование	Форма знакоместа графическая	Форма знакоместа буквенно-цифровая
6 9-сегментный		9S
7 11-сегментный		11S
8 14-сегментный		14S
9 16-сегментный		16S
10 Десятичная точка		
11 Двоеточие		
12 m/n – последовательность точек для буквенно-цифровых знаков, представленных в шестнадцатеричной системе (например 4/7 – распределение точек)		m/n S 4/7 S
13 Матрица m×n для буквенно-цифровых знаков (например, матрица 5×7) <i>Примечание к пункту 12 и 13</i> m – количество столбцов (C) n – количество строк (R)		m×n S 5×7 S
14 Специфические (температура, сопротивление)		°C Ω

**4.6.6** Примеры обозначений оптоэлектронных элементов индикации приведены в таблице 4.20.

Таблица 4.20 – Примеры обозначения оптоэлектронных элементов индикации

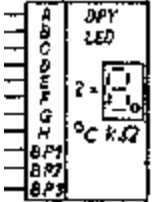
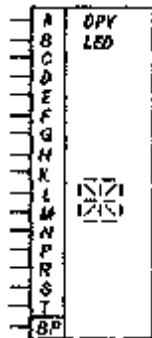
Наименование	Обозначение
1 7-сегментный люминесцентный индикатор с общим катодным (КА) или анодным (АН) выводом с изображением десятичной точки для индикации цифры	

Продолжение таблицы 4.20

Наименование	Обозначение
2 4–сегментный люминесцентный индикатор с общим катодным (КА) или анодным (АН) выводом для индикации плюса, минуса или цифры 1	
3 5–сегментный люминесцентный индикатор с общим катодным (КА) или анодным (АН) выводами с изображением десятичной точки для индикации плюса, минуса и (или) цифры 1	
4 Индикатор люминесцентный для индикации плюса, минуса и (или) цифры 1 на первом месте и для индикации цифры на втором месте с изображением десятичной точки и общим катодным (КА) или анодным (АН) выводом в каждом случае	
5 Люминесцентный индикатор для индикации двух цифр с десятичными точками и общим катодным (КА) ил анодным (АН) выводом в каждом случае	
6 Люминесцентный индикатор для индикации девяти цифр с изображением десятичной точки в каждом случае с отдельными катодными (КА) и анодными (АН) выводами и управлением в режиме временного уплотнения	
8 Люминесцентный индикатор с 16 сегментами для индикации буквенно-цифровых знаков с общим катодным (КА) или анодным (АН) выводом <i>Примечание к пп. 2 – 6, 8 – В примерах приведены только случаи отдельных катодных выводов (КА)</i>	
9 7–сегментный индикатор на основе жидких кристаллов с изображением десятичной точки для индикации цифры и специальных знаков с общим выводом или с выводом противоположного электрода (ВР)	



Продолжение таблицы 4.20

Наименование	Обозначение
10 7–сегментный индикатор на основе жидких кристаллов с изображением двух цифр с десятичными точками, а также специальных знаков с отдельными выводами противоположных электродов	
11 16–сегментный индикатор на основе жидких кристаллов для индикации буквенно-цифрового знака с общим выводом противоположного электрода	

#### 4.7 Структурная схема (Э1)

Структурная схема отображает принцип работы изделия в самом общем виде. На схеме изображают все основные функциональные части изделия (элементы, устройства, функциональные группы), а также основные взаимосвязи между ними. Действительное расположение составных частей изделия не учитывают и способ связи (проводная, индуктивная, количество проводов и т.п.) не раскрывают. Построение схемы должно давать наглядное представление о последовательности взаимодействия функциональных частей в изделии. Направление хода процессов, происходящих в изделии, обозначают стрелками с развалом  $60^\circ$  на линиях взаимосвязи.

Функциональные части на схеме изображают в виде прямоугольников или условных графических обозначений (рисунок 4.19). Размеры прямоугольников не нормируются. При обозначении функциональных частей в виде прямоугольников их наименования, типы и обозначения вписывают внутрь прямоугольников. Допускается указывать тип элемента (устройства) или обозначение документа (государственный стандарт, технические условия и пр.), на основании которого этот элемент (устройство) применён.

На схемах простых изделий функциональные части располагают в виде цепочки в соответствии с ходом рабочего процесса: в направлении слева направо.

Схемы, содержащие несколько основных рабочих каналов, рекомендуются вычерчивать в виде параллельных горизонтальных строк. Дополнительные и вспомогательные цепи (элементы и связи между ними) следует выполнить из полосы, занятой основными цепями.

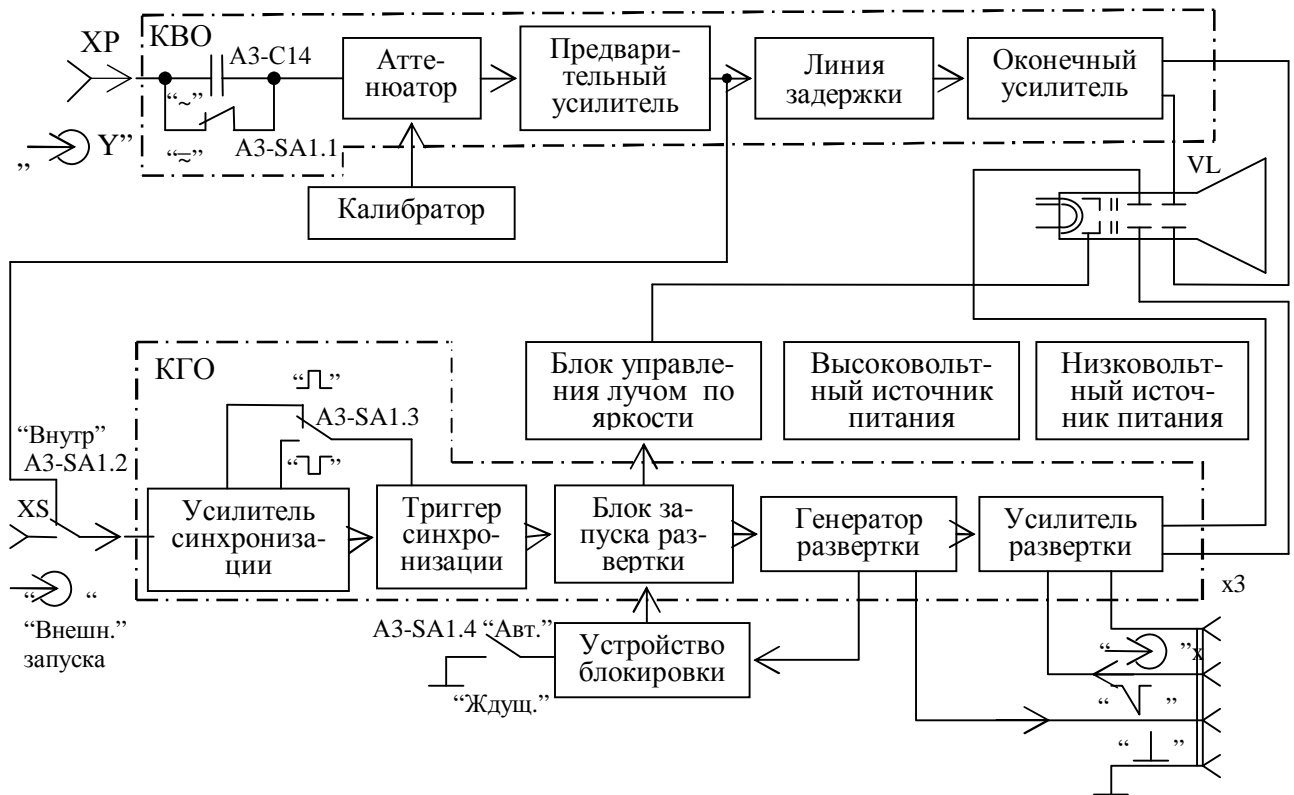


Рисунок 4.19 – Структурная схема осциллографа

Для сокращения длины сложной схемы и повышения наглядности рекомендуется по возможности основные цепи располагать горизонтально, а вспомогательные цепи – вертикально или горизонтально в промежутках между основными цепями.

На схеме допускается указывать технические характеристики функциональных частей, поясняющие надписи и диаграммы, определяющие последовательность процессов во времени, а также параметры в характерных точках (величины токов, напряжений, формы и величины импульсов и др.). Данные помещают рядом с графическими обозначениями или на свободном поле схемы.

На структурной схеме осциллографа (см. рисунок 4.19) нанесены квалифицирующие символы рода тока и напряжения, формы импульсов, а также поясняющие надписи. Данные, предназначенные для нанесения на изделие, заключены в кавычки.

## 4.8 Функциональная схема (Э2)

Для сложного изделия разрабатывают несколько функциональных схем, поясняющих происходящие процессы при различных предусмотренных режимах работы. Количество функциональных схем, разрабатываемых на изделие, степень их детализации и объём помещаемых сведений определяется разработчиком с учётом особенностей изделий.

На схеме изображают функциональные части изделия (элементы, устройства и функциональные группы) и связи между ними. Графическое построение схемы должно наглядно отражать последовательность функциональных процессов, иллюстрируемых схемой. Действительное расположение в изделии элементов и устройств может не учитываться.

Функциональные части и связи между ними изображают в виде условных графических обозначений, установленных в стандартах ЕСКД (рисунок 4.20). Отдельные функциональные части на схеме допускается изображать в виде прямоугольников. В этом случае части схемы с поэлементной детализацией изображают по правилам выполнения принципиальных схем, а при укрупнённом изображении функциональных частей – по правилам структурных схем.

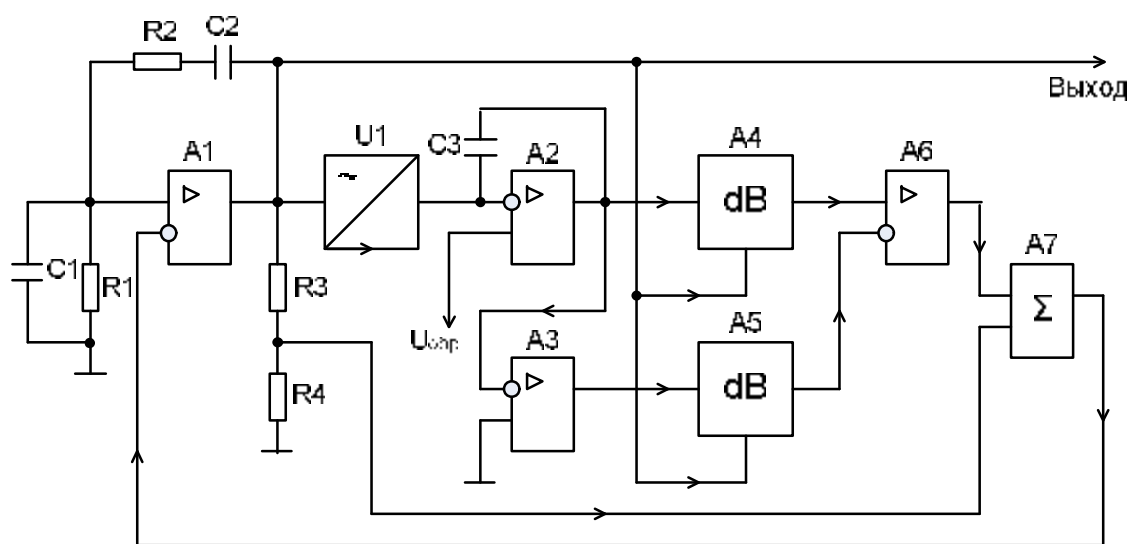


Рисунок 4.20 – Функциональная схема технического устройства

На функциональной схеме указывают: для функциональных групп – обозначения, присвоенные им на принципиальной схеме, или наименование (если функциональная группа изображена в виде условного графического обозначения, то её наименование не указывают); для каждого устройства и элемента, изображённого условными графическими обозначениями – буквенно-цифровое позиционное обозначение, присвоенное на принципиальной схеме, его тип; для каждого устройства, изображённого прямоугольником, – позиционное обозначение, присвоенное ему на принципиальной схеме, его наименование и тип или обозначение документа, на основании которого это устрой-

во применено. Обозначение документа указывают и для устройства, изображённого в виде условного графического обозначения. Наименования и обозначения функциональных частей, изображённых прямоугольниками, рекомендуется вписывать внутрь прямоугольника. Сокращённые или условные наименования должны быть пояснены на поле схемы.

Элементами и устройствами на схеме допускается изображать совмещённым или разнесённым способом, а схему выполнять в многолинейном или однолинейном изображении по правилам, изложенным для принципиальной схемы.

При разнесённом способе изображения допускается отдельно изображённые части элементов и устройств соединять линией механической связи (штриховая линия).

Функциональные цепи на одной схеме различают и по толщине линии, применяя на одной схеме не более трёх размеров линий по толщине.

На функциональной схеме указывают технические характеристики функциональных частей, параметры в характерных точках, поясняющие надписи и др. При необходимости на схеме обозначают электрические цепи по ГОСТ 2.709–72.

Если в состав изделия входят элементы разных видов, то рекомендуют разработывать несколько схем соответствующих видов одного типа или одну комбинированную схему, содержащую элементы и связи разных видов.

#### **4.9 Принципиальная схема (ЭЗ)**

Принципиальная схема является наиболее полной электрической схемой изделия, на которой изображают все электрические элементы и устройства, необходимые для осуществления и контроля в изделии заданных электрических процессов, все связи между ними, а также элементы подключения (разъёмы, зажимы), которыми заканчиваются входные и выходные цепи. На схеме могут быть изображены соединительные и монтажные элементы, устанавливаемые в изделии по конструктивным соображениям.

Электрические элементы на схеме изображают условными графическими обозначениями, начертание и размеры которых установлены в стандартах ЕСКД (см. разделы 4.2...4.6). Элементы, используемые в изделии частично, допускается изображать не полностью, а только используемые части.

Схемы выполняют для изделий, находящихся в отключённом положении. В технически обоснованных случаях допускается отдельные элементы схемы изображать в выбранном рабочем положении с указанием на поле режима, для которого изображены эти элементы.

Условные графические обозначения элементов и устройств выполняют совмещённым или разнесённым способом. При совмещённом способе составные части элементов или устройств изображают на схеме так, как они расположены в изделии, т.е. в непосредственной близости друг к другу. При разнесённом способе условные графические обозначения составных частей элемен-

тов располагают в разных местах схемы с учётом порядка прохождения по ним тока (т.е. последовательно) так, чтобы отдельные цепи были изображены наиболее наглядно. Разнесённым способом можно вычерчивать как отдельные элементы или устройства (например, обмотки и контакты группы реле, контакты штепсельных разъёмов, и др.), так и всю схему.

В состав схемы, кроме изображения, входят надписи, характеризующие входные и выходные цепи, позиционные обозначения элементов и перечень элементов.

*Позиционные обозначения элементов.* Всем изображённым на схеме элементам и устройствам присваиваются условные буквенно-цифровые позиционные обозначения в соответствии с ГОСТ 2.710–81.

Позиционные обозначения элементам (устройствам) в пределах изделия. Порядковые номера элементам (устройствам) начиная с единицы, присваивают в пределах группы элементов (устройств) с одинаковым буквенным позиционным обозначением одной группы или одного типа в соответствии с последовательностью их расположения на схеме сверху вниз в направлении слева направо, например R1, R2, ..., C1, C2 (рисунок 4.21). Буквы и цифры позиционного обозначения выполняют чертёжным шрифтом одного размера.

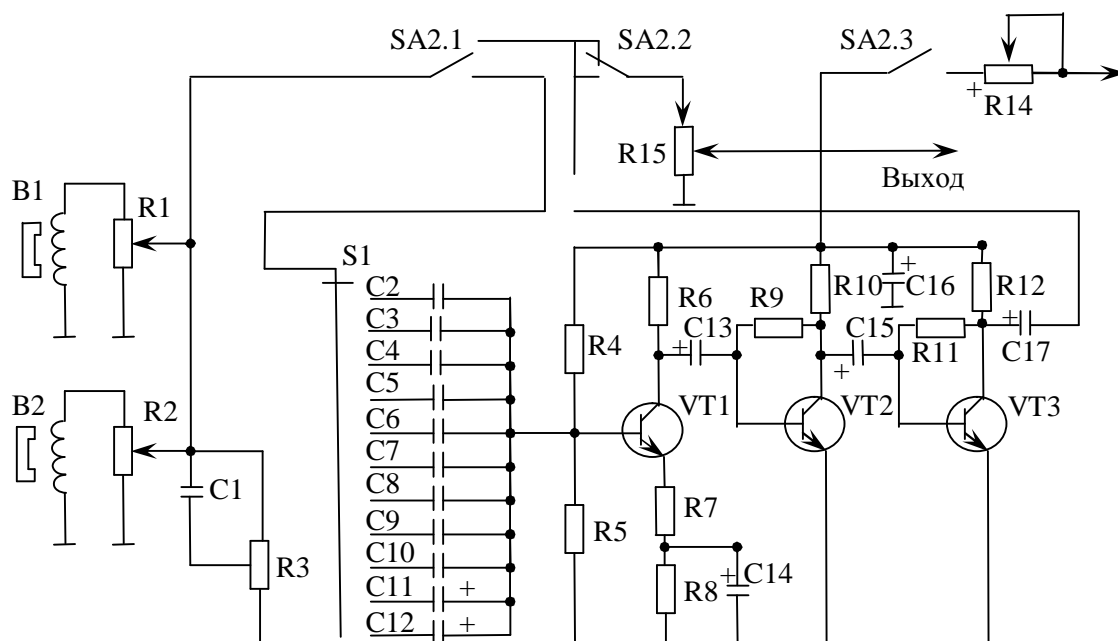


Рисунок 4.21 – Фрагмент оформления принципиальной электрической схемы технического устройства

Последовательность присвоения порядковых номеров может быть нарушена в зависимости от размещения элементов изделия, направления прохождения сигналов или функциональной последовательности процесса, а также при внесении в схему изменений.

Позиционные обозначения проставляют на схеме рядом с условными графическими обозначениями элементов и устройств с правой стороны или над ними.

На схеме изделия, в состав которого входят устройства, позиционные обозначения элементам присваивают в пределах каждого устройства, а при наличии нескольких одинаковых устройств – в пределах этих устройств по правилам, изложенным выше.

Если в состав изделия входят функциональные группы, то вначале присваивают позиционные обозначения элементам, не входящим в функциональные группы, а затем элементам, входящим в функциональные группы. Для одинаковых функциональных групп, позиционные обозначения элементов, присвоенные в одной из них, повторяют во всех последующих группах.

Обозначения устройства указывают сверху или справа от изображения. При разнесённом способе изображения позиционные обозначения проставляют около каждой составной части.

Принципиальная схема с обозначениями элементов цифровой вычислительной техники (фрагмент схемы имитатора цели для обзорных радиолокационных станции) показан на рисунке 4.22.

#### **4.10 Условные буквенно–цифровые обозначения в электрических схемах**

**4.10.1** Элементы (устройства, функциональные группы), входящие в изделие, на схеме должны иметь буквенные, буквенно–цифровые или цифровые обозначения.

Буквенно–цифровые обозначения предназначены для записи в сокращённой форме сведений об элементах, устройствах и функциональных группах в документации на изделие или нанесения непосредственно на изделие.

Типы условных буквенно–цифровых обозначений и правила их построения устанавливает ГОСТ 2.710–81.

**4.10.2** Буквенные коды видов элементов приведены в таблице 4.21. Элементы разбиваются по видам на группы, имеющие обозначения из одной буквы. Для уточнения вида элементов применяют двухбуквенные и многобуквенные коды. При применении двухбуквенных и многобуквенных кодов первая буква должна соответствовать группе видов, к которой принадлежит элемент. Дополнительные обозначения должны быть пояснены на поле схемы.

Буквенные коды применяются для обозначения элементов на структурных, функциональных и принципиальных схемах.

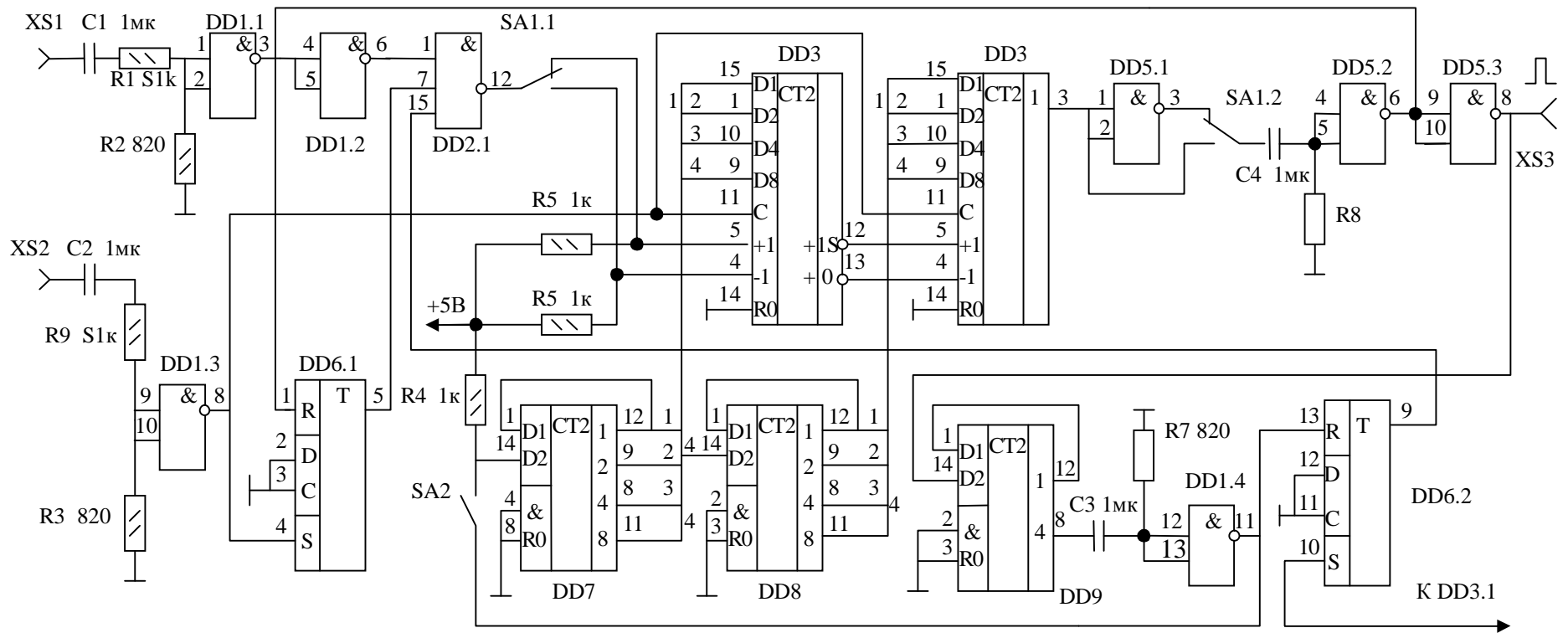


Рисунок 4.22 – Фрагмент принципиальной электрической схемы цифрового устройства

Таблица 4.21 – Буквенные коды видов элементов.

1-я буква кода (обязательна)	Группа видов элементов	Примеры видов элементов	Двухбуквенный код
А	Устройства (общее обозначение)	Усилители, приборы телеуправления, лазеры, мазеры	
В	Преобразователи неэлектрических величин в электрические (кроме генераторов и источников питания) или наоборот, аналоговые или многоуровневые преобразователи или датчики для указания или измерения	Громкоговоритель Магнитострикционный элемент Детектор ионизирующих излучений Сельсин–приёмник Телефон (капсюль) Сельсин–датчик Тепловой датчик Фотоэлемент Микрофон Датчик давления Пьезоэлемент Датчик частоты вращения (тахогенератор) Звукосниматель Датчик скорости	ВА ВВ  ВД ВЕ ВF ВС ВК ВL ВМ ВР ВQ  ВR BS BV
С	Конденсаторы		
Д	Схемы интегральные, микросборки	Схема интегральная аналоговая Схема интегральная цифровая, логический элемент Устройства хранения информации Устройства задержки	DA  DD  DS DT
Е	Элементы разные (осветительные устройства, нагревательные элементы)	Нагревательный элемент Лампа осветительная Пиропатрон	EK EL ET
F	Разрядники, предохранители, устройства защитные	Дискретный элемент защиты по току мгновенного действия Дискретный элемент защиты по току инерционного действия Предохранитель плавкий Дискретный элемент защиты по напряжению, разрядник	FA  FP FU  FV
G	Генераторы, источники питания, кварцевые осцилляторы	Батарея	GB
Н	Устройства индикационные и сигнальные	Прибор звуковой сигнализации Индикатор символьный Прибор световой сигнализации	HA HG HL



Продолжение таблицы 4.21

1-я буква ко-да (обязательна)	Группа видов элементов	Примеры видов элементов	Двухбуквенный код
К	Реле, контакторы, пускатели	Реле токовое Реле указательное Реле электротепловое Контактор, магнитный пускатель Реле времени Реле напряжения	КА КН КК КМ КТ КV
L	Катушки индуктивности, дроссели	Дроссель люминесцентного освещения	LL
M	Двигатели постоянного и переменного тока		
P	Приборы, измерительное оборудование  <i>Примечание</i> – Сочетание PE применять не допускается.	Амперметр Счётчик импульсов Частотомер Счётчик активной энергии Счётчик реактивной энергии Омметр Регистрирующий прибор Часы, измеритель времени действия Вольтметр Ваттметр	PA PC PF PI PK PR PS  PT PV PW
Q	Выключатели и разъединители в силовых цепях (энергоснабжение, питание оборудования и т.д.)	Выключатель автоматический Короткозамыкатель Разъединитель	QF QK QS
R	Резисторы	Терморезистор Потенциометр Шунт измерительный Варистор	RK RP RS RU
S	Устройства коммунационные в цепях управления, сигнализации и измерительных  <i>Примечание</i> – Обозначение SF применяют для аппаратов, не имеющих контактов силовых цепей	Выключатель или переключатель Выключатель кнопочный Выключатель автоматический Выключатели, срабатывающие от различных воздействий; уровня; давления; положения (путевой); частоты вращения; температуры	SA SB SF  SL SP SQ SR SK

Продолжение таблицы 4.21

1-я буква ко- да (обяза- тельна)	Группа видов элементов	Примеры видов элементов	Двухбуквен- ный код
Т	Трансформаторы, автотрансформаторы	Трансформатор тока Электромагнитный стабилизатор Трансформатор напряжения	ТА TS TV
U	Устройства связи Преобразователи электрических величин в электрические	Модулятор Демодулятор Дискриминатор Преобразователь частотный инвертор, генератор частоты, выпрямитель	UB UR UI  UZ
V	Приборы электровакуумные и полупроводниковые	Диод, стабилитрон Прибор электровакуумный Транзистор Тиристор	VD VL VT VS
W	Линии и элементы СВЧ	Ответвитель Короткозамыкатель Вентиль	WE WK WS
	Антенны	Трансформатор, неоднородность, фазовращатель Аттенюатор Антенна	WT WU WA
X	Соединения контактные	Токосъёмник, контакт скользящий Штырь Гнездо Соединение разборное Соединитель высокочастотный	XA XP XS XT  XW
Y	Устройства механические с электромагнитным приводом	Электромагнит Тормоз с электромагнитным приводом Муфта с электромагнитным приводом Электромагнитный патрон или плита	YA  YB YC YN
Z	Устройства оконечные, фильтры Ограничители	Ограничитель Фильтр кварцевый	ZL ZQ

#### 4.11 Правила выполнения диаграмм

Диаграмма может иметь наименование, поясняющее изображённую функциональную зависимость. Значение величин, связанных изображаемой функциональной зависимостью, следует откладывать на осях координат в виде шкал. Диаграмму для информационного изображения функциональных зависимостей допускается выполнять без шкал значений величин. При этом оси координат следует заканчивать стрелками, указывающими направление возрастания значений величин. Допускается применять стрелки также и в диаграммах со шкалами – за пределами шкал или параллельно оси координат.

В прямоугольной системе координат независимую переменную следует откладывать на горизонтальной оси (оси абсцисс).

В диаграммах, изображающих несколько функций различных переменных, а также в диаграммах, в которых одна и та же переменная должна быть выражена одновременно в различных единицах, допускается использовать в качестве шкал как координатные оси, так и линии координатной сетки, ограничивающие поле диаграмм (рисунок 4.23) или (и) прямые, расположенные параллельно координатным осям (рисунок 4.24).

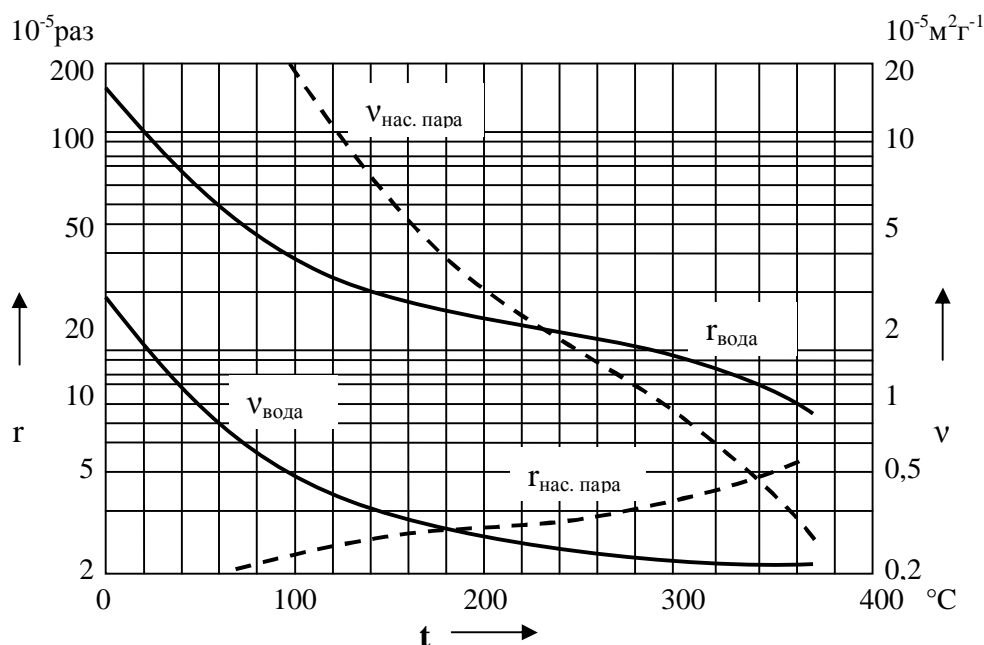


Рисунок 4.23

Координатные оси как шкалы значений изображаемых величин должны быть разделены на графические интервалы одним из способов: координатной сеткой (рисунок 4.23), делительными штрихами или сочетанием координатной сетки и делительных штрихов (рисунок 4.24).

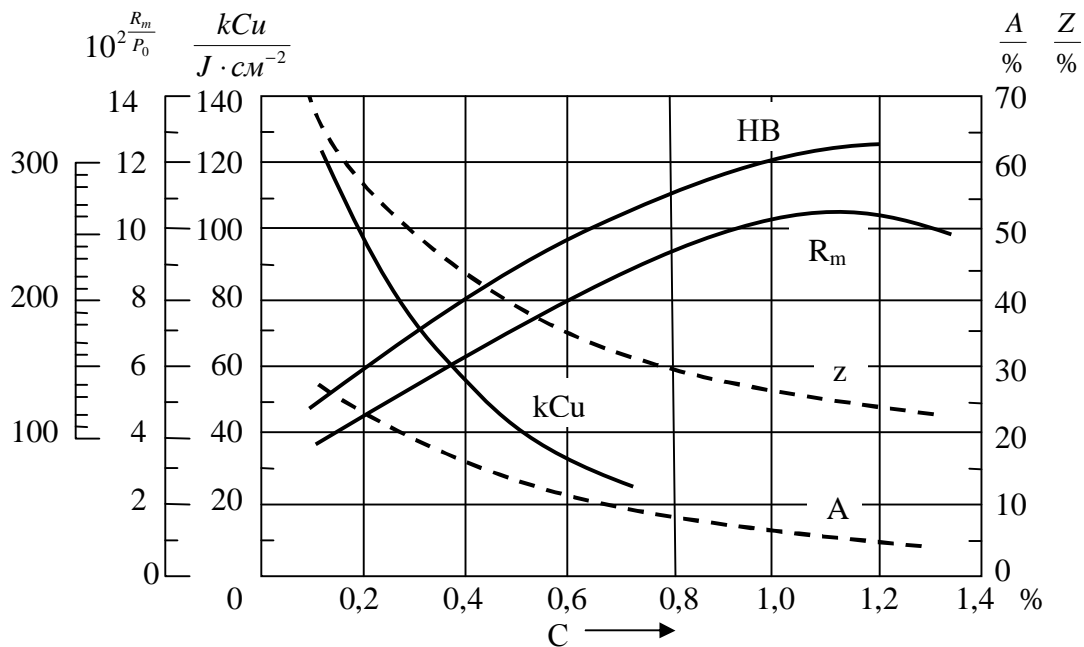


Рисунок 4.24

Диаграммы следует выполнять линиями по ГОСТ 2.303–68.

Оси координат, оси шкал, ограничивающие поле диаграммы, следует выполнять сплошными основными линиями. Линии координатной сетки и делительные штрихи – сплошной тонкой линией. Допускается выполнять линии сетки, соответствующие кратным графическим интервалам, сплошной линией толщиной 2в.

При изображении на одной диаграмме нескольких зависимостей допускается изображать их линиями различных типов, например, сплошной и штриховой (рисунок 4.23).

#### 4.12 Правила выполнения схем алгоритмов.

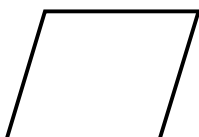
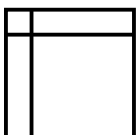
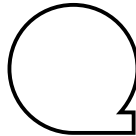
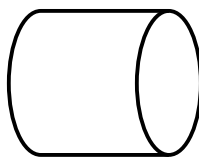
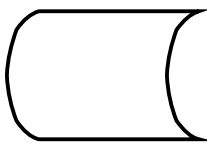


**4.12.1** Как было отмечено в разделе 4.1 ГОСТ 19.701–90 установил следующие схемы алгоритмов, программ, данных и систем: схема данных, схема работы системы, схема программы, схема взаимодействия программ, схема ресурсов системы.

**4.12.2** Линии потока информации и линии контуров УГО должны иметь одинаковую толщину. Основное направление потока информации идёт сверху вниз и слева направо (стрелки на линиях не указываются). В других случаях применение стрелок обязательно. Стрелки выполняются с развалом 60°. При переходе к УГО, расположенным на других местах схемы, используется УГО =Соединитель=.

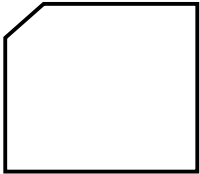
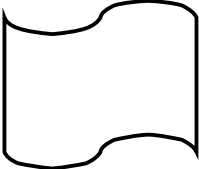
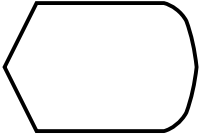


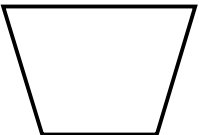

**4.12.3** Схемы алгоритмов работы системы, определяющих последовательность преобразования информации, выполняются без соблюдения размеров.

**4.12.4** Типы символов (УГО) и их применение указаны в таблице 4.22.

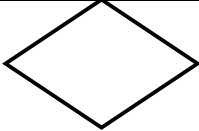
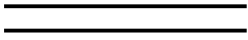
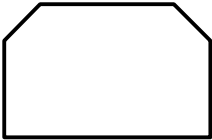


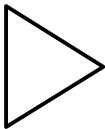


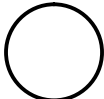
Таблица 4.22 – Применение символов

Символ	Наименование символа	Применяется в схеме				
		дан-ных	про-грам-мы	рабо-ты сис-темы	взаимо-действия программ	ресур-сов сис-темы
<b>Символы данных</b>						
<b>Основные</b>						
	Данные	+	+	+	+	+
<b>Специфические</b>						
	Запоминаемые данные	+	–	+	+	+
	Оперативное запоминающее устройство	+	–	+	+	+
	Запоминающее устройство с последовательной выборкой	+	–	+	+	+
	Запоминающее устройство с прямым доступом	+	–	+	+	+
	Документ	+	–	+	+	+
	Ручной ввод	+	–	+	+	+

Продолжение таблицы 4.22

Символ	Наименование символа	Применяется в схеме				
		дан-ных	про-грам-мы	рабо-ты сис-темы	взаимо-действия программ	ресур-сов сис-темы
	Карта	+	-	+	+	+
	Бумажная лента	+	-	+	+	+
	Дисплей	+	-	+	+	+
<b>Символы процес-са</b>						
Основные	Процесс	+	+	+	+	+
						
Специфические	Предопределён-ный процесс	-	+	+	+	-
						
	Ручная операция	+	-	+	+	-
	Подготовка	+	+	+	+	-

Продолжение таблицы 4.22

Символ	Наименование символа	Применяется в схеме				
		дан-ных	про-грам-мы	рабо-ты сис-темы	взаимо-действия программ	ресур-сов сис-темы
	Решение	-	+	+	-	-
	Параллельные действия	-	+	+	-	-
	Граница цикла	-	+	+	-	-
						
<b>Символы линий</b>						
Основные						
	Линия	+	+	+	+	+
Специфические						
	Передача управления	-	-	-	+	-
	Канал связи	+	-	+	+	+
	Пунктирная линия	+	+	+	+	+
<b>Специальные символы</b>						
	Соединитель	+	+	+	+	+

Продолжение таблицы 4.22

Символ	Наименование символа	Применяется в схеме				
		дан-ных	про-грам-мы	рабо-ты сис-темы	взаимо-действия программ	ресур-сов сиссте-мы
	Терминатор	+	+	+	-	-
	Комментарий	+	+	+	+	+
	Пропуск	+	+	+	+	+

Примечание – Знак «+» указывает, что используют в данной схеме, знак «-» — не используют.

**4.12.5** Примеры выполнения схем приведены на рисунках 4.25...4.31.



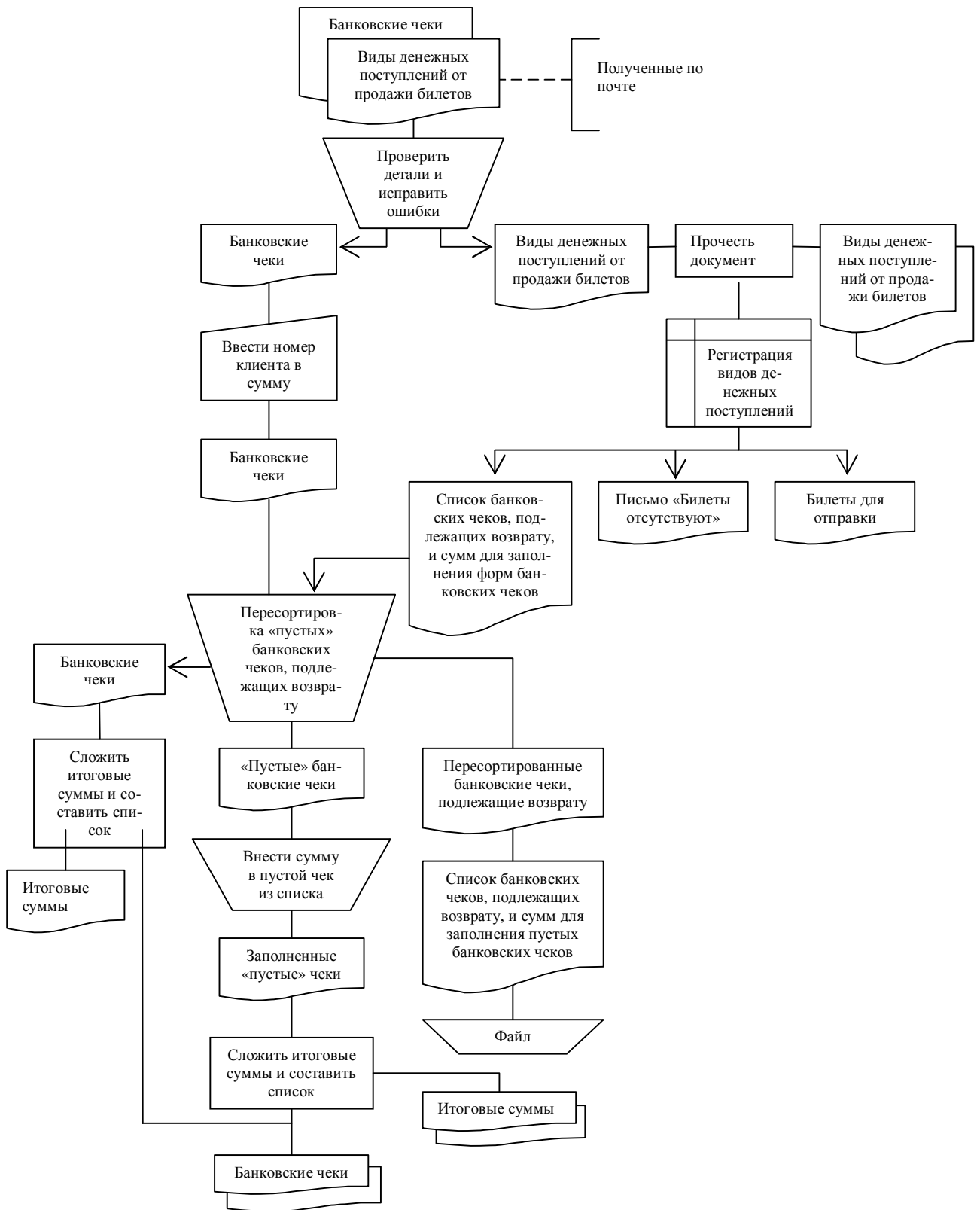


Рисунок 4.25 – Схема данных

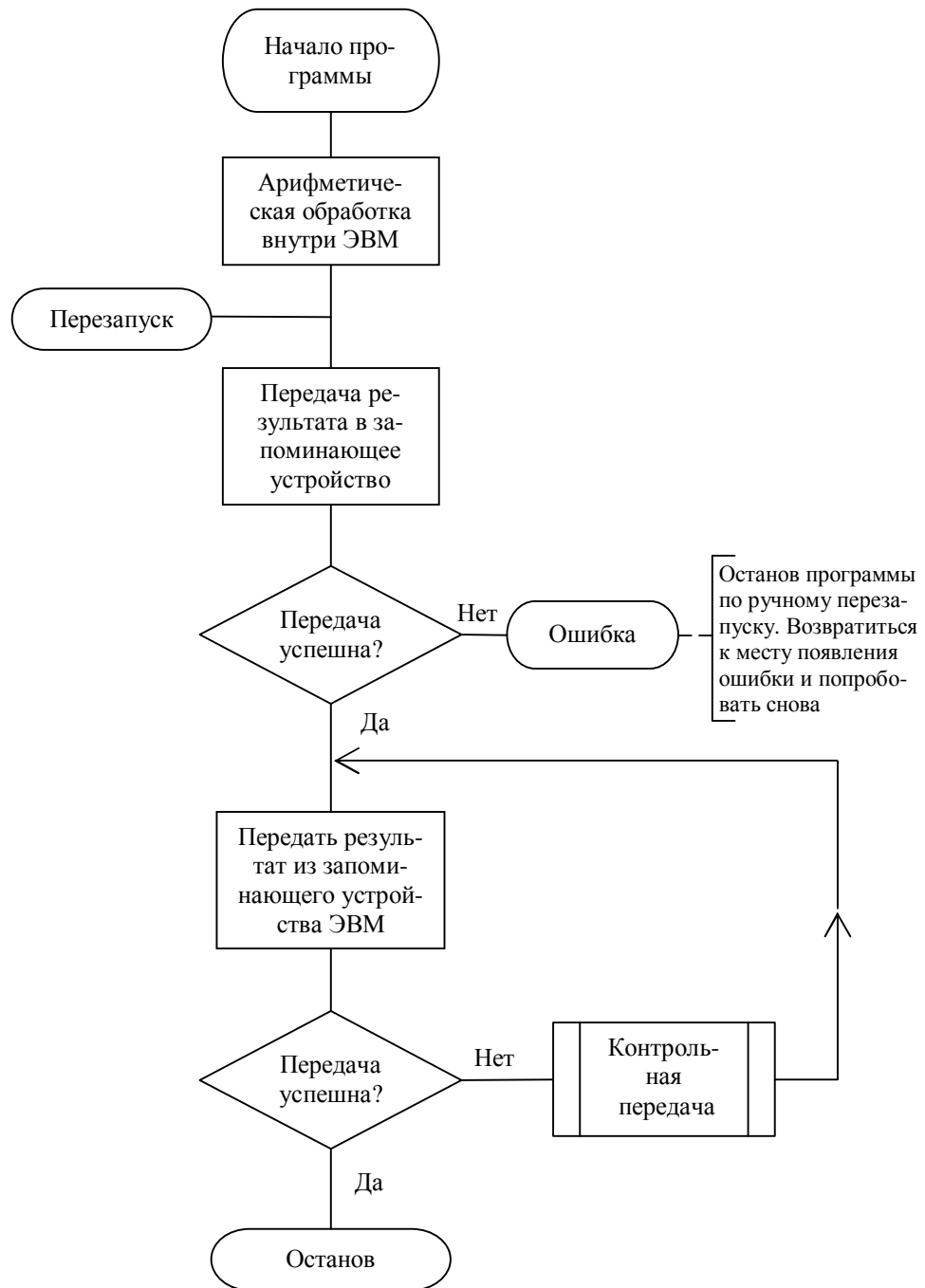


Рисунок 4.26 – Схема программы. Пример 1

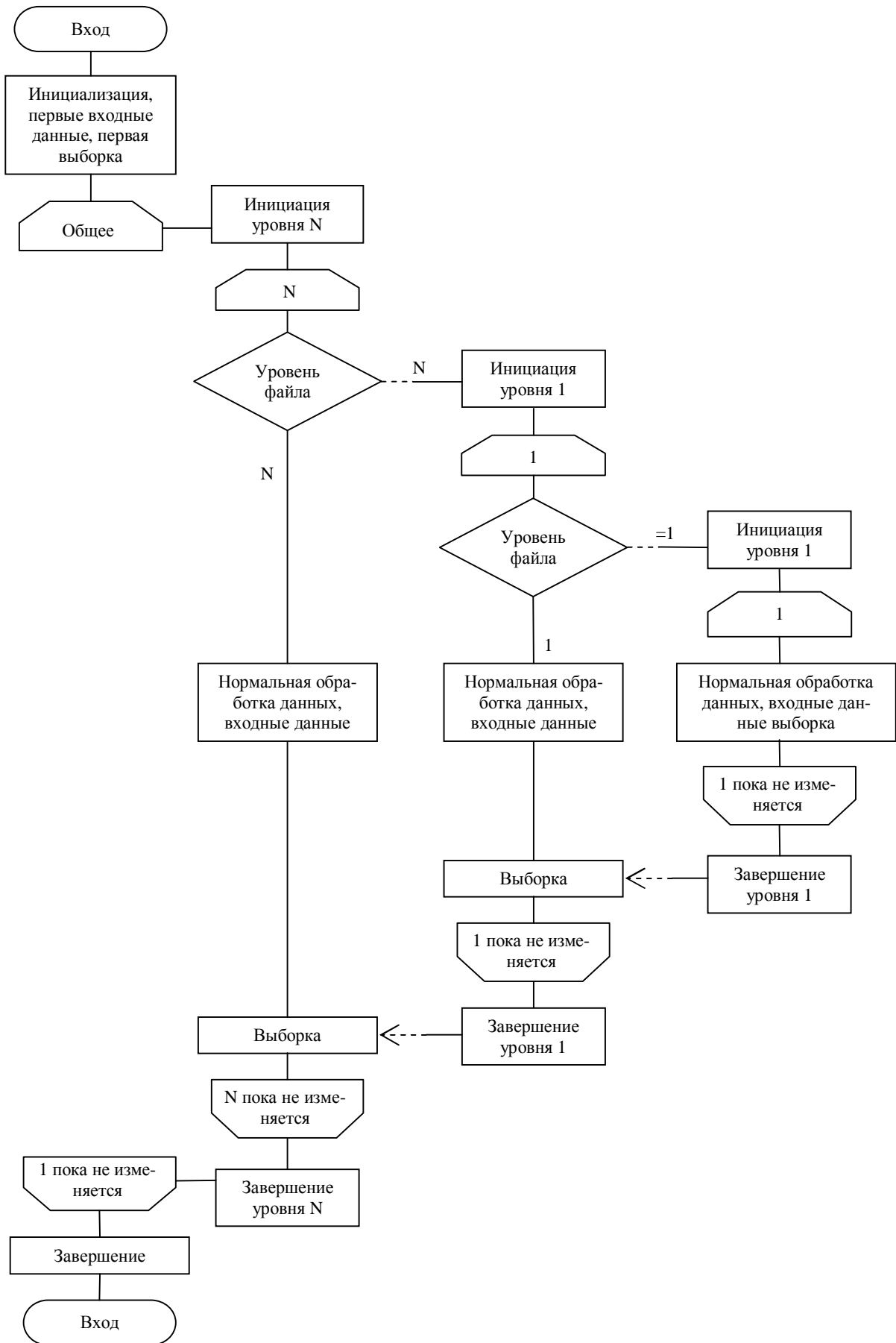


Рисунок 4.27 – Схема программы. Пример 2

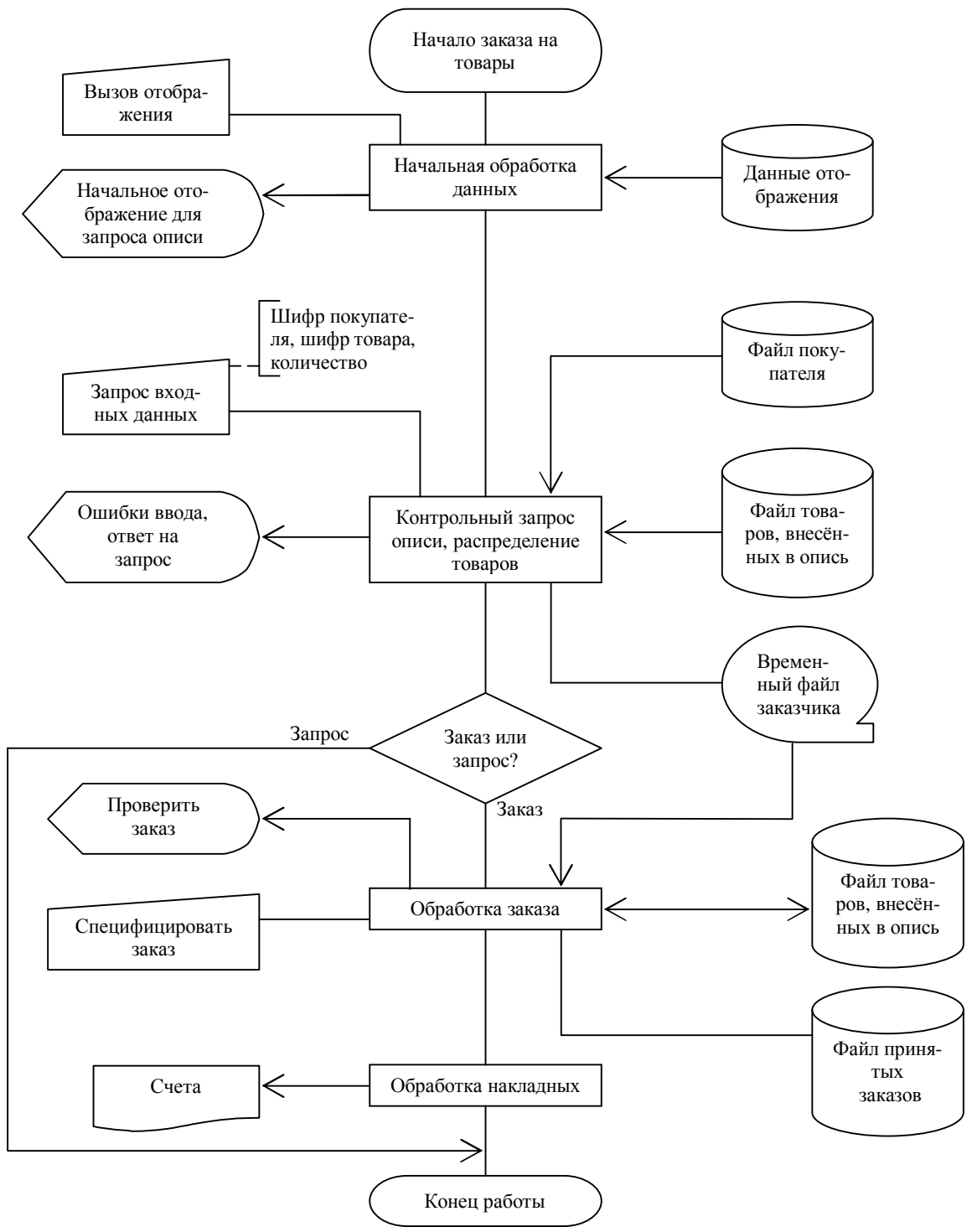


Рисунок 4.28 – Схема алгоритма работы системы

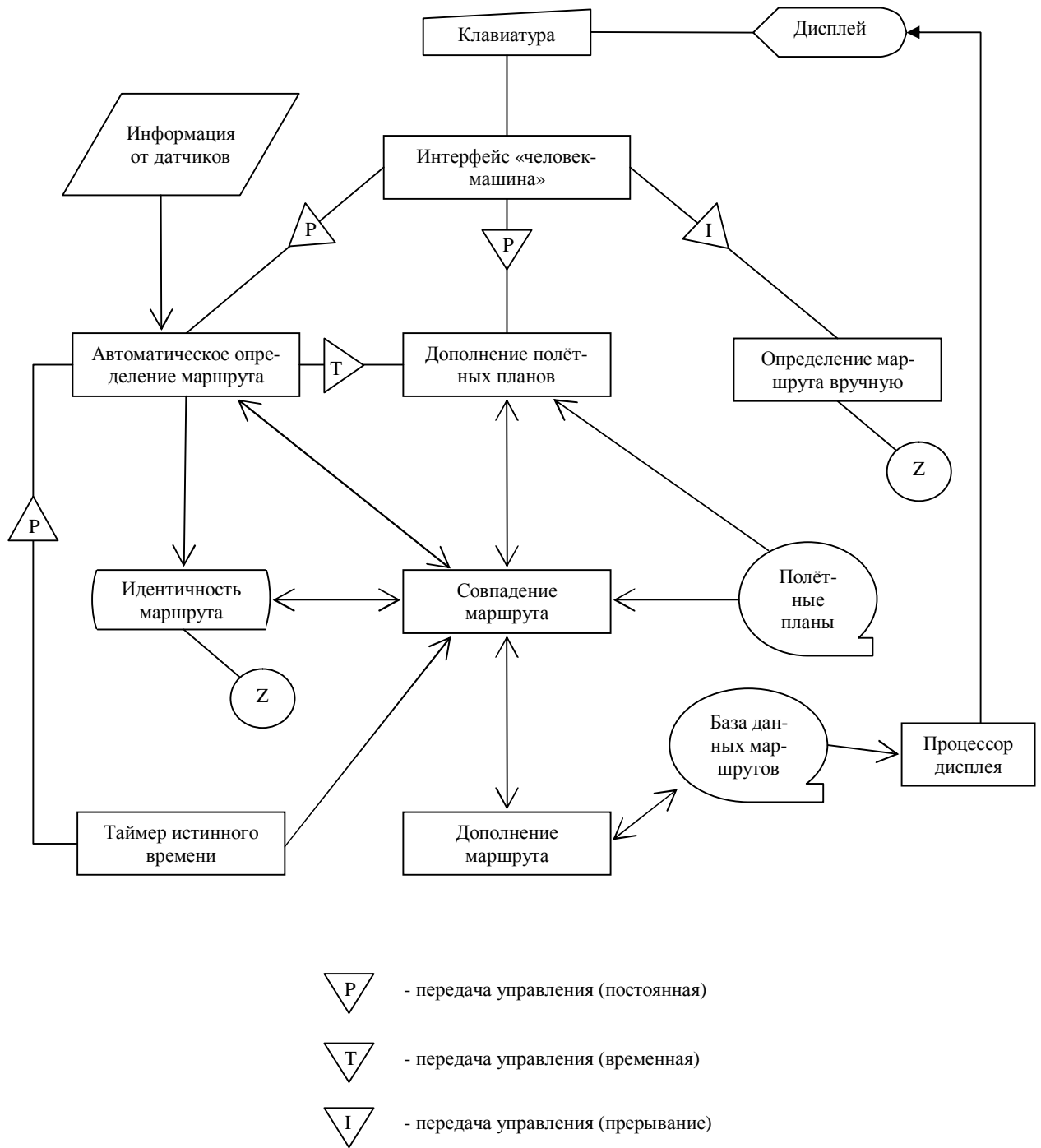


Рисунок 4.29 – Схема взаимодействия программ

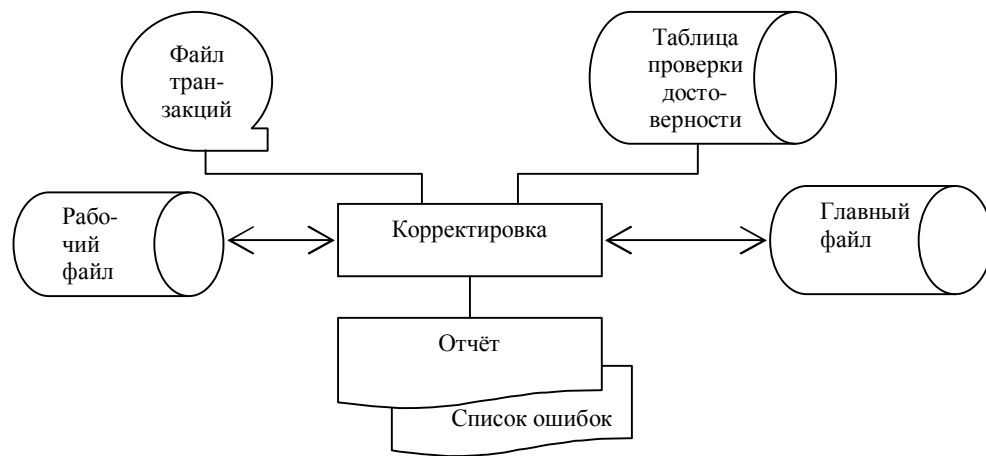


Рисунок 4.30 – Схема ресурсов системы

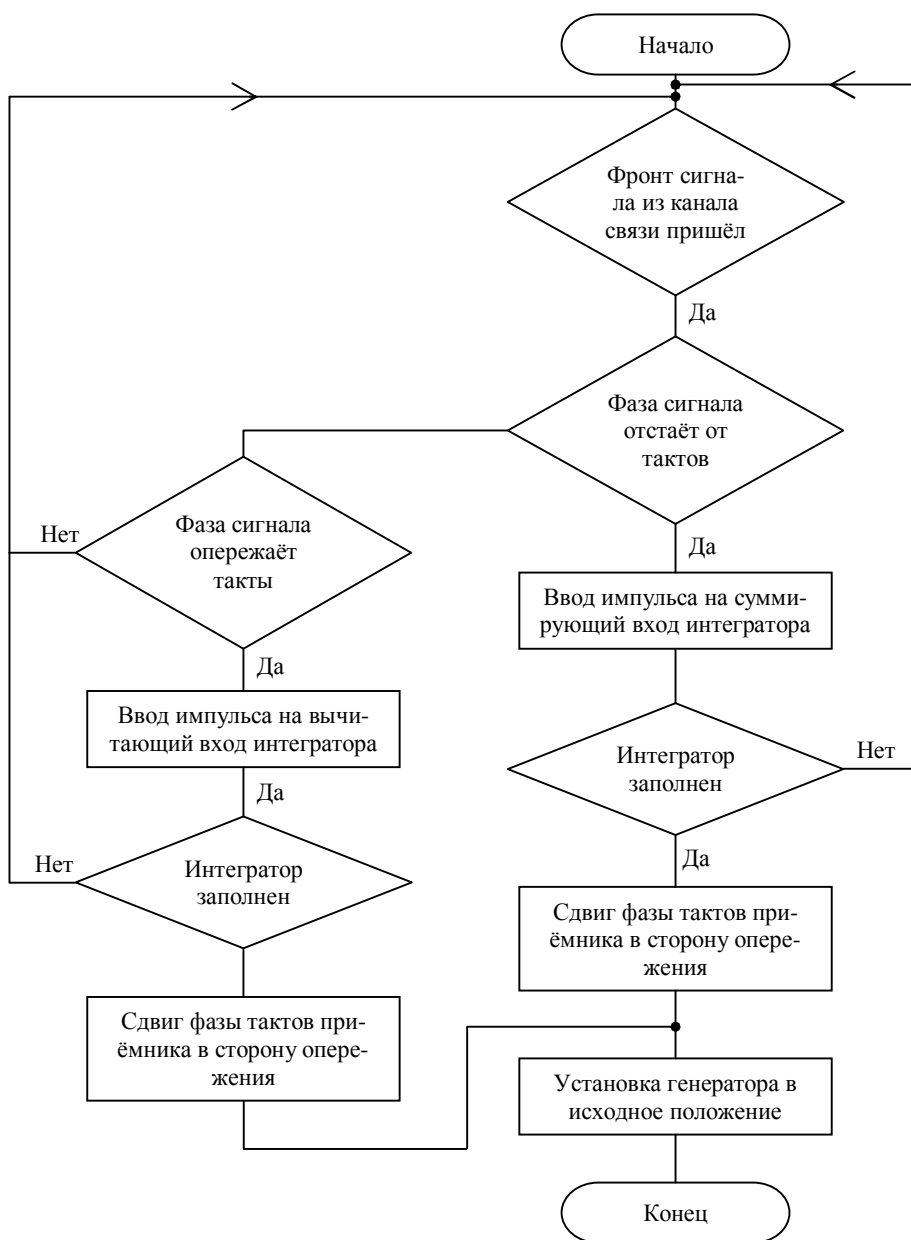


Рисунок 4.31 – Схема алгоритма работы устройства

## **5 РЕКОМЕНДАЦИИ И ПРИМЕРЫ ВЫПОЛНЕНИЯ РАЗДЕЛОВ ПОЯСНИТЕЛЬНОЙ ЗАПИСКИ**

### **5.1 Введение**

Во введении не должно быть общих мест и отступлений, непосредственно не связанных с разрабатываемой темой. Рекомендуются следующее содержание введения:

- краткий анализ достижений в той области, которой посвящена тема курсового проекта;
- цель курсового проектирования;
- принципы, положенные в основу проектирования, поиска технического решения;
- краткое изложение содержания разделов пояснительной записки с обязательным указанием задач, решению которых они посвящены.

**Пример 5.1.** Составить ВВЕДЕНИЕ к курсовому проекту на тему: «Многоканальная система передачи данных».

Решение.

### **ВВЕДЕНИЕ**

В различных областях деятельности современного общества все больше и больше приходится заниматься вопросами сбора, преобразования, хранения, передачи, обработки и использования разнообразной научной, технической, экономической и т.п. информации. Установлено, что объем информации, необходимый для деятельности современного общества, возрастает приблизительно пропорционально квадрату развития производительных сил.

Непрерывно возрастающие потоки информации становится невыносимо обрабатывать без применения средств электронно-вычислительной техники.

В настоящее время, в нашей стране уделяется очень большое внимание созданию различных автоматизированных систем управления с применением средств электронно-вычислительной техники. Такие системы находят широкое применение в промышленности, в сфере материально-технического снабжения предприятий, на транспорте, в торговле и других областях народного хозяйства.

Возрастающие потребности в обработке быстро увеличивающихся потоков информации стимулируют развитие систем передачи цифровой информации не только в области управления, но и в других важных областях, таких, например, как телеметрия, многоканальная передача речи, информационные сети с коммутацией сообщений и т. д.

Передача информации в цифровой (дискретной) форме имеет ряд особенностей по сравнению с передачей в аналоговой (непрерывной) форме. Наиболее существенными достоинствами цифровых систем передачи информации являются:

- прием сигнала сводится не к измерению, а к обнаружению 1 или 0;
- сообщения в цифровой форме легко обрабатываются, запоминаются, коммутируются и регистрируются;

- возможна многократная передача без накопления ошибок;
- применение помехоустойчивого кодирования позволяет значительно увеличить достоверность передачи сообщений;
- упрощаются требования, предъявляемые к радиолиниям в отношении калибровки эталонных уровней;
- улучшается использование канала связи в случае применения специальных кодов, статистически согласованных с передаваемыми сообщениями;
- универсальная форма представления сообщений различной физической природы и, как результат этого, гибкость систем, позволяющая, заменив программу работы, применять одно и то же оборудование для разных целей;
- высокие качественные показатели работы систем;
- возможность объединения отдельных систем в более крупные системы и комплексы.

Достоинства систем передачи цифровой информации связаны со значительным усложнением схем и технологии изготовления аппаратуры, а также с необходимостью использования более широкой полосы частот по сравнению с аналоговыми системами. Однако в настоящее время усложнение аппаратуры не является принципиальным препятствием, поскольку быстрое развитие современной технологии производства электронной аппаратуры создает широкие возможности реализации цифровых систем на основе новейших достижений в области микроэлектроники, интегральных схем, физики твердого тела и т. п.

В курсовом проекте осуществлена реализация основных способов и методов построения современной, высоконадежной, быстродействующей системы передачи цифровой информации.

- Проектируемая система передачи представляет собой многоканальную (15 каналов), дуплексную, с синхронным режимом передачи данных систему, реализованную на волоконно-оптическом кабеле в качестве линии связи. В системе реализуется алгоритм РОС, помехоустойчивое, линейное, относительное кодирование, что позволяет обеспечивать высокую достоверность и точность передаваемой информации.

Пояснительная записка состоит из семи разделов. В первом разделе производится выбор структурной схемы, линии связи и информационных сигналов.

Второй раздел посвящён разработке схем алгоритмов функционирования передатчика и приёмника системы.

Третий раздел посвящён разработке структурной схемы системы.

В четвёртом разделе производится расчёт основных частотных и временных параметров системы.

Пятый раздел посвящён выбору и энергетическому расчёту линии связи, выбору элементной базы и проектированию принципиальной электрической схемы.

В шестом разделе производится расчёт информационных характеристик: скорости передачи информации, пропускной способности канала связи, достоверности приёма данных.

Седьмой раздел посвящён разработке программного обеспечения системы на языке C++.



## 5.2 Выбор структуры системы, линии связи и структуры сигналов

В данном разделе на основании анализа технических заданий выбирается структура линии связи (радиальная, линейная, радиально–узловая, древовидная), тип линии связи (физическая, телефонная, радио), составляется структура системы, определяется состав оборудования, указывается назначение устанавливаемых устройств и как обеспечивается автоматический контроль исправности аппаратуры ПУ, КП, короткого замыкания или обрыва линии связи. В примере 5.2 показан порядок выбора линии связи и разработка обобщенной структурной схемы системы.

На основании объемов передаваемых сообщений с ПУ на КП и обратно принимается решение о групповом или индивидуальном выборе объектов, составляется диаграмма и производится описание использования тактов распределителя и сигналов в линии связи. Изложение этих вопросов рассмотрено в примере 5.3.

**Пример 5.2.** Разработать структурную схему включения устройств комплекса, диспетчерского оборудования и вычислительной машины, а также выбрать структуру линии связи для телемеханического комплекса, заданного в техническом задании (см. рисунки 2.2 и 2.3).

Решение. Учитывая территориальную рассредоточенность и количество объектов, выбираем радиальную структуру линии связи. В качестве линии связи выбираем двухпроводную физическую линию. Дальность передачи ограничиваем сопротивлением не более 3кОм и емкостью 0,6 мкФ.

Анализ технического задания показывает, что вся информация, передаваемая на ПУ, должна вводиться в ЭВМ. Наличие последней в контуре телемеханического комплекса позволяет возложить на нее вызов любого вида информации, формирование команды ТУ, задание уставок регуляторам, формирование команд–рекомендаций операторам КП, подготовку производственно–статистической информации (ПСИ).

Так как число КП, подключаемых к устройству ПУ, весьма велико, то предусматривается возможность работы устройства ПУ с несколькими (до шести) пультами диспетчера ПД1–ПД6 (рисунок 5.1).

Каждый из диспетчеров управляет со своего пульта закрепленными за ним объектами. При этом одинаковыми объектами диспетчеры управлять не могут. Работа нескольких диспетчеров с одним устройством ПУ типична для управления энергохозяйством больших комбинатов, где имеются специальные диспетчеры для электро–, тепло–, водо– и газоснабжения.

Для представления информации в удобном для диспетчера виде используется устройство обработки телемеханической информации (УОТИ). Последнее обеспечивает выполнение следующих функций: воспроизведение ТИТ и ТИИ на цифровых приборах в абсолютных единицах, автоматическая регистрация их на принтере сравнение ТИТ с уставками с сигнализацией и автоматической регистрацией выходов за пределы уставок, регистрация ПСИ на бланке

принтера, регистрация изменений состояний двухпозиционных объектов. Кроме того, осуществляются воспроизведение и передача ПСИ с помощью дисплея.

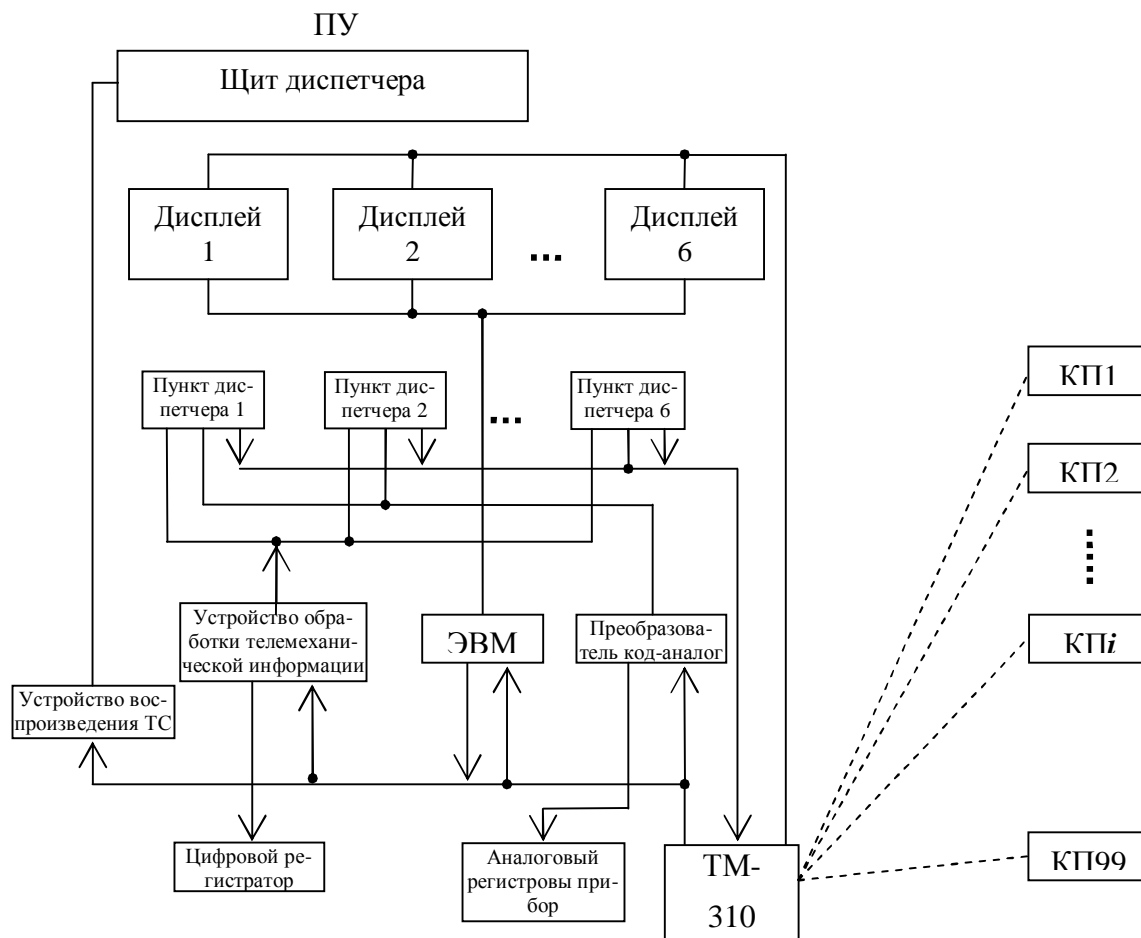


Рисунок 5.1. Структурная схема включения телемеханического комплекса

При помощи устройства воспроизведения ТС УВТС осуществляется сигнализация по схеме мимического или светового диспетчерского щита. Преобразователи код — аналог (ПКА) обеспечивают воспроизведение и регистрацию измеряемых параметров на аналоговых приборах, размещаемых как на диспетчерских пультах, так и на специальных панелях с аналоговыми регистрирующими приборами (АРП).

Повышение эффективности передачи ТИТ в многофункциональных устройствах телемеханики при радиальной структуре линий связи достигается установкой на ПУ специального вызывного и приемного устройства, для ТИТ. При этом становится возможной циклическая передача их параллельно с другими видами информации по разным направлениям. Этот метод используем в данном комплексе.

Таким образом, в комплексе используются как разделение во времени передачи ТС, ТУ, ТР, КК, ТИИ и ПСИ, так и параллельная передача с одним из вышеуказанных видов информации по свободным линиям связи ТИТ. Для ТС установлен первый приоритет, для ТУ (ТР) — второй. Передача ТИИ, ПСИ и КК детерминирована программой сбора информации и производится в непересекающиеся моменты времени. Этим видам информации присвоен третий приоритет.

Комплекс в соответствии с техническим заданием обеспечивает автоматический контроль исправности аппаратуры ПУ, КП, короткого замыкания или обрыва линии связи. Для контроля линия связи со стороны КП обтекается постоянным током. Наличие тока в каждой линии контролируется на ПУ. Прерывание постоянного тока со стороны КП используется для сообщения наличия заявки на передачу информации, отсутствие тока также может быть связано с неисправностью КП или линии связи. Для однозначной расшифровки возникшей ситуации с ПУ на КП, в линии связи которого отсутствует ток, передаются синхроимпульс и команда, разрешающая передачу информации. При отсутствии ответной передачи сигнализируется неисправность вызванного направления.

Для контроля работы аналого–цифрового преобразователя на КП в каждой группе ТИТ передается одно контрольное измерение, несущее в себе также признак функционального адреса ТИТ.

**Пример 5.3.** Разработать структуру сигналов, циркулирующих между ПУ и КП, для телемеханического комплекса примера 5.2.

Решение. Учитывая, что в данном комплексе передается большое число сообщений с КП на ПУ и обратно, то их целесообразно разбить на группы:

- 120 сообщений ТС на 15 групп по 8 сообщений в группе;
- 120 сообщений ТИИ на 15 групп по 8 сообщений в группе;
- 225 сообщений ТИТ на 15 групп по 15 сообщений в группе;
- 120 команд ТУ на 15 групп по 8 сообщений в группе;
- команды ТР типа «больше–меньше» на группы по 8 сообщений в группе.

С учетом приведенного разбиения сообщений и команд на группы диаграмма использования тактов распределителя при приеме и передаче разнородной информации представлена на рисунке 5.2.

Для передачи синхроимпульса на ПУ выделены такты 1 и 2, а такт 3 выделяется на передачу квитанции, определяющей завершение приема переданной информации.

На такте 4 с ПУ передается признак команды, означающий, что в данном цикле с ПУ передается код функционального адреса. Если передача с ПУ не сопровождается признаком команды, это означает передачу ПСИ.

На тактах 5 – 8 передается функциональный адрес, а на тактах 9 – 12 код номера группы. При передаче ПСИ такты 5 – 12 заняты первым в данном цикле

информационным байтом. На защитном такте 13 передается сигнал для контроля по паритету кода, переданного на тактах 5–12.

На тактах 14–21 в режиме телеуправления и телерегулирования «больше — меньше» передается номер объекта, которому послана команда, в режиме КК — код уставки регулятору (номер регулятора сообщается на тактах 9–12).

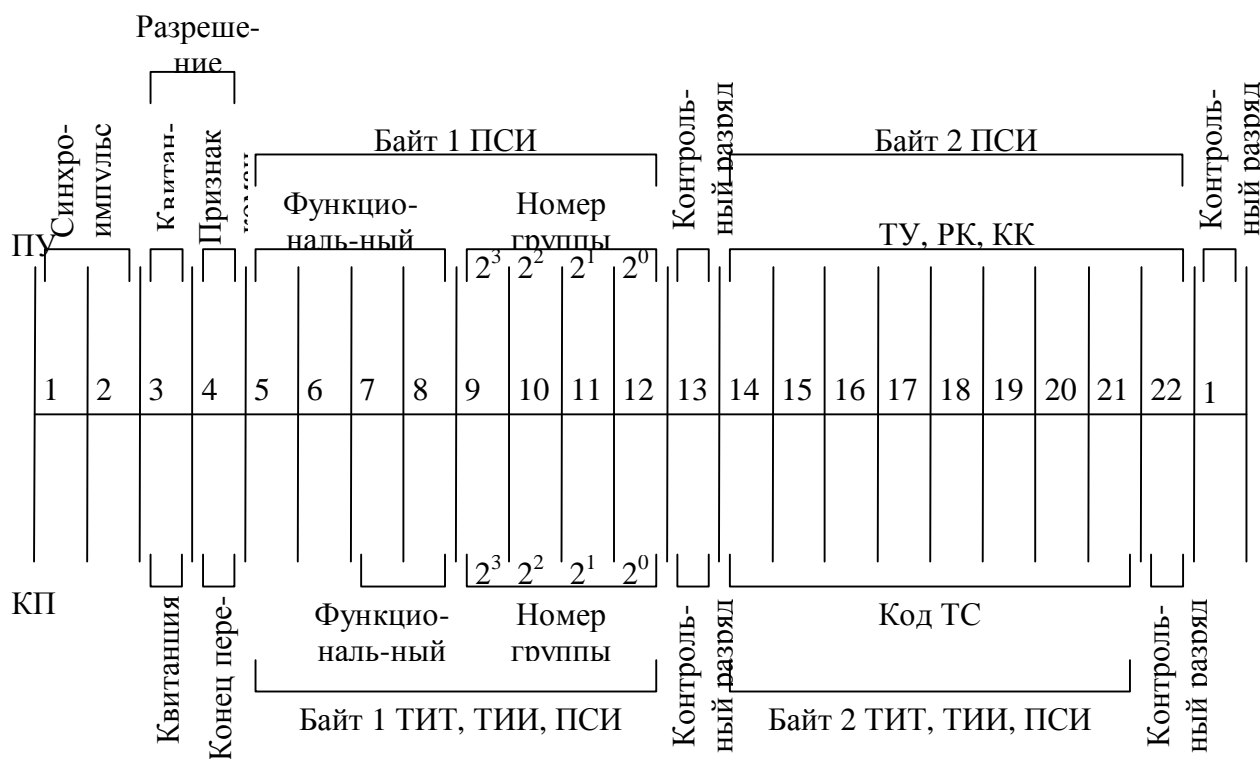


Рисунок 5.2 – Диаграмма использования тактов распределения в телемеханическом комплексе

При ПСИ на тактах 14–21 передается второй в данном цикле информационный байт. Для защиты по паритету кода, переданного на тактах 14–21, используется такт 22.

Передача сигналов 1 одновременно на тактах 3, 4 означает команду разрешении передачи ТС с КП.

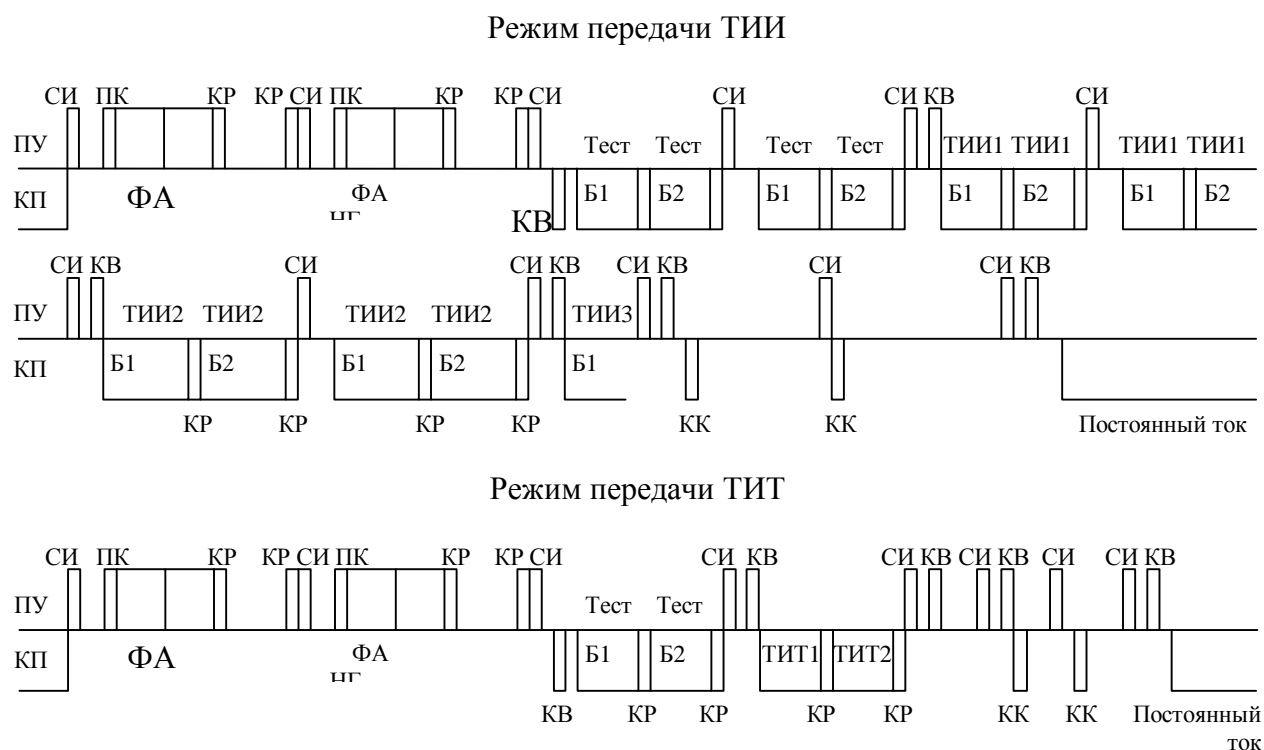
С КП на такте 3 передается сигнал «квитанция», подтверждающий правильность приема информации, поступившей с ПУ. На такте 4 передается признак завершения передачи информации с КП. На тактах 7, 8 передается признак ТС, на тактах 9 – 12 – номер группы, а на тактах 14–21 код состояния объектов.

При ТИТ, ТИИ и ПСИ такты 5–12 и 14–21 используются для передачи первого и второго информационного байта. Такты 13 и 22 применяются, так же как на ПУ, для защиты по паритету.

Разрешение на передачу сообщений ТС с КП формируется двумя импульсами, передаваемыми на тактах 3, 4 распределителя ПУ.

Следует отметить то, что при передаче с КП отсутствует передача номера КП, так как используется радиальная структура линий связи.

Диаграмма сигналов в линии связи при контрольном вызове ТС характеризуется наличием импульса, передаваемого на четвертом такте распределителя ПУ, — признака команды. Это же сохранится и при передаче команды ТУ (ТР).



СИ – синхроимпульс; ФА – функциональный адрес; НГ – номер группы; КР – контрольный разряд; КВ – квитанция; ПК – признак команды; К – конец передачи; Б1 – байт 1; Б2 – байт 2

Рисунок 5.3 – Диаграмма сигналов в линии связи разрабатываемого телемеханического комплекса при передаче ТИТ и ТИИ

Диаграмма сигналов при передаче ТИИ и ТИТ приведена на рисунке 5.3. Вызов ТИИ и ТИТ с КП осуществляется аналогично — передаются с ПУ синхроимпульс, признак команды, функциональный адрес ТИИ или ТИТ и номер группы. Указанная посылка повторяется в двух последовательных циклах. Если вызов принят без искажений, то в следующем цикле с КП передается квитанция и тестовый код. При ТИИ первый байт Б1 тестового кода содержит функциональный адрес и код номера группы, второй байт Б2 — функциональный адрес и обратный код номера группы. В следующем цикле тестовый код повторяется. При принятии тестового кода без искажений и совпадений его с переданным на КП функциональным адресом и номером группы с ПУ в следующем цикле посылается квитанция, а КП передает первый параметр ТИИ в группе. Передача осуществляется двумя байтами два цикла подряд. Если параметр принят правильно, то с ПУ посылается квитанция, а с КП передается следующий пара-

метр. После правильного приема последнего параметра с ПУ посылается квитанция, а с КП сигнал «конец передачи». В следующем цикле этот сигнал повторяется. После этого ПУ посылает квитанцию, по получении которой КП восстанавливает постоянный ток в линии связи.

При передаче ТИТ первый байт теста содержит функциональный адрес и номер группы, второй байт теста вырабатывается преобразователем напряжение — код и используется на ПУ для контроля его работы. При этом четыре старших разряда контрольного измерения совпадают с функциональным адресом ТИТ. После приема на ПУ тестового байта и положительного результата сравнения с запрашиваемым функциональным адресом и номером группы с ПУ посылается квитанция. Затем осуществляется прием ТИТ. В одном цикле передаются два параметра, защищаемые по паритету. Квитанция посылается с ПУ при правильном приеме в каждом цикле. После передачи последнего параметра с ПУ посылается сигнал «квитанция», а с КП сигнал «конец передачи», так же как при передаче ТИИ. Передача ПСИ с КП осуществляется аналогично передаче ТИТ.

Выявление заявок на передачу информации с КП осуществляется на ПУ в течение времени, отведенного на передачу синхроимпульса. При этом опрашиваются все направления и выявляется старшее по приоритету (с наименьшим порядковым номером) КП, выставившее заявку на передачу. Затем осуществляется вызов указанного КП.

Если же заявка на передачу ТС возникает от КП, с которого (или на который) в это время передается информация с низшим приоритетом, например ПСИ, то с КП посылается сигнал «конец передачи», означающий в данном случае прерывание. После этого на КП посылается код разрешения передачи ТС.

Прерывание с ПУ при передаче информации с КП осуществляется посылкой в линию связи на четвертом такте сигнала «признак команды», означающего в данном случае прерывание. После получения квитанции с КП о принятии указанного сигнала ПУ либо вызывает передачу ТС с какого-либо КП, либо передаст па КП команду.

### **5.3 Разработка структурной схемы системы**

В данном разделе на основании технического задания, способа защиты сообщений, разработанной структуры системы, выбранного состава диспетчерского оборудования, структуры и типа линии связи, метода передачи и диаграмм использования тактов распределителя составляются подробнейшие структурные схемы ПУ и КП и производится описание функционирования. При этом если отдельные блоки будут реализовываться программно, то они обязательно должны быть указаны на структурной схеме и обведены штрихпунктирной линией, внутри которой указывается устройство, реализующее данные функции (микропроцессор, микроконтроллер, ЭВМ и т.д.) (см. пример 5.4).

В случае если отдельное устройство состоит из самостоятельных блоков, то в пояснительной записке приводится структурная схема данного устройства

и структурные схемы самостоятельных блоков и производится их описание. При этом могут применяться временные диаграммы и таблицы для пояснения принципа работы (см. пример 5.5).

**Пример 5.4.** Разработать структурную схему телемеханического комплекса удовлетворяющего условию технического задания.

Решение. На основании разработанной структурной схемы включения устройств комплекса, диспетчерского оборудования и ЭВМ, выбранной радиальной структуры линии связи в примере 5.2, а также разработанных диаграмм использования тактов распределителя (рисунок 5.2) и диаграмм сигналов в линии связи при подаче ТИИ и ТИТ (рисунок 5.3) разработаны структурные схемы ПУ и КП, которые предоставлены на рисунках 5.4 и 5.5 соответственно.

Блок режима работы БРР (рисунок 5.4) с помощью генератора тактовых импульсов и распределителя импульсов формирует управляющие, командные и тактовые сигналы, реализующие алгоритм работы всех блоков устройства по стандартному сопряжению в соответствии с системой приоритетов, периодически вырабатывает синхроимпульс для синхронизации всех устройств КП. Блок режима работы воспринимает коды функциональных адресов информации и преобразует их в управляющие сигналы для соответствующих блоков — приемников информации. Кроме того, БРР контролирует по паритету поступающий из линии связи код и формирует дополнительный разряд защиты по паритету для кодов, передаваемых на КП. В БРР содержатся узлы контроля работоспособности аппаратуры ПУ, исправности линий связи и КП, а также элементы для выдачи сигналов неисправности. Число индивидуальных линейных узлов, устанавливаемых на ПУ, определяется числом подключаемых КП.

Сигналы состояния двухпозиционных объектов воспринимаются блоком управления приемом телесигнализации. Принимаемая информация проверяется по методу повторения и при отсутствии искажения в двух смежных циклах выдается на устройство воспроизведения.

Защита повторением выполнена таким образом, что контролируются искажения информации не только из-за помех в линии связи, но и из-за неисправности аппаратуры. Принятая информация может быть введена в ВМ. через блок связи БСВМ и в устройство обработки телемеханической информации УОТИ для ее регистрации. УВТС формирует сигналы для управления лампочками воспроизведения для мимического или светового щита, а также сигналы несоответствия при изменении положения любого объекта.

ТИТ поступают на блок управления приемом, который также обеспечивает циклический вызов измерений со всех КП или с одного КП, выбранного диспетчером или ЭВМ. Информация выдается на преобразователь код – аналог для воспроизведения стрелочными приборами и регистрации самопишущими приборами. Кроме того, информация может поступать в УОТИ и ЭВМ. К выходу УОТИ могут подключаться цифровые указатели ЦУ, устройство цифровой регистрации (УР) и устройство сигнализации отклонения измеряемых параметров от нормы (УСО).

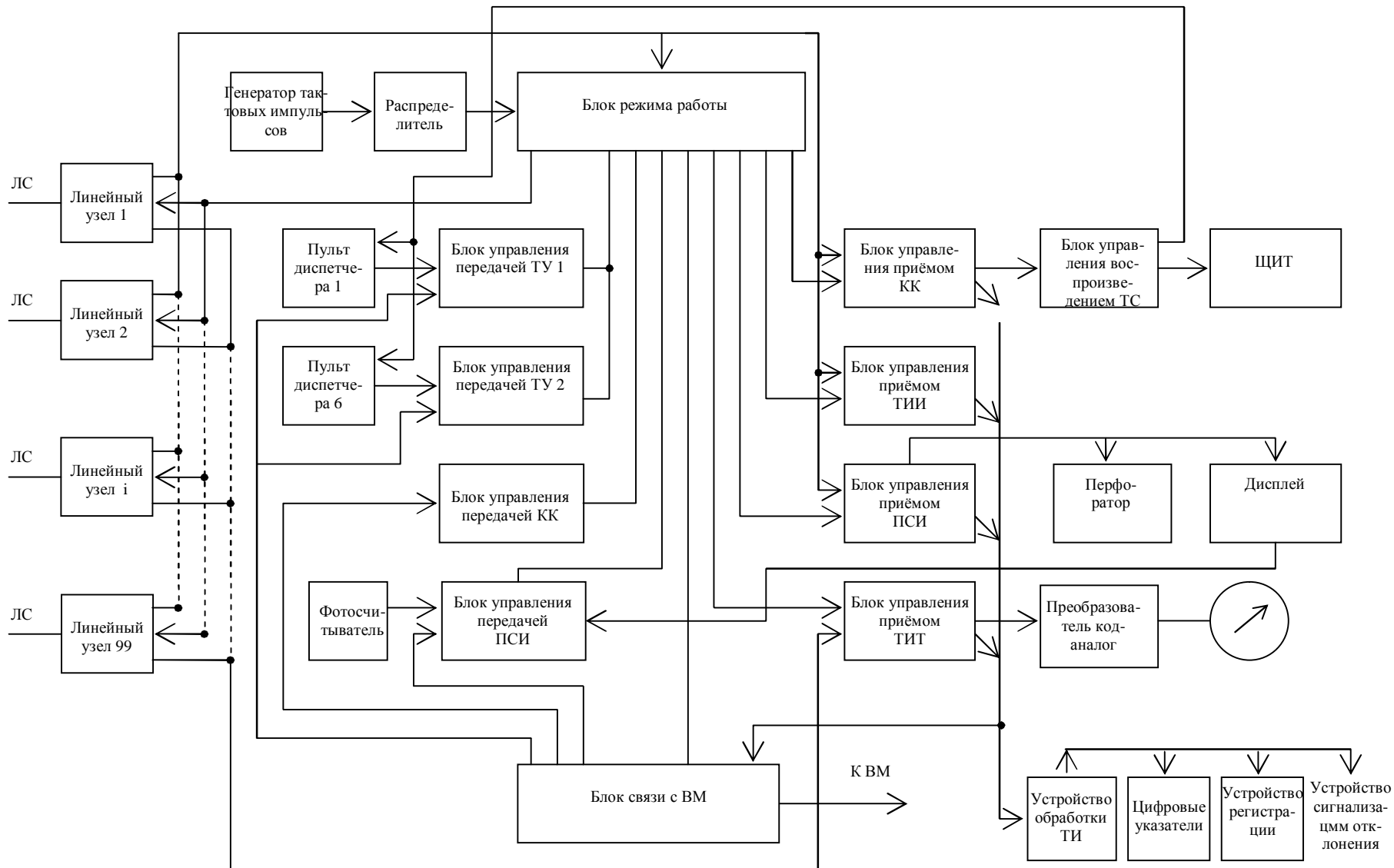


Рисунок 5.4 – Структурная схема устройства ПУ



ТИИ в виде шестнадцатирядных кодов поступают в блок управления приемом, который, кроме того, осуществляет вызов ТИИ по команде от диспетчера или ВМ. Измерения могут передаваться приращениями и полными значениями. Защита ТИИ аналогична защите ТС. С выхода БУПрТИИ информация поступает в УОТИ и БСВМ.

Буквенно–цифровая ПСИ поступает на блок приема БУПрПСИ. Информация принимается по знакам, число знаков не ограничивается. Защита информации позначная, аналогичная защите ТИТ. ПСИ выводится непосредственно на перфоратор или дисплей, а через БСВМ может вводиться в ЭВМ.

Команды управления двухпозиционными объектами и регулирования по типу «больше – меньше» поступают с пульта диспетчера на блок управления передачей ТУ БУПдТУ. Команды управления двухпозиционными объектами могут поступать также от ЭВМ. Допускается одновременная передача команды только одному объекту. При передаче телерегулирования с ПУ дополнительно передается команда отмены телерегулирования.

Кодовые команды для задания уставок регуляторам вырабатываются ЭВМ. Они поступают на блок передачи кодовых команд (БУПдКК).

Для передачи ПСИ с ПУ устанавливается блок передачи ПСИ (БУПдПСИ). Информация в БУПдПСИ может поступать от дисплея ЭВМ. Передача ПСИ позначная, с защитой каждого знака.

Структурная схема устройства КП приведена на рисунке 5.5. Блок режима работы воспринимает информацию из линии связи и обеспечивает синфазирование КП с ПУ. В соответствии с принятым функциональным адресом БРР вырабатывает управляющие сигналы для функциональных блоков КП. Обмен сигналами между функциональными блоками производится по RS–422А интерфейсу. В БРР, поступающая из линии связи информация проверяется по паритету; выдаваемые в линию связи байты дополняются разрядом защиты по паритету.

Для сигнализации состояния объектов используются контактные датчики ТС. Блок управления передачей ТС воспринимает информацию от датчиков, фиксирует любое изменение состояния объектов, формирует сигнал запроса связи. При получении сигнала вызова информации БУПдТС формирует последовательный код функционального адреса, номера группы и состояния объектов в группе. Блок обеспечивает также передачу информации по вызову с ПУ, при этом одновременно с передачей ТС обеспечивается контроль работоспособности практически всех элементов блока.

Блок управления передачей ТИТ включает в себя аналого–цифровой преобразователь, на который поступают сигналы от датчиков тока и напряжения через коммутатор КДТ(Н). Программа работы коммутатора определяется БРР. Для контроля работоспособности аналого–цифрового преобразователя БУПдТИТ формирует тестовое измерение, содержащее в себе также информацию о номере группы. Передача продолжается до получения подтверждения о приеме на ПУ.

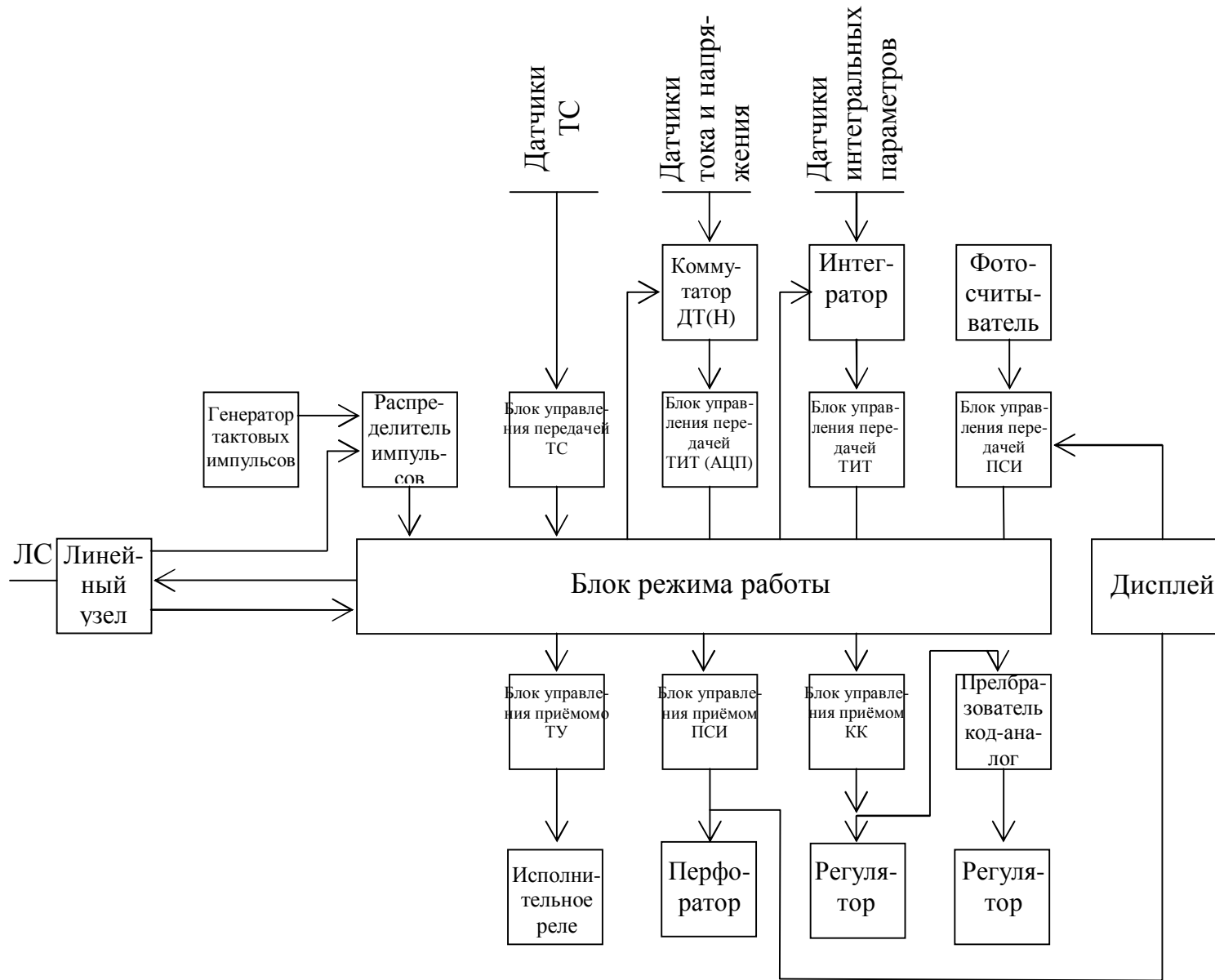


Рисунок 5.5 – структурная схема устройства КП

Число–импульсные сигналы от датчиков ТИИ поступают на индивидуальные интеграторы (Ин). По командам от БРР информация с интеграторов последовательным кодом поступает в блок управления передачей ТИИ. Для контроля работоспособности блока формируется тестовое измерение, также несущее в себе информацию о номере группы.

Для передачи ПСИ на КП устанавливается дисплей (Д) и блок управления передачей ПСИ, аналогичный описанному выше для ПУ.

Команды ТУ и телерегулирования по типу «больше — меньше» воспринимаются блоком приема. В блоке осуществляется проверка информации по методу повторения, проверка поступления команды только одному объекту. При этом контролируется отсутствие аппаратных искажений, в том числе срабатывание исполнительных реле (ИР).

Кодовые команды воспринимаются БУПрКК, который обеспечивает контроль информации по методу повторения и контроль исправности элементов. Кодовая информация с БУПрКК поступает либо непосредственно на регуляторы (при цифровом задании уставки), либо через преобразователь код—аналог ПКА при задании уставки аналоговым сигналом.

Производственно–статистическая информация воспринимается блоком приема БУПрПСИ, аналогичным описанному выше для ПУ. Принятая информация выводится на дисплей.

В комплексе, как указывалось выше, параллельно могут работать два информационных канала: по одному с разделением во времени передается ТС, ТУ, ТР, КК и ПСИ, а по другому осуществляются вызов и прием ТИТ. При этом второй канал может функционировать по линиям связи, не запятым передачей информации первого канала. Для удобства изложения в последующих примерах отдельно рассмотрим алгоритм функционирования устройства ПУ для первого и второго каналов.

**Пример 5.5.** Дать описание структурной схемы устройства преобразования сигналов (УПС) передатчика аппаратуры передачи данных (АПД), которое выполняет линейное кодирование в коде ВІ–L или Манчестер–2, осуществляет квадратурную амплитудную модуляцию КАМ–16 и преобразует электрический сигнал в оптический для передачи по волоконно–оптической линии связи.

Решение. Общий вид структурной схемы УПС передатчика АПД представлен на рисунке 5.6. Это устройство является составной частью системы передачи цифровой информации (СПЦИ), структурная схема которой приведена на листе графического материала, например: БГУИР КП 53 0107 005 Э1. Двоичная последовательность данных поступает на вход линейного кодера, который реализует функции преобразования сигнала по алгоритму кодирования абсолютного биимпульсного линейного кода (код ВІ–L или Манчестер–2).

Блок «Передатчик (преобразователь) УПС» выполняет основные функции УПС по преобразованию (двоичный сигнал – модулированный аналоговый) и спектральному согласованию с линией связи (ЛС), поступающего на его вход, двоичного сигнала. Данный блок реализован в виде готового чипа

STEL – 2176, с программно определяемой структурой и реализующий физический протокол J.83A.

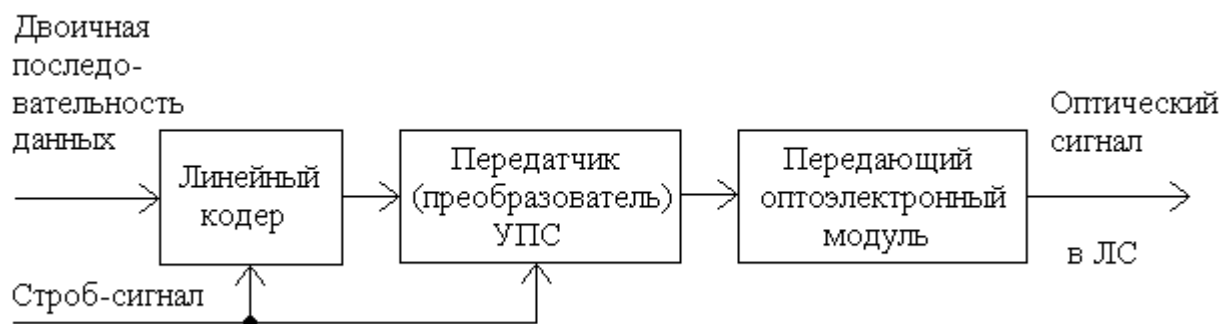


Рисунок 5.6 – Структурная схема УПС передатчика АПД

Аналоговый сигнал с выхода передатчика УПС поступает на вход блока «передающий оптоэлектронный модуль» (ПОМ), который конвертирует поступающий электрический сигнал, в оптический, модулируемый по интенсивности излучения, с одной из двух длин волн ( $\lambda_1$  или  $\lambda_2$  – дуплексный режим ЛС).

Выходной сигнал блока УПС передатчика АПД непосредственно поступает в ЛС (волоконно–оптическую линию связи).

Структурная схема кодера представлена на рисунке 5.7.

Генератор тактовых импульсов формирует последовательность тактов с частотой  $f_{ти} = 1$  МГц и скважностью  $Q = 2$ . Выходные импульсы поступают на вход преобразователя и вход кодера VI-L (т.2), синхронизируя тем самым кодер с выходными последовательными данными (т.1) преобразователя параллельного кода.

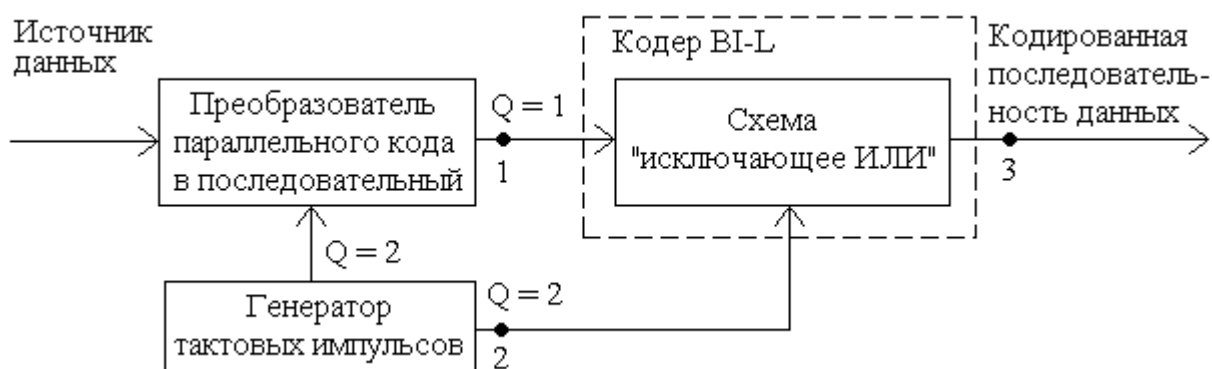


Рисунок 5.7 – Структурная схема линейного кодера VI-L

На рисунке 5.8 представлен механизм формирования кодированной последовательности.

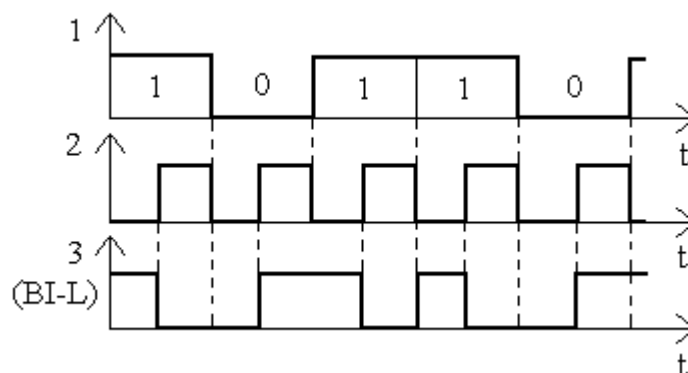


Рисунок 5.8 – Формирование линейного кода BI-L

В качестве модулятора/демодулятора (модема) передаваемого и принимаемого сигналов в СПЦИ используется цифровой модем, который, помимо выше указанных функций, интегрирует в себе дополнительные функции УПС. В проектируемой системе данное устройство реализуется в виде отдельного чипа STEL-2176, представляющего собой законченное устройство преобразования сигнала с программно конфигурируемой структурой [10]. Благодаря чему структурные схемы УПС приемника и передатчика принимают требуемый для СПЦИ вид.

STEL-2176 – высоко интегрированный, максимально гибкий, целевой трансмиттер (передатчик). Трансмиттер получает последовательные данные, рандомизирует (скремблирует) их, исполняет алгоритм относительного кодирования, преобразует данные к сигнальной совокупности (КАМ-16) перед модуляцией, выдает на выходе аналоговый радиосигнал, формируемый цифро-аналоговым преобразователем (ЦАП). Кроме того, передатчик использует цифровой фильтр с конечной импульсной характеристикой (КИХ), чтобы оптимально формировать спектр информационного сигнала до модуляции. После чего осуществляется масштабирование уровня сигнала, что позволяет выделить желаемый арифметический максимум динамического амплитудного диапазона.

Структурная схема передатчика STEL-2176, состоящая из тракта данных и блока управления, показана на рисунке 5.9.

Тракт данных состоит из блока тактовой синхронизации, блока кодера (то есть, скремблера, кодера Рида-Соломона и двух мультиплексоров, показанных на рисунке 5.10), блока картопреобразователя символов (т.е. побитного картопреобразователя, относительного кодера и символьного картопостроителя, представленных на рисунке 5.12), двух каналов (один для I (символов амплитуды передаваемого сигнала) и один для Q(символов фазы)), сумматора и 10-разрядного ЦАП. Каждый из двух каналов (канал I и канал Q) состоит из фильтра Найквиста, интерполяционного фильтра и модулятора.

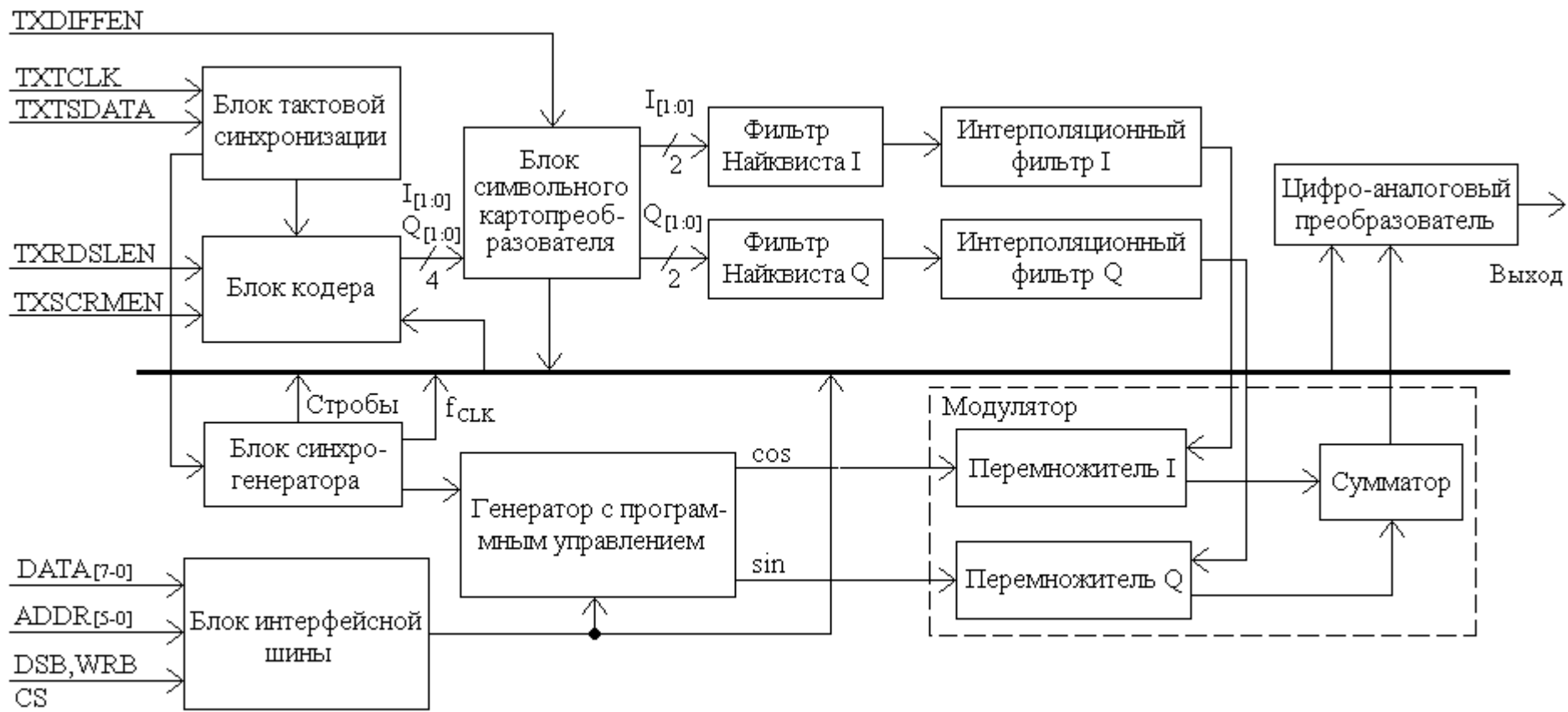


Рисунок 5.9 – Структурная схема передатчика УПС STEL-2176

Блок управления состоит из блока интерфейсной шины (БИШ), тактового генератора и генератора с программным управлением (ГПУ). Блок тактовой синхронизации выполняет две функции: первая – фиксация входных данных; вторая – синхронизация (подсчет символов принимаемых данных внутренним генератором приемника).

Работа фиксатора входных данных предусмотрена в одном из трех режимов:

- внешним образом через вход TXTSDATA, запирающимся внутренним входом TXBITCLK (управляющий режим);
- внешним образом через вход TXTSDATA, запирающимся внешним образом через вход TXTCLK (подчиненный режим);
- внутренне сгенерированным программным кодом через вход TXBITCLK (испытательный режим).

В проектируемом варианте STEL–2176 используем «подчиненный» режим, при котором данные поступают на вход TXTSDATA и стробируются внешним генератором по нарастающему фронту через вход TXTCLK, что позволит синхронизировать данный передатчик с остальной частью проектируемой системы передачи данных.

Также следует отметить, что при использовании «подчиненного» режима, данные, которые фиксируются нарастающим фронтом TXTCLK, заново внутренне запираются следующим спадом на TXBITCLK, который восстанавливает синхронизацию данных с внутренним основным тактовым генератором.

Схема синхронизации устанавливает STEL–2176 и его схемы счетчика (по выходам основного тактового генератора TXBITCLK и TXSYMPLS) к началу первого символа поступающих данных (вторая функция блока тактовой синхронизации). Первый нарастающий фронт на входе TXTCLK будет активизировать процесс синхронизации (счета внутренним генератором входных в передатчик импульсов). Поэтому, в «подчиненном» режиме, первый поступивший на вход TXTSDATA информационный разряд сразу же фиксируется при первом нарастающем фронте на TXTCLK.

В состав блока кодера входят: скремблер, кодер Рида–Соломона (РС) и блок управления трактом данных (мультиплексоры), как показано на рисунке 5.10.

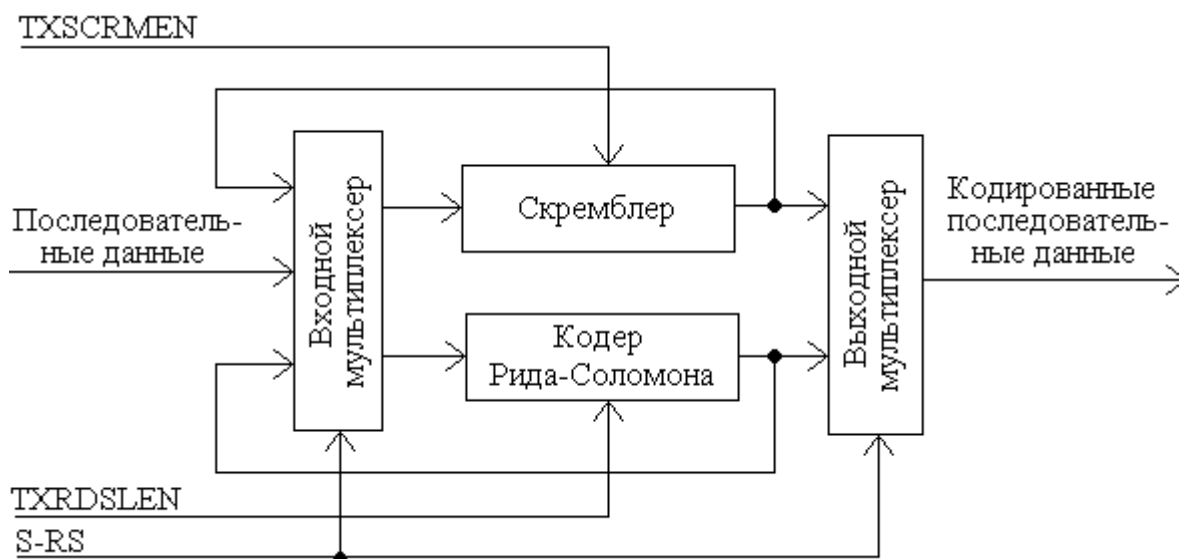


Рисунок 5.10 – Структурная схема кодера

STEL–2176 обладает высокой гибкостью при реализации функций маршрутизации данных сквозь или вокруг функций кодирования. При соответствующих установках регистра, данные могут быть направлены в обход обоих кодеров, через них или через один них в обход другого; кроме того, возможно изменение очередности кодеров на пути данных: сначала скремблер – затем кодер РС или, наоборот, кодер РС, а затем скремблер. Управление маршрутом может быть установлено программно внутренним или внешним управлением.

На рисунке 5.9, в качестве примера управления структурой чипа STEL–2176, приведена реализация внешнего управления маршрутом через штыревые контакты. Каждый из внешних входных контактов TXCRMEN, TXRDSLEN управления включает соответствующую функцию кодирования высоким уровнем сигнала и блокирует низким. Таким образом, поскольку в проектируемой СПЦИ из указанных на рисунке 3.2 кодеров требуется лишь скремблер, а кодер РС не требуется, то, соответственно, на вход TXCRMEN подается высокий уровень, а на вход TXRDSLEN низкий.

Кроме того, следует отметить, что, поскольку в проектируемую СПЦИ STEL–2176 интегрирован как приемо–передатчик, то блокировка функции кодера РС в передатчике программно блокирует соответствующую функцию декодирования в приемнике.

Таким образом, блок кодера представляет собой только скремблер (то есть, нет необходимости проектировать маршрут последовательных данных, поступающих на вход данного блока, а обозначение синхросигнала S–RS может быть заменено на S (скремблер)).

Скремблер используется для рандомизации последовательных данных. Исходная структурная, программно управляемая схема скремблера представлена на рисунке 5.11.

Для реализации своих функций скремблер использует псевдослучайный генератор (ПГ), чтобы генерировать ПГ–кодую комбинацию. В состав скремблера входят три 24–битных регистра (Mask, INIT и сдвиговой) – регистры с предварительной установкой, которые любым образом могут быть связаны для формирования произвольного рандомизирующего многочлена до 24 бит. Скремблер может быть задан или как аддитивный (AC) или как самосинхронизированный (CC). В проектируемой СПЦИ использован аддитивный вариант скремблера, выбор которого определяет SSYNC.

Регистр Mask используется для задания исходной псевдослучайной комбинации. Двоичная комбинация из регистров INIT загружается в сдвиговые регистры скремблера всякий раз, когда скремблер находится в критической ситуации (т.е. в состоянии «ошибка»). Скремблер будет скремблировать данные, т.е. один бит, при каждом спаде на TXBITCLK, который разрешен, когда скремблер и TXDATAENI активен. Простой по внутренней причине при нали-



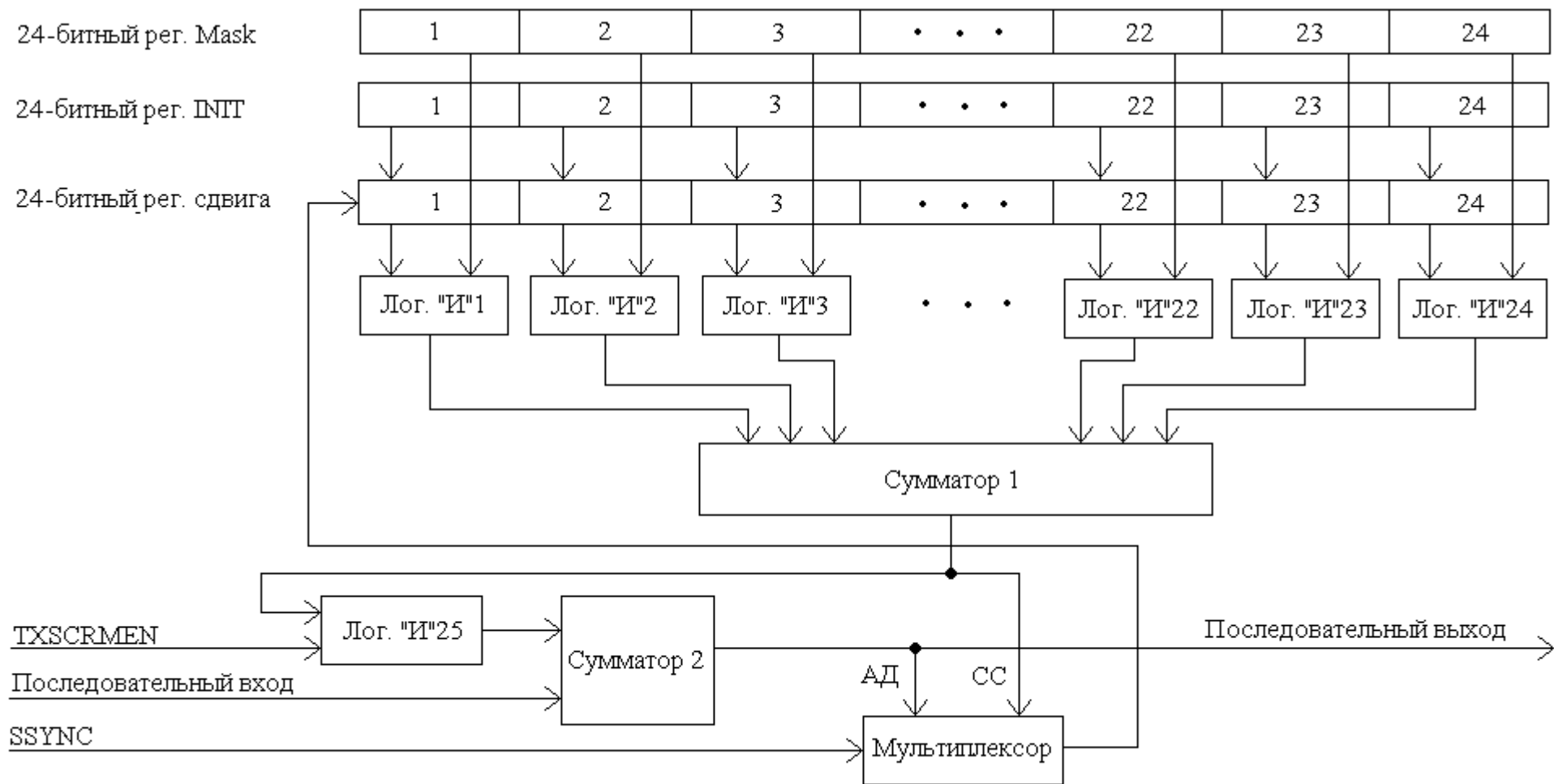


Рисунок 5.11 – Структурная схема скремблера

чии управляющего сигнала на входе TXSCRMEN учитывают нарастающий фронт, чтобы зафиксировать совпадение с нарастающим фронтом TXBITCLK, который предшествует защелке первого скремблируемого информационного разряда.

Регистры Mask, INIT, и SSYNC могут быть запрограммированы для получения различных конфигураций скремблера. Так, конфигурация скремблера может быть осуществлена, программированием Mask, INIT, и SSYNC области с величинами, обозначенными в таблице 5.1.

Таблица 5.1 – Параметры скремблера проектируемой СПЦИ

Параметр	Описание	Значения регистров блока 2		
Рандомизирующий многочлен (регистр Mask)	$p(x) = x^7 + x^6 + 1$	Регистр 35, биты 7 – 0: 0000 0000	Регистр 34, биты 7 – 0: 0000 0000	Регистр 33, биты 7 – 0: 0110 0000
Регистр INIT	0000A9 <sub>H</sub>	Регистр 32, биты 7 – 0: 0000 0000	Регистр 31, биты 7 – 0: 0000 0000	Регистр 30, биты 7 – 0: 1010 1001
Тип скремблера	С начальной установкой	Регистр 36, бит 4: 0		

Блок картопреобразователя символов (БКС) (рисунок 5.12) преобразует информационные разряды с последовательного выхода битового блока–кодера к символам амплитуды I и фазы Q, выполняет относительное кодирование символов, и, для КАМ16, преобразует символы к одной из пяти сигнальных совокупностей. Функции БКС модуляционно зависимы. Модуляционный режим определяет число битов на символ.

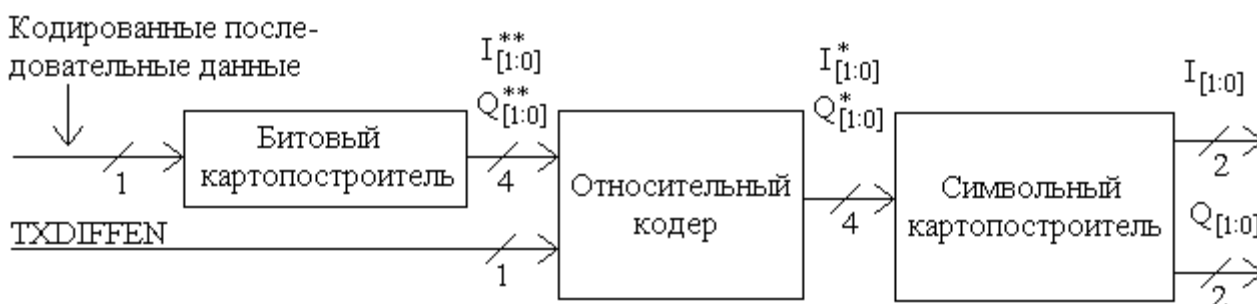


Рисунок 5.12 – Структурная схема БКС

Высокий уровень на входе TXDIFFEN включает в БКС блок относительного кодера. БКС выводит 2 бита для каждого символа (I и Q) к соответствующему фильтру Найквиста (блок КИХ), как показано на рисунке 5.9.

Блок битового картопостроителя (ББК) получает последовательные данные и преобразует их к следующему виду символа:  $I_{[1:0]}^{**}, Q_{[1:0]}^{**}$  (для КАМ–16, каждые четыре бита (полубайт) формируют символ  $(b_0b_1b_2b_3)$ , который преобразуется к виду:  $I_1^{**}, Q_1^{**}, I_0^{**}, Q_0^{**}$ , как показано в таблице 38 [10]).

Далее, эти четыре бита подаются на вход относительного кодера в параллельном виде.

Блок относительного кодера (БОК) кодирует биты (то есть,  $I_1^{**}, I_0^{**}, Q_1^{**}, Q_0^{**}$ ) каждого символа, полученного от ББК, чтобы определить выходные величины  $I_1^*, Q_1^*, I_0^*, Q_0^*$ , передаваемые блоку символьного картопостроителя.

Следует отметить, что для любого модуляционного режима, если дифференциальное кодирование повреждено, тогда:  $I_1^* Q_1^* I_0^* Q_0^* = I_1^{**} I_0^{**} Q_1^{**} Q_0^{**}$ .

В таблице 5.2 показаны результаты относительного кодирования, выполненного для КАМ–16, с соответствующими сдвигами фаз (в таблице,  $I = I_1$  и  $Q = Q_1$ ). Кодироваться только два старших разряда  $I_1^{**}$  и  $Q_1^{**}$ , а выходные биты  $I_0^*$  и  $Q_0^*$  устанавливаются равными входным битам  $I_0^{**}$  и  $Q_0^{**}$ .

Таблица 5.2 – Результаты относительного кодирования для КАМ–16

Биты на выходе	Биты предыдущей группы на выходе	Биты на входе	Квадратурное изменение фазы
00	00	00	0
	01	01	90
	10	10	-90
	11	11	180
01	00	01	-90
	01	11	180
	10	00	0
	11	10	90
10	00	10	90
	01	00	0
	10	11	180
	11	01	90
11	00	11	180
	01	10	90
	10	01	-90
	11	00	0

Символьный картопостроитель получает биты  $I_1^*, Q_1^*, I_0^*, Q_0^*$  каждого символа. Базирующийся на сигнальной модуляции и отображении карты символа, блок символьного картопостроителя преобразует символ данных к точке сигнальной совокупности  $(I_1, Q_1, I_0, Q_0)$ .

Для КАМ–16, символьный картопостроитель отображает каждый входной символ к одному из КАМ–16 совокупности. Конкретная совокупность запрограммирована областью отображения (картой) символа (биты 7–5 блока 2 регистра  $2E_H$ ), что позволяет выбрать тип карты символа.

Поскольку в проектируемом передатчике нет необходимости в использовании какой-либо конкретной карты (области отображения битов  $I_1^*$ ,  $Q_1^*$ ,  $I_0^*$ ,  $Q_0^*$ ), то операция преобразования данным блоком обойдена, то есть  $I_1Q_1I_0Q_0 = I_1^*Q_1^*I_0^*Q_0^*$  (то есть, применение одной и той же сигнальной карты). Указанная карта называется натуральной и задается кодом  $000_2$ .

С выхода блока символьного картопреобразователя каждая из величин  $I$  и  $Q$  поступает в соответствующий канал  $I$  и канал  $Q$ , каждый из которых состоит из фильтра Найквиста, интерполяционного фильтра и модулятора (КАМ-4).

Как уже отмечалось, для формирования оптимального спектра информационного сигнала до модуляции, передатчик использует цифровой фильтр с конечной импульсной характеристикой (КИХ) – фильтр Найквиста.

Конечная импульсная характеристика фильтра (КИХ) используется для преобразования каждого переданного импульса символа, посредством фильтрации, с целью минимизации боковых составляющих его спектра. БСК передает  $I_1I_0$  данные к паре фильтров КИХ  $I$ -канала и  $Q_1Q_0$  данные к паре фильтров КИХ  $Q$ -канала.

Интерполяционный фильтр, показанный на рисунке 5.13, представляет собой трехступенчатый интерполирующий фильтр с перестраиваемой конфигурацией. Фильтр увеличивает частоту дискретизации, разрешая широкий диапазон частот несущей, интерполируя между шагами фильтра КИХ на частоте задающего генератора. Это выравнивает, сглаживает цифровое представление сигнала, перемещая, уничтожая ложные выходные спектральные характеристики сигнала.

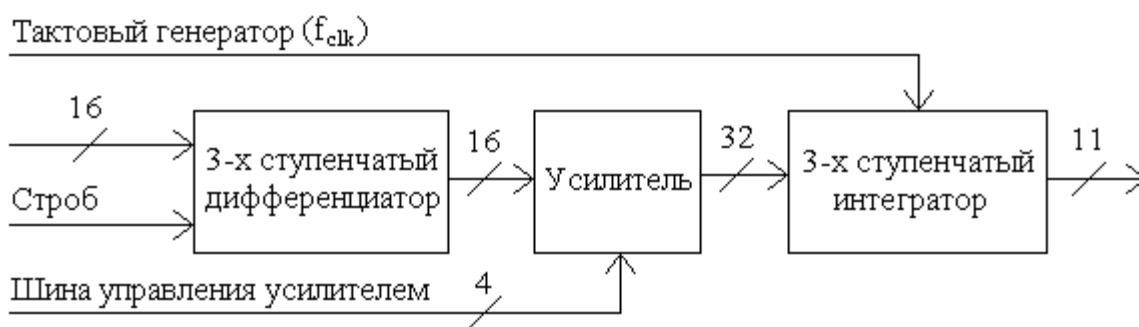


Рисунок 5.13 – Структурная схема интерполяционного фильтра

Кроме того, фильтр интерполяции обладает функцией усиления, которая обычно регулируется опытным путем. Если шум в выходном спектре сигнала широкого диапазона или если это норма, но имеются регулярные мгновенные «всплески» в широком диапазоне спектрального шума, то цифровое усиление определяется высоким.

Данная функция усиления фильтра интерполяции – первое место регулировки усиления, которая прямо не воздействует на форму сигнального спектра и имеет очень широкий диапазон регулировки. Хотя, в целом, это усиление, а

также число каскадов интерполяции, может воздействовать на функции фильтра КИХ. Обычно, используются три каскада интерполяции, но имеется шунтирующая опция использования, когда интерполяция очень высока.

Интерполированные сигналы данных I и Q с выхода фильтра интерполяции, поступают на вход комплексного модулятора, на другие два входа которого подаются синус и косинус несущей частоты, сгенерированные ГПУ. Блок модулятора осуществляет соответствующее перемножение сигналов данных I и Q на косинус и синус несущей частоты. Далее, сигналы с выходов умножителей поступают на сумматор, с выхода которого снимается результирующий модулированный сигнал  $S(t) = I\cos(\omega t) + Q\sin(\omega t)$  (раздел 2.6).

Затем данные поступают к выходу. Выход TXDATAENO – модифицированный дубликат TXDATAENI входа. На выходе TXDATAENO устанавливаются 2 символа высокого уровня после того, как с TXDATAENI снимаются 13 символов низкого уровня, определяющих конец принятого блока данных. Таким образом, высокий уровень на TXDATAENO указывает активный период ЦАП в течение передачи блока данных. Однако, если время между текущим и следующим блоками данных является меньше чем 13 символов, то на выходе TXDATAENO появится высокий уровень только перед следующим блоком.

На вход 10–разрядного цифро–аналогового преобразователя (ЦАП) поступают модулированные цифровые данные и сигнал задающего генератора. ЦАП производит выборку цифровых данных в коэффициенте задающего генератора и выдает аналоговый сигнал в частоте от 5 до 65 МГц.

Как уже отмечалось выше, блок управления состоит из блока интерфейсной шины, тактового генератора и генератора с программным управлением.

Блок интерфейсной шины (БИШ) – часть микроконтроллерного интерфейса, общего для передатчика и приемника. БИШ необходим для определения значений регистров управления (блок 2) основными структурными элементами передатчика STEL–2176.

В состав БИШ входят: параллельная адресная шина ( $ADDR_{5-0}$ ) для адресации одного из 90 8–разрядных регистраторов блока номер 2; шина передачи данных ( $DATA_{7-0}$ ) – 8–разрядная, двунаправленная шина записи/чтения данных из выбранного регистра; управляющих режимом доступа линий  $\overline{DSB}$ ,  $\overline{CS}$  и  $\overline{WRB}$ .

Для реализации функций синхронизации устройств STEL–2176 использует задающий тактовый генератор (синхрогенератор (СГ)). В проектируемом передатчике СГ реализуется посредством внешнего генератора, как показано на рисунке 5.14.

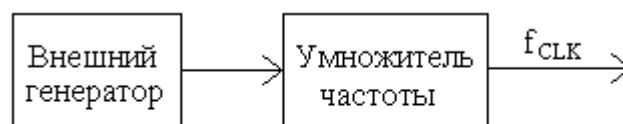


Рисунок 5.14 – Структурная схема синхрогенератора

Внешний генератор генерирует сигнал с частотой 20–50 МГц, который преобразуется в сигнал 100–150 МГц умножителем частоты системы ФАПЧ.

Привязка по времени в STEL–2176 управляется тактовым генератором, который использует задающий генератор (СГ) и программируемый делитель, чтобы генерировать все внутренние и выходные тактовые импульсы.

Имеются, прежде всего, две системы временного тактирования: вспомогательный генератор (для «привилегированного» режима) и тактирующие сигналы канала данных (биты, символы, и сигналы частоты дискретизации).

Выходная тактовая частота ( $f_{\text{CLK}}$ ) определяется частотой внешнего задающего генератора и величиной  $N$  вспомогательной области управления тактовой частотой (биты 3–0 блока 2 регистра  $2A_n$ ). Тактовая частота устанавливается в соответствии с выражением:

$$\text{TXACLK} = \frac{f_{\text{CLK}}}{N + 1} \Big|_{2 \leq N \leq 15}. \quad (5.1)$$

В выражении (5.1) TXACLK – выход, предназначенный для работы в «привилегированном» режиме. Если  $N$  установлен в 1 или 0, выход TXACLK останется высоким, таким образом, блокируя выше указанную функцию. Если сигнал TXACLK не требуется (в проектируемом передатчике не требуется), рекомендуется, чтобы был активирован этот режим для сохранения потребляемой мощности.

Осуществление тактирования канала данных основано на соотношении частоты задающего генератора и скорости передачи символа данных. Соотношением должна быть четырехкратное  $N+1$  целое число. Величина  $N$  должна находиться в диапазоне от 3 до 4095. Эта величина представляется 12–разрядным двоичным числом, которое запрограммировано младшим и старшими байтами блока управления частотой дискретизации (блок 2, регистр  $29_n$  (младший байт) и биты 3–0 блока 2 регистра  $39_n$  (старший байт)), и которое определяет скорость символа для КАМ–16 (основанную на частоте  $f_{\text{CLK}}$  внешнего задающего генератора):

$$\text{Скорость символа} = \frac{1}{4} \cdot \frac{f_{\text{CLK}}}{N + 1} \Big|_{3 \leq N \leq 4095}, \quad (5.2)$$

24–разрядный генератор с программным управлением (ГПУ) используется, чтобы синтезировать цифровую несущую для блока модулятора. ГПУ обладает разрешающей способностью по частоте приблизительно 6 Гц в частоте синхронизации 100 МГц.

Для формирования цифровых несущих ГПУ использует 12–разрядные таблицы преобразования для синуса и косинуса (ТПКС), позволяющие синтезировать несущую с очень высокой спектральной чистотой.

Для определения частот несущей STEL–2176 снабжен регистровым пространством. Таким образом, несущую частоту, модулирование на которой про-

изводит модулятор, задают девять 8–разрядных регистраторов в адресах от  $00_n$  до  $08_n$ , которые определяют три 24–разрядных слова подстройки частоты через слова флагового управления (FCW) «А», «В» и «С». Выходная несущая частота ГПУ  $f_n$ , МГц определяется по формуле:

$$f_n = \frac{f_{\text{CLK}} \cdot \text{FCW}}{2^{24}}, \quad (5.3)$$

где  $f_{\text{CLK}}$  – частота выходного сигнала СГ, МГц.

Передающие оптоэлектронные модули (ПОМ), применяемые в волоконно–оптических системах, предназначены для преобразования электрических сигналов в оптические. Производятся весьма разнообразные ПОМ, отличающиеся по конструкции, а также по типу источника излучения [9].

В проекте, в качестве ПОМ использовано готовое устройство серии STX–48–SC. Структура ПОМ УПС проектируемой системы представлена на рисунке 5.15.

Аналоговый сигнал поступает на вход усилителя, выполняющего функции согласования по амплитуде сигнала с выхода передатчика УПС и сигнала на входе оптического передатчика ПОМ.

Полученный электрический сигнал поступает на вход блока электрического преобразователя, где усиливается до уровня, необходимого для управления величиной тока накачки (модуляции источника излучения).

Источник излучения, проектируемого варианта ПОМ, представляет собой полупроводниковый лазерный диод со встроенным оптическим резонатором Фабри–Перо. Выбор подобного источника обусловлен тем, что в сравнении со светоизлучающим диодом, лазерный диод, во–первых, имеет встроенный резонатор, а во–вторых – работает при значительно больших значениях токов накачки, чем светодиод, что позволяет при превышении некоторого порогового значения получить режим индуцированного излучения [9]. Именно такое излучение характеризуется высокой когерентностью, благодаря чему лазерные диоды имеют значительно меньшую ширину спектра излучения (1–2 нм против 30–50 нм у светодиодов), что делает их более предпочтительными при использовании волнового мультиплексирования/демупльтиплексирования (WDM).

Для обеспечения стабильности работы излучателя, в схему лазерного генератора введены блок оптического мониторинга, реализующего обратную связь между блоком тока накачки и излучателем, и система термостабилизации, состоящая из температурного мониторинга и управляемой им системы охлаждения.

Для передачи информации по оптическому волокну необходимо изменение параметров оптической несущей в зависимости от изменений исходного сигнала. Этот процесс называется модуляцией. В проектируемом варианте ПОМ использована внутренняя модуляция (модуляция сигнала по интенсивности). В этом случае исходный (электрический) сигнал управляет параметрами модулятора (блок «внутренний модулятор»), введенного в резонатор лазера.

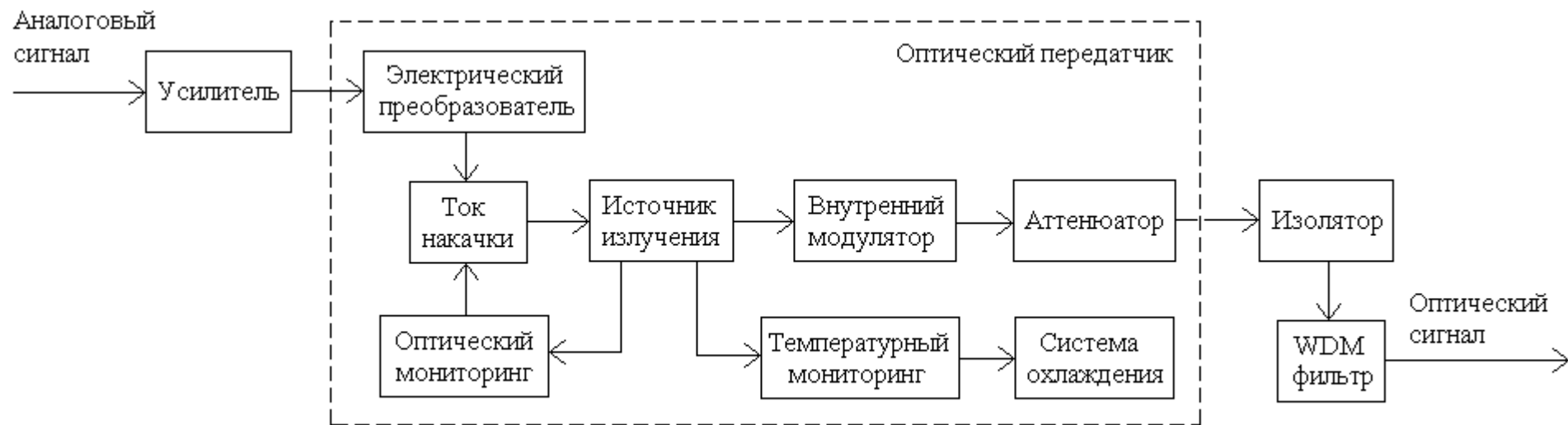


Рисунок 5.15 – Структурная схема ПОМ УПС



С выхода модулятора оптический сигнал, промодулированный по интенсивности цифровым электрическим сигналом в коде ВІ–L, поступает на устройство согласования полупроводникового излучателя с оптическим волокном – аттенюатор.

Аттенюатор используется с целью уменьшения мощности входного оптического сигнала (на приемной стороне). При передаче аналогового сигнала чрезмерно высокий уровень приводит к нелинейным искажениям и ухудшению изображения [9].

Оптический сигнал, распространяясь по волокну, отражается от различных неоднородностей, в особенности от мест сухого стыка, образуемых оптическими соединителями. Если в качестве источников излучения используются лазерные диоды, то отраженный сигнал, попадая в резонатор лазера, способен индуцировано усиливаться, приводя к паразитному сигналу. Особенно это нежелательно, когда источник излучения генерирует цифровой или аналоговый широкополосный сигнал, как в проектируемом ПОМ. Кроме того, усиливается побочная обратная связь, создаваемая WDM – фильтром, что приводит к росту уровня шума источника излучения.

Наиболее кардинальный способ подавления обратного потока основан на использовании оптических изоляторов. Оптический изолятор обеспечивает пропускание света в одном направлении почти без потерь, а в другом (обратном) направлении с большим затуханием [9].

Устройство волнового (спектрального) уплотнения WDM – WDM фильтр – выполняет функции мультиплексирования MUX (объединения) / демупльтиплексирования DEMUX (выделения или фильтрации) оптических сигналов разных длин волн – каналов [9].

В проектируемой системе применен двухканальный фильтр WDM, позволяющий реализовать дуплексный режим передачи разнонаправленных сигналов в одном волокне (условно примем для одной стороны СПЦИ: передача на длине волны  $\lambda_1$ , прием на длине волны  $\lambda_2$ ; для другой стороны наоборот).

Также следует отметить, что соединение оптического передатчика УПС, изолятора, WDM фильтра, а также ВОЛС между собой осуществляют разъемные соединители (на случай, если произойдет поломка одного из них, а также в целях диагностики, соединяемый оптический элемент будет легче заменить, отсоединить, чем при сварном соединении). На рисунке 5.15 соединители, в целях экономии графического пространства, не указаны.

Таким образом, блок ПОМ УПС выполняет преобразование электрического сигнала в эквивалентный ему оптический с длиной волны  $\lambda_1$ , подаваемый в ВОЛС.

#### **5.4 Алгоритм функционирования системы**

В данном разделе на основании выбранной структуры системы, состава оборудования, структуры сигналов в линии связи, разработанной структурной схемы составляется подробный алгоритм (последовательность выполнения операций) функционирования КП и ПУ и дается детальнейшее его описание.

**Пример 5.6.** Разработать схемы алгоритмов ПУ и КП телемеханического комплекса, удовлетворяющего техническим условиям, приведенным в разделе 2.5.

Решение. На основании разработанной структурной схемы включения устройств комплекса и структуры линии связи в примере 5.2, структуры сигналов, циркулирующих между КП и ПУ в примере 5.3, и структурных схем, разработанных в примере 5.4, разработаны схемы алгоритмов ПУ и КП. Причем схемы алгоритмов функционирования ПУ разработаны для двух каналов, указанных в примере 5.4.

Схема алгоритма функционирования для первого канала приведена на рисунке 5.16.

После включения схема устанавливается в исходное состояние. Затем рассматривается наличие заявок на приём и передачу информации. В первую очередь удовлетворяются заявки на прием ТС, вызов телесигнализации (ВТС) и отмену телерегулирования (ОТР). Выполнение команды ОТР по высшему приоритету связано с тем, что при регулировании типа «больше – меньше» время задержки в передаче этой команды определяет точность регулирования. Во вторую очередь удовлетворяются команды ТУ (ТР).

При наличии в системе заявок на передачу информации ожидается, когда окончится передача или прием слова. После этого осуществляется прерывание выполнения заявки и схема устанавливается в исходное состояние. Передача КК, ТИИ и ПСИ может осуществляться только при отсутствии прерывания. Если в системе отсутствует прерывание (при передаче КК, ТИИ и ПСИ), осуществляется установка адреса. После этого определяется правильность выбранного направления, т. е. сравнивается номер выбранного линейного узла с адресом на выходе блока, выставившего заявку на передачу или прием информации. При несовпадении выдается сигнал неисправности, и устройство устанавливается в исходное состояние. При совпадении определяется, не осуществляется ли в данный момент с выбираемого КП передача ТИТ. Если нет, то приступают к передаче функционального адреса (ФА) и (при необходимости) номера группы (НГ). Если да, то выдается сигнал блокировки канала 2, и затем переходят к передаче ФА и НГ.

После передачи ФА и НГ ожидают прихода с КП квитанции. Если сигнал «квитанция» пришел за время  $\Delta t$ , то в зависимости от того, получена ли заявка от приемника или источника, осуществляется либо прием, либо передача слова. После приема слова проверяется его достоверность. Если ошибка не обнаружена, то информация выдается. Затем определяется, принят ли код конца. Если код конца не принят и данная информация не является ТС, то проверяется необходимость прерывания. При отсутствии последней передается квитанция и, если сигнал прерывания не получен, устройство переходит к приему следующего слова. Если сигнал «квитанция» ФА и НГ не получен за время  $\Delta t$ , отсутствует сигнал прерывания и время контроля не истекло, то передача ФА и НГ повторяется. По истечении контрольного времени при отсутствии квитанции или искаженном приеме информации выдается сигнал неисправности.

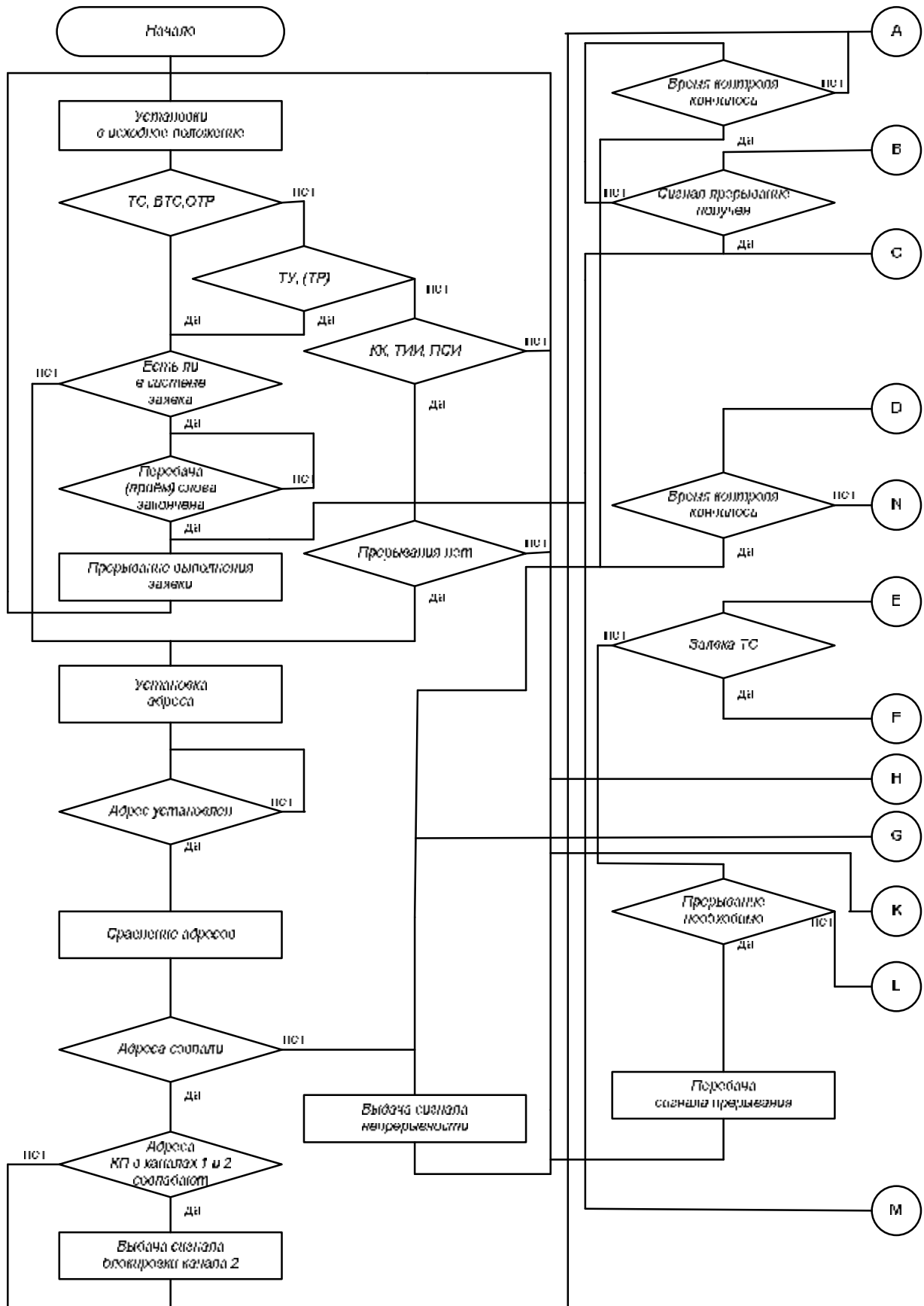


Рисунок 5.16 – Схема алгоритма функционирования устройства пункта управления, канал 1, лист 1

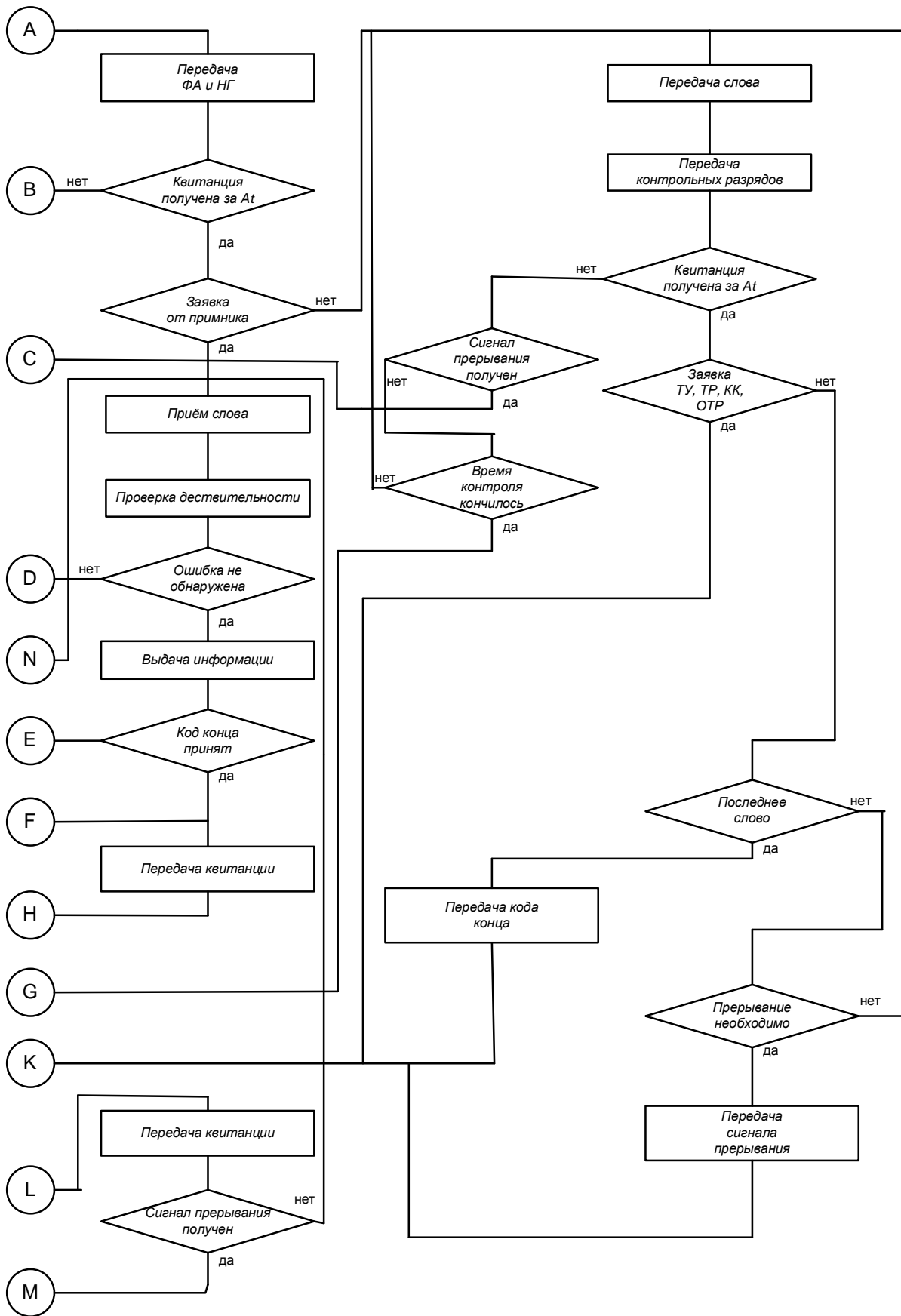


Рисунок 5.16 – Лист 2

Устройство устанавливается в исходное состояние после приема сигнала прерывания и прерывания выполнения заявки, после передачи (при необходимости) сигнала прерывания на КП, после передачи квитанции о приеме информации или передачи кода конца.

При заявке от источника осуществляется передача слова и контрольных разрядов. После этого при отсутствии искажений с КП должна поступить квитанция о приеме. В случае командной информации (ТУ, ТР, КК, ОТР), передача которой занимает один цикл, устройство, получив квитанцию, устанавливается в исходное состояние.

В случае передачи ПСИ проверяется, является ли переданное слово последним. Если нет, то при отсутствии необходимости в прерывании устройство переходит к приему следующего слова. Если да, то передается код конца и устройство возвращается в исходное состояние.

На рисунке 5.17 приведена схема алгоритма функционирования канала вызова и приема ТИТ. При включении схемы осуществляется установка в начальное положение регистра КП, счетчиков групп и измерений. Затем проверяется, имеется ли по выбранному направлению блокировка от канала 1. Если есть, то регистр КП сдвигается в следующее положение. Если нет, то на выбранный КП передаются ФА и НГ с контрольными разрядами. После этого вновь проверяется наличие блокировки от канала 1. Если блокировка есть, то снова сдвигается регистр КП. Если нет, то при отсутствии искажений в работе принимается квитанция и вслед за ней двухбайтное информационное слово. Затем осуществляется проверка достоверности.

Если ошибка не обнаружена, не пришел код конца и счетчик измерений находится в первой позиции, то принятое слово является тестовым. Осуществляется контроль теста и номера группы. При правильном приеме тест выдается на внешние устройства, счетчик измерений переводится в следующую позицию и на КП передается квитанция. После этого устройство приступает к приему следующего слова. Так как в этом случае счетчик измерений находится уже не в первой позиции, то осуществляется последовательно выдача первого байта, перевод счетчика измерений в следующую позицию, выдача второго байта измерения, опять перевод счетчика в следующую позицию и передача квитанции на КП. Затем при отсутствии блокировки от первого канала и нахождении счетчика измерений не в последней (шестнадцатой) позиции устройство переходит к приему следующего слова.

При нахождении счетчика измерений в шестнадцатой позиции, а счетчика групп не в последней позиции осуществляется ввод 1 в счетчик групп и, если отсутствует запрос связи от ВМ, устройство подготавливается к вызову следующей группы ТИТ. В случае последней группы регистр КП сдвигается в следующее положение и устройство при отсутствии заявок от ВМ готово к вызову ТИТ с очередного КП.

При наличии запроса связи от ВМ производится установка регистра КП и счетчика групп в соответствии с полученной заявкой, после чего устройство подготавливается к вызову заданной группы измерений.

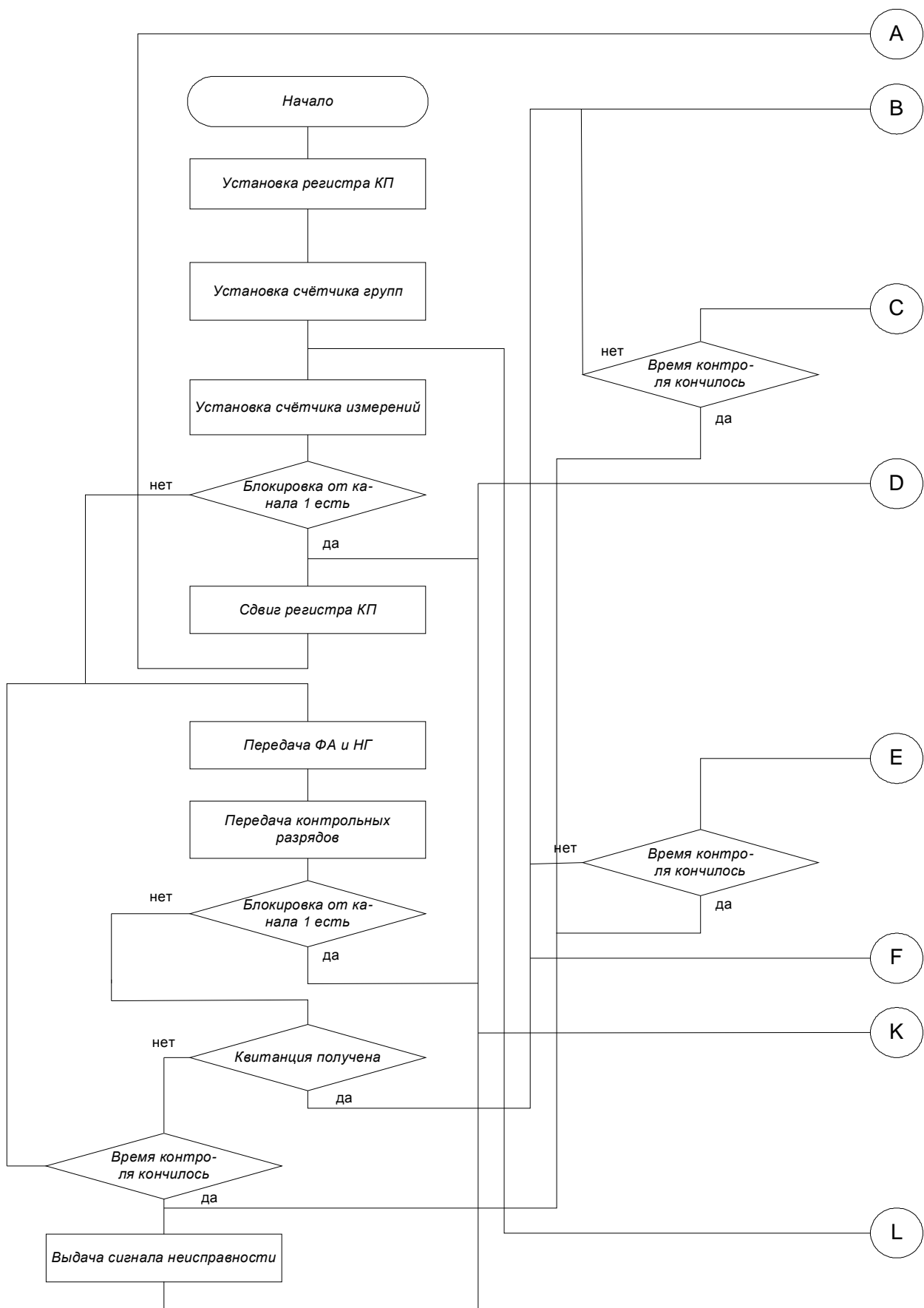


Рисунок 5.17 – Схема алгоритма функционирования устройства пункта управления, канал 2, лист 1

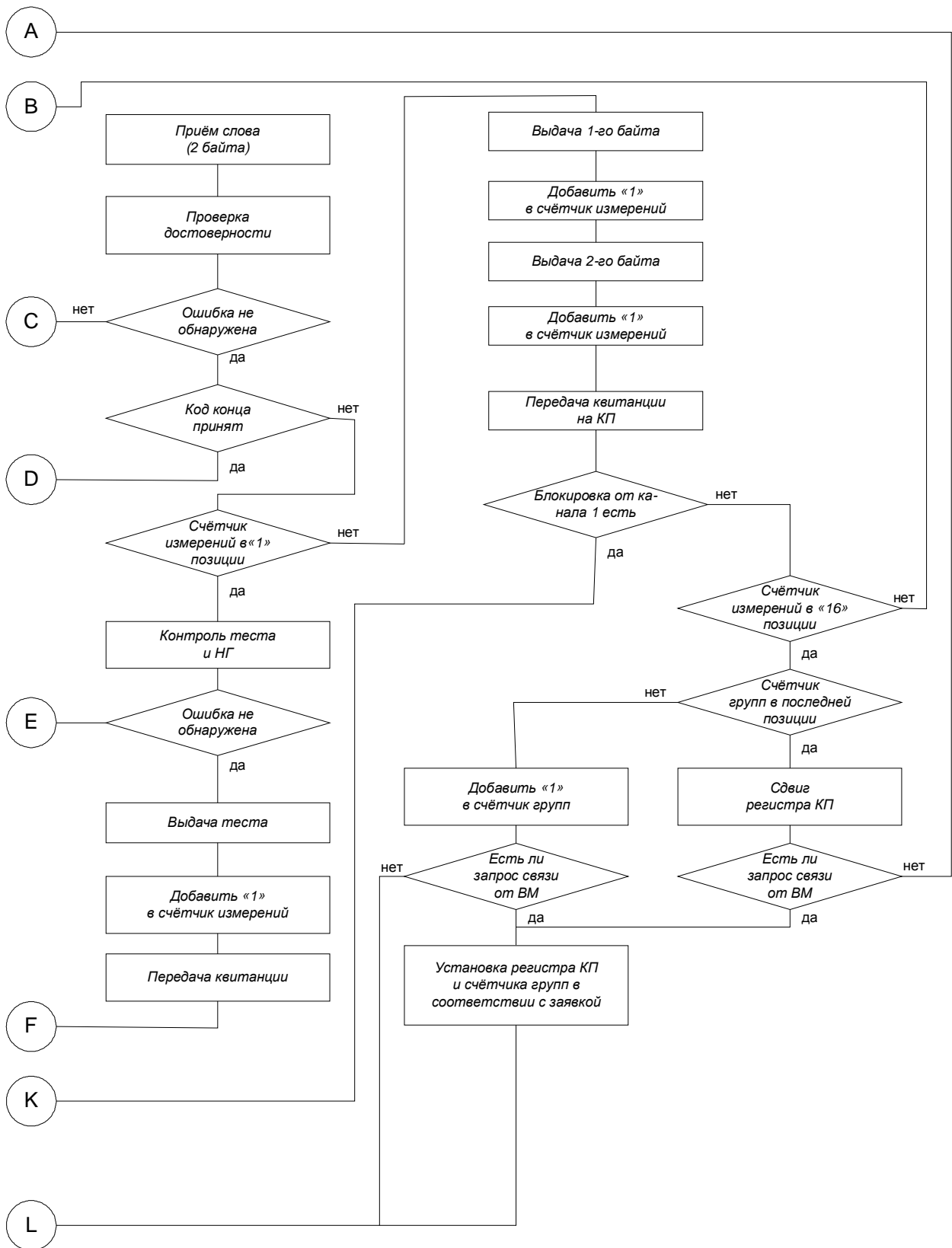


Рисунок 5.17 – лист 2.

На рисунке 5.18 приведена схема алгоритма функционирования устройства контролируемого пункта. После установки в исходное состояние проверяется наличие заявки на передачу ТС. Если заявка есть, то блокируется (отключается) контрольный ток в линии связи и устройство ожидает вызов с ПУ. При отсутствии заявки на передачу ТС также проверяется наличие вызова с ПУ.

Вызов с ПУ осуществляется, как указывалось выше, посылкой ФА и НГ. На КП осуществляются прием ФА и НГ и проверка их достоверности. Если ошибка не обнаружена и функциональный адрес соответствует ТС, передается группа ТС и устройство ожидает прихода с ПУ сигнала «квитанция». По получении последнего квитируется заявка от переданной группы.

В случаях отсутствия вызова с ПУ, обнаружении ошибки при приеме ФА и НГ и непоступлении квитанции с ПУ устройство устанавливается в исходное состояние.

Если функциональный адрес не соответствует ТС, то еще раз проверяется наличие заявки на передачу ТС. При поступлении заявки передается на ПУ сигнал прерывания, блокируется контрольный ток в линии связи и устройство устанавливается в исходное состояние.

При отсутствии заявки на передачу ТС с КП передается сигнал «квитанция». Затем определяется, относится ли принятый функциональный адрес к приемнику или источнику. В первом случае устройство переходит в режим приема слова, во втором – в режим передачи.

В режиме приема проверяется достоверность и при обнаружении ошибки осуществляется выдача информации. При приеме кода конца передается квитанция и схема возвращается в исходное состояние. При отсутствии кода конца снова проверяется наличие заявки на передачу ТС. Если заявка есть, то схема функционирует по описанному выше алгоритму. Если нет, то передается квитанция. Затем при наличии признака команды, передаваемого с ПУ, устройство переходит к приему ФА и НГ. Если же признака команды нет, то устройство в зависимости от принимаемой информации либо возвращается в исходное состояние (ТУ, КК, ТР), либо приступает к приему следующего слова (при приеме ПСИ).

В режиме передачи в линию связи посылается слово с контрольными разрядами, после чего ожидается получение с ПУ квитанции. Если квитанция не получена за время  $\Delta t$  и признак команды с ПУ не принят, то повторно осуществляется передача слова. При поступлении признака команды устройство переходит к приему ФА и НГ.

Если пришла квитанция и данное слово является последним, то передается признак «конец передачи» и устройство переходит в исходное состояние. Если слово не последнее, то проверяется наличие заявки ТС. При наличии последней устройство функционирует по описанному выше алгоритму. При отсутствии заявки снова проверяется наличие признака команды. Если его нет, устройство переходит к передаче следующего слова.



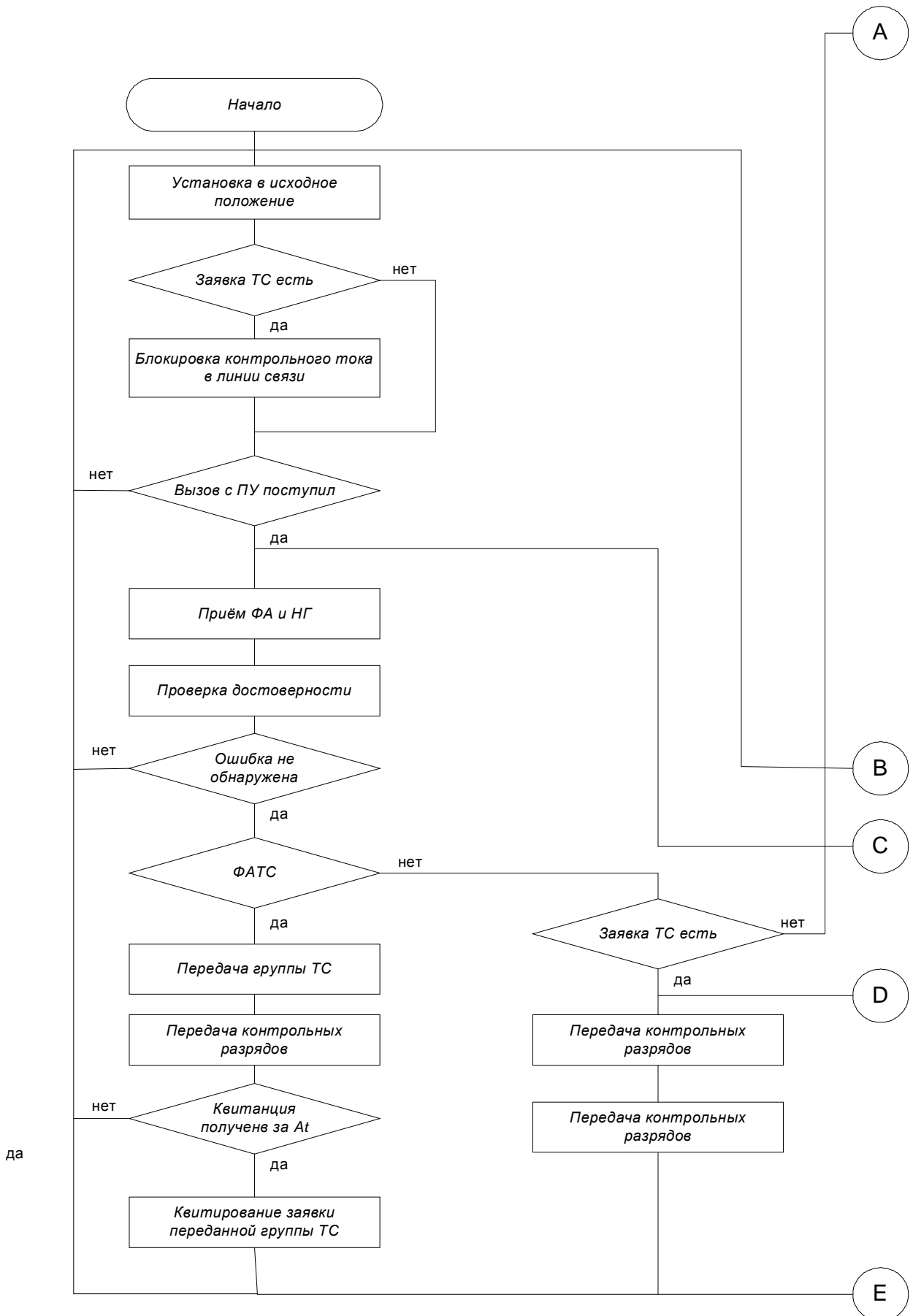


Рисунок 5.18 – Схема алгоритма функционирования устройства контролируемого пункта, лист 1

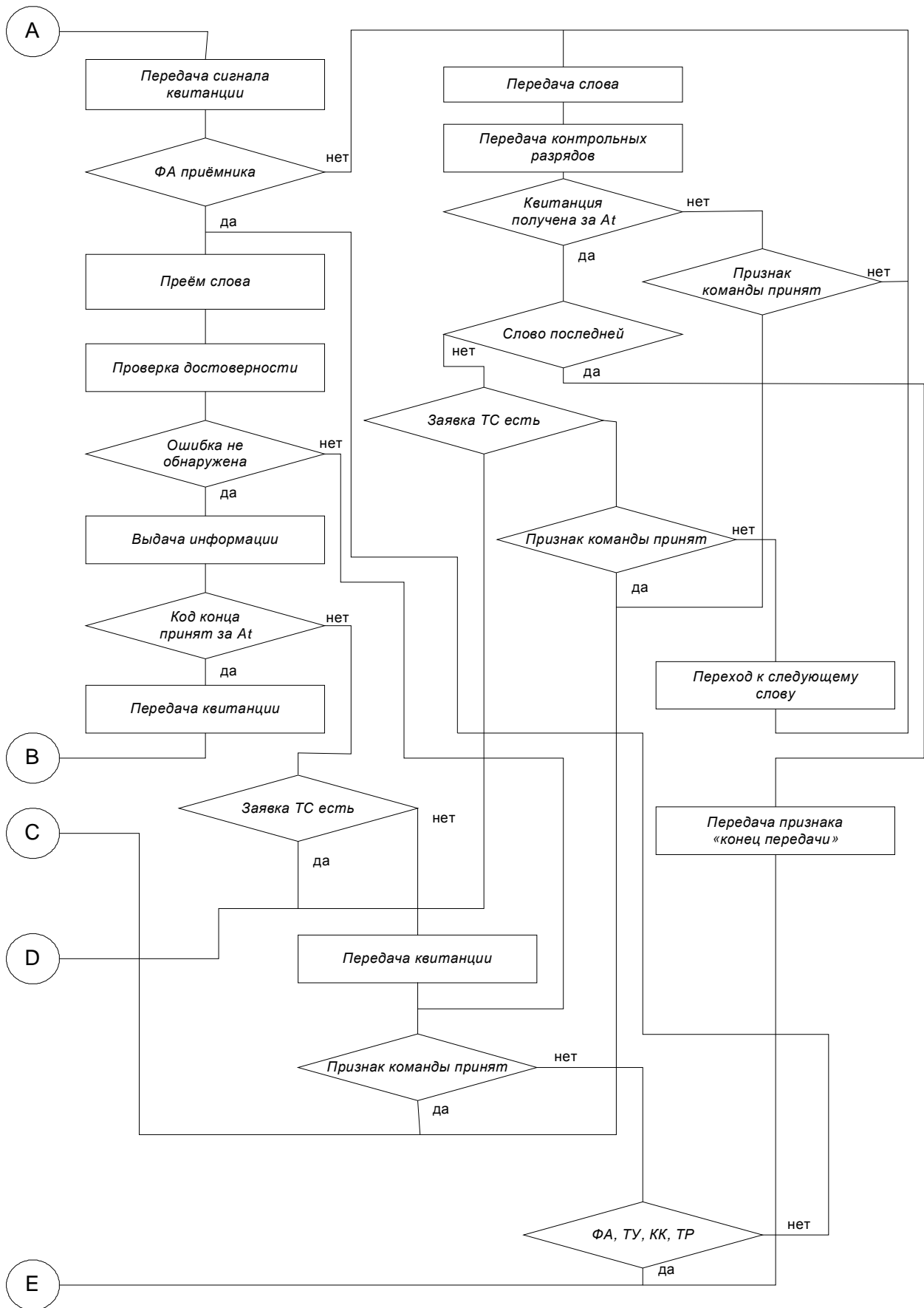


Рисунок 5.18 – лист 2

## 5.5 Расчет частотных и временных параметров

Необходимые соотношения для расчета частотных и временных параметров систем приведены в [32].

В соответствии с алгоритмом функционирования системы и принятой структурой сигнала в линии связи производится расчет частоты генератора тактовых импульсов и длительности импульса.

Для систем ТУ–ТС в исходных данных задается к какой группе по быстродействию данная система относится. В зависимости от назначения системы указывается время передачи команды ТУ или время опроса всех датчиков ТС (см. пример 5.7.).

В примере 5.8 приведен расчет частотных и временных параметров для системы телеизмерений.

**Пример 5.7.** Произвести расчет частоты генератора тактовых импульсов в режиме передачи команды ТУ или уставки ТР для телемеханической системы ТМ–120–1.

Решение. Алгоритм функционирования, структурная схема и структура сигналов системы приведена в разделе 5.2 [32].

Телемеханическая система предназначена для управления и контроля рассредоточенными объектами. Структура линий связи произвольная.

Количество контролируемых пунктов – 30; количество выполняемых функций – 10; количество групп объектов – до 16; количество объектов в группе – 8; количество уставок телерегулирования – 250.

Для обмена информацией между ПУ и КП принята побайтная передача сигналов. Структура сигналов в режиме ТУ и ТР имеет одинаковый вид и приведена на рисунке 5.19.

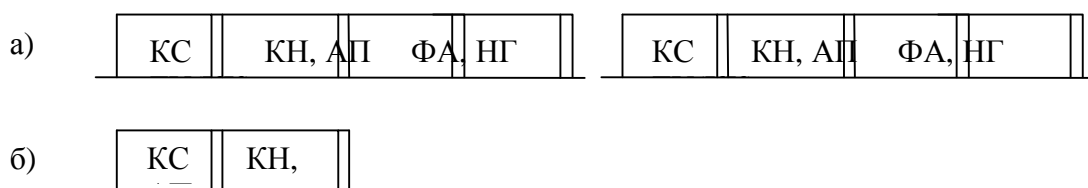


Рисунок 5.19 – Структура сигналов в комплексе ТМ–120–1: а – передача ТУ и КК; б – квитанция о приеме

Для передачи синхрокода отведен один байт. Определим число разрядов ( $n_{АП}$ ), необходимых для кодирования номера КП.

$$n_{АП} = E \log_2 N_{АП} = E \log_2 30 = 5,$$

где  $N_{АП}$  – количество контролируемых пунктов.

Аналогичным образом определим количество бит, необходимых для кодирования функционального адреса ( $n_{\Phi A}$ ), номера группа ( $n_{zp}$ ), кода установки телерегулирования ( $n_{кк}$ )

$$\begin{aligned}n_{\Phi A} &= E \log_2 N_{\Phi A} = E \log_2 10 = 4; \\n_{zp} &= E \log_2 N_{zp} = E \log_2 16 = 4; \\n_{кк} &= E \log_2 N_{уст} = E \log_2 250 = 8.\end{aligned}$$

Для передачи синхрокода отведен первый байт, во втором байте передается код начала – 3 бита и код номера КП, в третьем байте передается номер группы и функциональный адрес. В данной системе для выбора номера объекта в режиме ТУ используется распределительный метод избирания, для выбора номера объекта или передачи уставки предназначен четвертый байт.

В данной системе предусмотрена защита команды телеуправления и телерегулирования кодом с двукратным повторением (и дополнительной защитой каждого байта по паритету), поэтому через промежуток времени, равный одному байту, осуществляется повторная передача команды. Контролируемый пункт в случае правильно принятой информации передает обратно квитанцию, которая состоит из двух байт (рисунок 5.19, б).

Таким образом, для передачи команды ТУ (ТР) и приема квитанции необходимо 10 байт. С учётом промежутка времени перед повторной передачей команды  $n_{байт} = 10+1 = 11$ . Система относится к первой группе по быстродействию, поэтому время передачи команды и получения квитанции не должно превышать 1 секунды.

Исходя из этого, определим время, необходимое для передачи одного байта.

$$T_{байта} = \frac{t}{n_{байт}} = \frac{1}{11} = 0,091 \text{ с.}$$

В системе предусмотрена дополнительная защита каждого байта по паритету, поэтому в каждом байте будет по 9 бит. Определим длительность одного бита

$$T_{бита} = \frac{T_{байта}}{n_{бит}} = \frac{0,091}{9} \cong 0,01 \text{ с.}$$

Тогда частота генератора тактовых импульсов

$$F_{ГТИ} = \frac{1}{T_{бита}} = \frac{1}{0,01} = 100 \text{ Гц.}$$

**Пример 5.8.** Рассчитать частоту генератора тактовых импульсов в телеметрической системе с циклическим опросом датчиков. Количество датчиков  $N = 15$ , максимальная частота изменения телеметрируемого параметра

$F_{c \max} = 0,1$  Гц, погрешность преобразования в цифровой эквивалент  $\delta = 2\%$ , способ защиты сообщений от помех – код Хэмминга с  $d = 3$ .

Решение. В соответствии с теоремой Котельникова, время, за которое необходимо опросить каждый датчик, определяется

$$T = \frac{1}{5 \mathbf{K} 10 \cdot F_{c \max}}, \text{ примем } T = \frac{1}{10 \cdot F_{c \max}} = \frac{1}{10 \cdot 0,1} = 1 \text{ с.}$$

Полное время передачи телеметрической информации складывается из времени передачи синхрокода  $t_{ск}$  и времени передачи измерительного эквивалента  $t_k$ , умноженного на количество датчиков  $N$ . Структура сигналов приведена на рисунке 5.20.

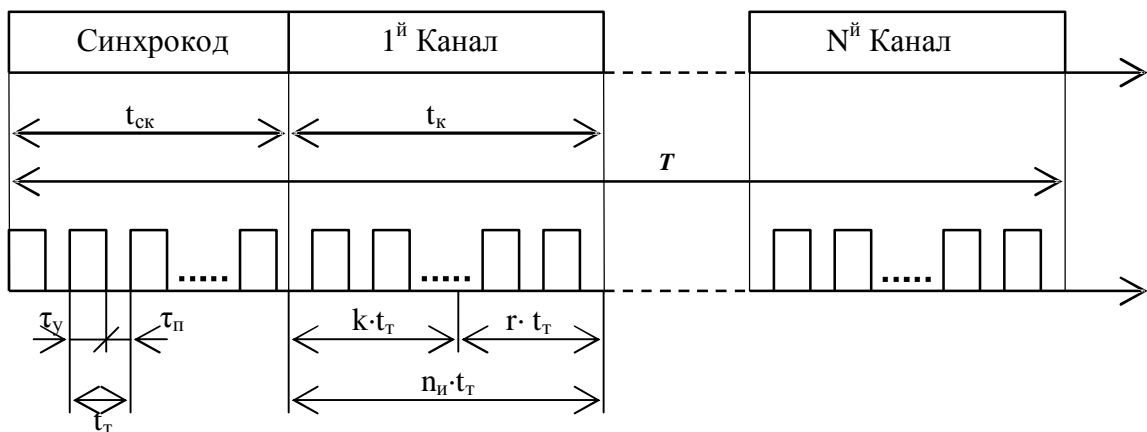


Рисунок 5.20 – Временная структура канальных сигналов в телеметрической системе с циклическим опросом датчиков.

Число информационных символов  $k$  определяется из выражения для приведенной погрешности  $\delta\%_{прив} = \frac{50}{2^k - 1}$ , откуда

$$k = E \log_2 \left( \frac{50}{\delta} + 1 \right) = E \log_2 \left( \frac{50}{2} + 1 \right) = 5.$$

Число контрольных символов для кода Хэмминга определяется по выражению (2.5) [7]

$$r_{d=3} \geq E \log_2((k + 1) + E \log_2(k + 1)) = E \log_2((5 + 1) + E \log_2(5 + 1)) = 4.$$

Таким образом, количество бит, необходимых для передачи информации от одного датчика  $n_u = k + r = 5 + 4 = 9$ .

Время передачи информации от одного датчика  $t_k = n_u \cdot t_T$ , примем время передачи синхрокода  $t_{ск} = t_k$ , тогда время опроса всех датчиков  $T = t_{ск} + N \cdot t_k = (N + 1) \cdot t_k$ , отсюда  $t_k = T / (N + 1) = 1 / 17 = 0,059$  с, а длительность одного бита  $t_T = t_k / n_u = 0,059 / 9 = 6,5 \cdot 10^{-3}$  с.

Частота генератора тактовых импульсов

$$F_{ГТИ} = \frac{1}{t_T} = \frac{1}{6,5 \cdot 10^{-3}} = 153 \text{ Гц.}$$

## 5.6 Выбор и расчет линии связи

В данном разделе в зависимости от области применения системы, принятой структуры и типа линии связи (физическая, телефонная, радио) выбирается конкретный тип кабеля и марка радиостанции. После чего производится расчет параметров линии связи и уровня сигнала. Для волоконно–оптической линии связи рассчитывается число строительных длин линии, затухание, среднеквадратическое значение дисперсии, максимальная длина регенеративного участка и порог чувствительности приемника (пример 5.9).

Расчет проводной линии связи заключается в определении уровня сигнала на выходе передатчика, затухания, вносимого расстоянием передачи, уровня и мощности сигнала на входе приемника (см. пример 5.10). Если проводная линия связи состоит из отдельных участков, то строится диаграмма уровней и затуханий (см. пример 1.3 [6]).

Расчет радиолинии и гидроакустической производится по методике, приведенной в разделе 1.11 [6].

**Пример 5.9.** Произвести выбор и расчет линии связи для передачи цифровой информации на расстояние до 80 км. Передача сообщений производится от 31 источника блоками по 1600 бит. Режим обмена данными – дуплексный. Метод уплотнения канала связи – частотный. Линия связи должна иметь минимальное затухание и ограниченную возможность для несанкционированного съема информации.

Решение. Выбор линии связи и ее основные параметры.

Современная эпоха характеризуется стремительным ростом информатизации общества. Это сильнее всего проявляется в росте пропускной способности и гибкости информационных сетей.

В достаточной мере отвечать растущим объемам передаваемой информации (на уровне сетевых магистралей) можно используя оптическое волокно. И поэтому, поставщики средств связи при построении современных информационных сетей используют волоконно–оптические кабельные системы наиболее часто. Это касается как построения протяженных телекоммуникационных магистралей, так и локальных вычислительных сетей. Оптическое волокно в настоящее время считается самой совершенной физической средой для передачи

информации, а также самой перспективной средой для передачи больших потоков информации на значительные расстояния. Оно имеет малое затухание и ограниченную возможность для несанкционированного съема информации бесконтактным методом.

Учитывая вышесказанное и исходные данные, приходим к необходимости выбора волоконно–оптической линии связи.

Волоконно–оптическая линия связи (ВОЛС) – это вид системы передачи, при котором информация передается по оптическим диэлектрическим волноводам.

Передача информации по ВОЛС имеет целый ряд достоинств перед передачей по медному кабелю. Стремительное внедрение в информационные сети оптических линий связи является следствием преимуществ, вытекающих из особенностей распространения сигнала в оптическом волокне.

ВОЛС имеют следующие преимущества [9]:

– широкая полоса пропускания – обусловлена чрезвычайно высокой частотой несущей  $10^{14}$  Гц. Это дает потенциальную возможность передачи по одному оптическому волокну потока информации в несколько терабит в секунду. Большая полоса пропускания – это одно из наиболее важных преимуществ оптического волокна над медной или любой другой средой передачи информации;

– малое затухание светового сигнала в волокне. Выпускаемое в настоящее время отечественными и зарубежными производителями промышленное оптическое волокно имеет затухание 0,2–0,3 дБ на длине волны 1,55 мкм в расчете на один километр. Малое затухание и небольшая дисперсия позволяют строить участки линии без ретрансляции протяженностью до 100 км и более;

– низкий уровень шумов в волоконно–оптическом кабеле позволяет увеличить полосу пропускания, путем передачи различной модуляции сигналов с малой избыточностью кода;

– высокая помехозащищенность. Поскольку волокно изготовлено из диэлектрического материала, оно не восприимчиво в электромагнитным помехам со стороны окружающих медных кабельных систем и электрического оборудования, способного индуцировать электромагнитное излучение.

– малый вес и объем. Волоконно–оптические кабели (ВОК) имеют меньший вес и объем по сравнению с медными кабелями в расчете на одну и ту же пропускную способность (например, 900–парный телефонный кабель диаметром 7,5 см, может быть заменен одним волокном с диаметром 0,1 см; если волокно «одеть» в множество защитных оболочек и покрыть стальной ленточной броней, диаметр такого ВОК будет 1,5 см, что в несколько раз меньше рассматриваемого телефонного кабеля);

– высокая защищенность от несанкционированного доступа. Поскольку ВОК практически не излучает в радиодиапазоне, то передаваемую по нему информацию трудно снять, не нарушая приема–передачи. Системы мониторинга (непрерывного контроля) целостности оптической линии связи, используя

свойства высокой чувствительности волокна, могут мгновенно отключить «взламываемый» канал связи и подать сигнал тревоги;

– гальваническая развязка элементов сети. Данное преимущество оптического волокна заключается в его изолирующем свойстве. Волокно помогает избежать электрических «земельных» петель, которые могут возникать, когда два сетевых устройства неизолированной вычислительной сети, связанные медным кабелем, имеют заземления в разных точках здания. При этом может возникнуть большая разность потенциалов, что способно повредить сетевое оборудование. Для волокна этой проблемы просто нет.

– взрыво- и пожаробезопасность. Из-за отсутствия искрообразования оптическое волокно повышает безопасность сети на химических, нефтеперерабатывающих предприятиях, при обслуживании технологических процессов повышенного риска;

– экономичность ВОК. Волокно изготовлено из кварца, основу которого составляет двуокись кремния, широко распространенного, а поэтому недорогого материала, в отличие от меди. При этом ВОК позволяет передавать сигналы на значительно большие расстояния без ретрансляции. Количество повторителей на протяженных линиях сокращается при использовании ВОК. При использовании солитонных систем передачи достигнуты дальности в 4000 км без регенерации (то есть только с использованием оптических усилителей на промежуточных узлах) при скорости передачи выше 10 Гбит/с;

– длительный срок эксплуатации. Со временем волокно испытывает деградацию. Это означает, что затухание в проложенном кабеле постепенно возрастает. Однако, благодаря совершенству современных технологий производства оптических волокон, этот процесс значительно замедлен, и срок службы ВОК составляет примерно 25 лет. За это время может смениться несколько поколений/стандартов приемо-передающих систем;

– удаленное электропитание. В некоторых случаях требуется удаленное электропитание узла информационной сети. Оптическое волокно не способно выполнять функции силового кабеля. Однако, в этих случаях можно использовать смешанный кабель, когда наряду с оптическими волокнами кабель оснащается медным проводящим элементом. Такой кабель широко используется как в Беларуси, так и за рубежом.

Несмотря на многочисленные преимущества перед другими способами передачи информации, волоконно-оптические системы имеют также и недостатки, главным образом из-за дороговизны прецизионного монтажного оборудования и надежности источников излучения. Многие из недостатков вероятнее всего будут нивелированы с приходом новых конкурентоспособных технологий в волоконно-оптической сети.

К недостаткам ВОЛС относятся [9]:

– стоимость интерфейсного оборудования. Электрические сигналы должны преобразовываться в оптические и наоборот. Цена на оптические передатчики и приемники остается пока еще довольно высокой. При создании оптических линий связи также требуется высоконадежное специализированное пас-



сивное коммутационное оборудование, оптические соединители с малыми потерями и большим ресурсом на подключение–отключение, оптические разветвители, аттенюаторы;

- монтаж и обслуживание оптических линий, стоимость работ по монтажу, тестированию и поддержке волоконно–оптических линий связи также остается высокой. Тем не менее, производители поставляют на рынок все более совершенные инструменты для монтажных работ с ВОК, снижая цену на них;

- требование специальной защиты волокна. Стекло, как материал, выдерживает колоссальные нагрузки с пределом прочности на разрыв выше 1 ГПа. К сожалению, на практике это не достигается. Причина в том, что оптическое волокно, каким бы совершенным оно не было, имеет микротрещины, которые инициируют разрыв. Для повышения надежности оптическое волокно при изготовлении покрывается специальным лаком на основе эпоксиакрилата, а сам оптический кабель упрочняется, например нитями на основе кевлара. Если требуется удовлетворить еще более жестким требованиям на разрыв, кабель может упрочняться специальным стальным тросом или стеклопластиковыми стержнями. Но все это влечет увеличение стоимости оптического кабеля.

Преимущества от применения волоконно–оптических линий связи настолько значительны, что, несмотря на перечисленные недостатки оптического волокна, дальнейшие перспективы развития технологии ВОЛС в информационных сетях более чем очевидны.

Оптические волокна производятся различными способами, обеспечивают передачу оптического излучения на разных длинах волн, имеют различные характеристики и выполняют различные задачи. Все оптические волокна делятся на две основные группы: многомодовые MMF (Multi Mode Fiber) и одномодовые SMF (Single Mode Fiber).

Многомодовые волокна подразделяют на ступенчатые и градиентные.

Одномодовые волокна подразделяют на ступенчатые одномодовые волокна или стандартные волокна SF (Standard Fiber), на волокна со смещенной дисперсией DSF (Dispersion–shifted Single mode Fiber), и на волокна с ненулевой смещенной дисперсией NZDSF (Non–Zero Dispersion–shifted Single mode Fiber).

Большинство устройств волоконной оптики используют область инфракрасного спектра в диапазоне от 800 до 1600 нм в основном в трех окнах прозрачности: 850, 1310 и 1550 нм. Именно окрестности этих трех длин волн образуют локальные минимумы затухания сигнала и обеспечивают большую дальность передачи.

Если сравнивать многомодовые волокна между собой, то градиентное волокно имеет лучшие технические характеристики, чем ступенчатое, по дисперсии. Главным образом это связано с тем, что межмодовая дисперсия в градиентном многомодовом волокне – основной источник дисперсии – значительно меньше, чем в ступенчатом многомодовом волокне, что приводит к большей пропускной способности у градиентного волокна.

В стандартном многомодовом градиентном волокне диаметр светонесущей жилы 50 и 62,5 мкм, что на порядок больше длины волны передачи. Это приводит к распространению множества различных типов световых лучей – мод – во всех трех окнах прозрачности. Два окна прозрачности 850 и 1310 нм обычно используют для передачи света по многомодовому волокну.

В ступенчатом одномодовом волокне (SF) диаметр светонесущей жилы составляет 8–10 мкм и сравним с длиной световой волны. В таком волокне при достаточно большой длине волны света  $\lambda > \lambda_{CF}$  ( $\lambda > \lambda_{CF}$  – длина волны отсечки) распространяется только один луч (одна мода). Одномодовый режим в одномодовом волокне реализуется в окнах прозрачности 1310 и 1550 нм. Распространение только одной моды устраняет межмодовую дисперсию и обеспечивает очень высокую пропускную способность одномодового волокна в этих окнах прозрачности. Наилучший режим распространения с точки зрения дисперсии достигается в окрестности длины волны 1310 нм, когда хроматическая дисперсия обращается в ноль. С точки зрения потерь это не самое лучшее окно прозрачности. В этом окне потери составляют 0,3–0,4 дБ/км, в то время как наименьшее затухание 0,2–0,25 дБ/км достигается в окне 1550 нм.

В одномодовом волокне со смещенной дисперсией (DSF) длина волны, на которой результирующая дисперсия обращается в ноль, – длина волны нулевой дисперсии  $\lambda_0$  – смещена в окно 1550 нм. Такое смещение достигается благодаря специальному профилю показателя преломления волокна, рисунок 5.21, б. Таким образом, в волокне со смещенной дисперсией реализуются наилучшие характеристики как по минимуму дисперсии, так и по минимуму потерь. Поэтому такое волокно лучше подходит для строительства протяженных сегментов с расстоянием между ретрансляторами до 100 и более км. Разумеется, единственная рабочая длина волны берется близкой к 1550 нм.

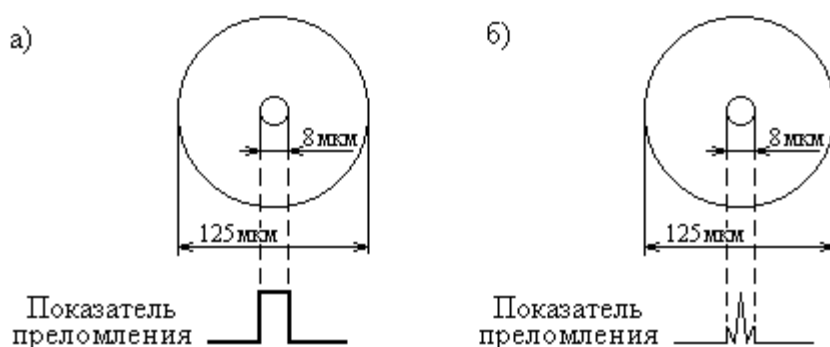


Рисунок 5.21 – Типы оптических волокон: а) ступенчатое одномодовое волокно (SF); б) одномодовое волокно со смещенной дисперсией (DSF или NZDSF)

Одномодовое волокно с ненулевой смещенной дисперсией (NZDSF) в отличие от DSF оптимизировано для передачи не одной длины волны, а сразу нескольких длин волн (мультиплексного волнового сигнала) и наиболее эффективно может использоваться при построении магистралей «полностью оптические»

ских сетей» – сетей, на узлах которых не происходит оптоэлектронного преобразования при распространении оптического сигнала.

Волокно характеризуется двумя важнейшими параметрами: затуханием и дисперсией. Чем меньше затухание (собственные и кабельные потери) и чем меньше дисперсия (уширение импульсов, расплывание импульсов света в процессе распространения), распространяемого сигнала в волокне, тем больше может быть расстояние между регенерационными участками или повторителями.

На рисунке 5.22 приведен общий вид спектральной зависимости собственных потерь (потери на поглощении, потери на рассеянии) для современных одномодовых и многомодовых волокон.

Из рисунка 5.22 видно, что наиболее подходящим с точки зрения магистральных протяженных сетей (как и проектируемой СПЦИ) является окно 1550 нм, поскольку в этом окне достигается минимальное затухание сигнала до 0.2 дБ/км (для одномодового волокна).

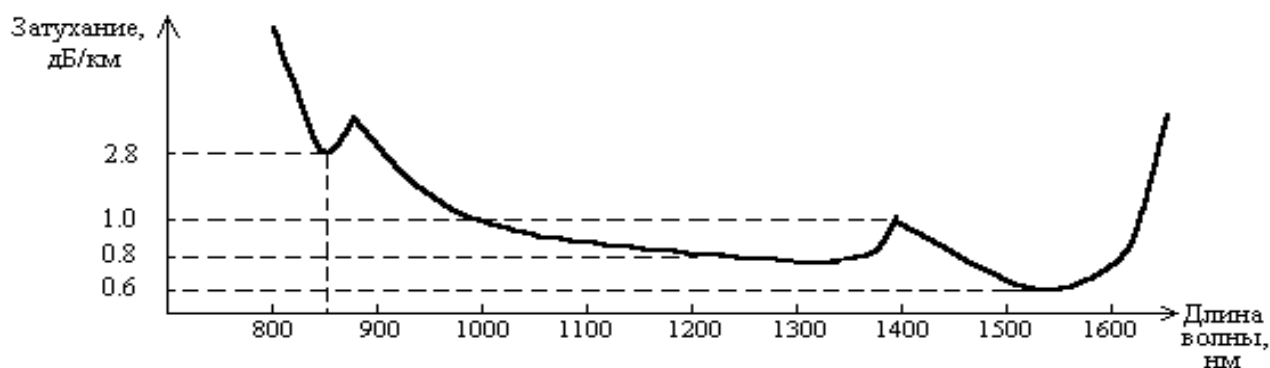


Рисунок 5.22 – Собственные потери в оптическом волокне

Многомодовый или одномодовый характер идущего по волокну света коренным образом влияет на дисперсию, а следовательно, и на пропускную способность волокна. Одномодовое волокно по сравнению с многомодовым из-за отсутствия межмодовой дисперсии, имеет более высокую пропускную способность. Именно поэтому, анализируя выше рассмотренные параметры, в проектируемой СПЦИ используем одномодовое оптическое волокно с длиной волны 1550 нм, хотя оно и требует использования более дорогих лазерных передатчиков. В таблице 5.3, в качестве сравнения, представлены дисперсионные свойства различных оптических волокон. Как видно из таблицы, на длине волны 1550 нм наиболее приемлемо использовать волокно со смещенной дисперсией DSF.

Таблица 5.3 – Дисперсия оптических сигналов в различных оптических волокнах

Тип волокна	Длина волны $\lambda$ , нм	Межмодовая дисперсия $\tau_{\text{mod}}$ , пс/км	Удельная хроматическая дисперсия $D(\lambda)$ , пс/(нм·км)	Результирующая удельная полоса пропускания, МГц·км, $W = 0.44/\tau$ , где $\tau^2 = \tau_{\text{mod}}^2 + (\Delta\lambda \cdot D(\lambda))^2$		
				$\Delta\lambda = 2$ нм	$\Delta\lambda = 4$ нм	$\Delta\lambda = 35$ нм
MMF 50/125	850	414	99.6	958	766	125
	1310	414	1.0	1062	1062	1050
	1550	414	19.2	1058	1044	540
MMF 62.5/125	850	973	106.7	441	414	114
	1310	973	4.2	452	452	450
	1550	973	17.3	451	450	384
SF 8/125	1310	0	< 1.8	<u><math>\geq 120000</math></u>	<u>61000</u>	<u>6900</u>
	1550	0	17.5	<u>12600</u>	6300	720
DSF 8/125	1310	0	21.2	<u>10400</u>	5200	594
	1550	0	< 1.7	<u><math>\geq 120000</math></u>	<u>65000</u>	7400

Здесь  $\Delta\lambda$  – ширина спектра излучения источника световой волны, нм;  
 $\tau$  – дисперсия, пс/км.

Поскольку в проектируемой СПЦИ выбран дуплексный режим обмена информацией, построенный по принципу частотного разделения канала связи, то есть использование для ВОЛС двухканального волнового мультиплексирования (WDM), то в этом случае наиболее удачным будет использование оптического волокна со смещенной дисперсией, а именно – с ненулевой смещенной дисперсией (NZDSF). Это объясняется тем, что в волокне NZDSF преодолены недостатки, имеющие место в волокне DSF и проявляющиеся при работе с мультиплексным оптическим сигналом. Эти недостатки, как показали исследования, связаны с тем, что именно длина волны нулевой дисперсии (1550 нм), попадая внутрь рабочего диапазона многоканального оптического усилителя, является главным потенциальным источником нелинейных эффектов (прежде всего, четырехволнового смешивания – это эффект, приводящий к рассеянию двух волн с образованием новых нежелательных длин волн), которые проявляются в резком возрастании шума при распространении многоканального сигнала.

С приходом более новых технологий передачи мультиплексного оптического сигнала большую роль начинают играть эрбиевые оптические усилители типа EFDA, способные усиливать многоканальный сигнал. Волокно NZDSF, известное также как  $\lambda$  – смещенное волокно, имеет особенность в том, что длина волны нулевой дисперсии вынесена за пределы полосы пропускания эрбия. Это уменьшает нелинейные эффекты и увеличивает характеристики волокна при передаче DWDM сигнала [9].

**5.9.2** Расчет волоконно–оптической линии связи. Расчет произведем в соответствии с методикой, представленной в [8]:

– определение требуемой скорости передачи в линии:

Поскольку в проектируемой системе применен линейный код VI–L, который является разновидностью блочного кода 1B2B, тактовая частота возрастает в 2 раза и скорость передачи в линейном тракте равна  $V_{\text{лт}} = 2 \cdot 1 = 2$  МГц.

– проверочный расчет выбранной длины ВОЛС:

Число строительных длин линии  $n_c$  определяется по формуле:

$$n_c = \frac{l_{py}}{l_c} = \frac{80}{2} = 40, \quad (5.4)$$

где  $l_{py}$  – длина регенерационного участка, равная 80 км;

$l_c$  – строительная длина оптического кабеля (ОК), равная 2 км.

Для монтажа строительных длин кабеля потребуется  $n_{nc} = n_c - 1 = 40 - 1 = 39$  неразъемных соединителей, а для ввода в ОК и вывода из него оптического излучения потребуется  $n_{pc} = 2$  разъемных соединителя.

Затухание  $\alpha_{py}$  на расчетном участке линии определяется по формуле

$$\alpha_{py} = \alpha l_{py} + n_{nc} \alpha_{nc} + n_{pc} \alpha_{pc} + a_t + a_g, \quad (5.5)$$

где  $\alpha$  – коэффициент затухания на длине волны  $\lambda = 1550$  нм, равный 0,2 дБ/км;

$\alpha_{nc}$  – коэффициент затухания неразъемного соединения, равный 0,4 дБ;

$\alpha_{pc}$  – коэффициент затухания разъемного соединения (SC), равный 0,7 дБ;

$a_t$  – допуск на температурные изменения параметров ВОСП и равный 1 дБ (10–30 °С);

$a_g$  – допуск на ухудшение со временем параметров ВОСП и равный 2 дБ.

Подставляя значения величин в формулу 5.5, получаем

$$\alpha_{py} = 0,2 \cdot 80 + 39 \cdot 0,4 + 2 \cdot 0,7 + 1 + 2 = 36 \text{ дБ.}$$

Сравнивая  $\alpha_{py}$  с минимально допустимым затуханием, определяемым величиной  $\mathcal{E}_n$  (энергетический потенциал ВОСП, равный для применяемого передающего и приемного оптоэлектрических модулей  $\mathcal{E}_n = p_{\text{пер}} - p_{\text{пр}} = 40 - (-8) = 48$  дБ), то есть ( $\alpha_{py} = 36$ )  $\leq$  ( $\mathcal{E}_n = 48$ ), делается вывод, что по затуханию длина расчетного участка линии ВОСП выбрана верно.

Правильность выбора безретрансляционного участка (РУ) ВОСП оценивается также с помощью дисперсионных свойств ОВ.

Среднеквадратичное значение дисперсии выбранного ОВ  $\sigma$ , с/км для одномодового волокна определяется из соотношения

$$\sigma = 10^{-12} \Delta\lambda \cdot \sigma_n = 10^{-12} \cdot 0,2 \cdot 1630 = 0,33 \cdot 10^{-9} \text{ с/км,} \quad (5.6)$$

где  $\Delta\lambda$  – ширина полосы оптического излучения, равная 0,2 нм для применяемого ЛД ПРОМ;

$\sigma_n$  – нормированная среднеквадратичная дисперсия, равная 1630 нс/(нм·км).

С учетом дисперсионных свойств ОВ максимальная длина РУ  $l_{\max}$ , км определяется по выражению

$$l_{\max} \leq 0,25/\sigma \cdot B = 0,25/0,33 \cdot 10^{-9} \cdot 2 = 83,4 \text{ км.} \quad (5.7)$$

Таким образом, длина РУ удовлетворяет требованиям и по дисперсионным свойствам ОВ, т.е.  $l_{py} \leq l_{\max}$ . При этом условии быстродействие системы, как правило не рассчитывается.

Расчет минимально детектируемой мощности оптического сигнала:

Для рассчитываемого РУ вероятность ошибки не должна превышать

$$p_{\text{ош}} = 1,67 \cdot 10^{-10} \cdot l_{py} = 1,67 \cdot 10^{-10} \cdot 80 = 0,13 \cdot 10^{-7}.$$

Порог чувствительности ПРОМ  $P_{\min}$ , дБм определяется по формуле

$$P_{\min} = -70 + 10,5 \lg B = -70 + 3,16 = -66,84 \text{ дБм.} \quad (5.8)$$

В соответствии с выше рассчитанными значениями в проектируемой СПЦИ с ВОСП 80 км используем одномодовый кабель 9/125 SMF-28 . Оптический передатчик и приемник, по своим параметрам удовлетворяют требованиям безретрансляционной передачи на расстояние 80 км с  $p_{\text{ош}} = 10^{-10}$ .

**Пример 5.10.** Сигнал мощностью  $P_x=10$  Вт подаётся по линии связи, которая имеет затухание  $\alpha = 0,02$  дБ/км, на расстояние 100 км. Определить мощность сигнала в конце линии связи.

Решение. Уровень сигнала на выходе передатчика согласно выражению (1.22) [6]:

$$P(P_{\text{прд}}) = 10 \lg \frac{P_x}{P_0} = 10 \lg 10 \times 10^3 = 40 \text{ дБ.}$$

Затухание вносимое линией связи определяем из выражения (1.25) [6]:

$$b = d \cdot \alpha = 0,02 \cdot 100 = 2 \text{ дБ.}$$

Тогда уровень сигнала в конце линии связи будет

$$P(P_{\text{прм}}) = P(P_{\text{прд}}) - b = 40 - 2 = 38 \text{ дБ.}$$

Определим мощность сигнала на входе приёмника из выражения (1.22) [6]:

$$P(P_{\text{прм}}) = 10 \cdot \lg P_{\text{вх}}; \quad 38 = 10 \cdot \lg P_{\text{вх}};$$

Откуда  $P_{\text{вх}} = 10^{3,8} = 6,3$  Вт.

## 5.7 Выбор элементной базы

Выбор элементной базы производится в зависимости от требований надежности, интервала (диапазона) рабочих температур, других внешних условий, потребляемой мощности, помехоустойчивости, функциональной полноты, нагрузочной способности, области использования разрабатываемой системы и т.д. В случае применения элементов различных серий необходимо осуществлять анализ их совместимости по напряжению и нагрузочной способности.

**Пример 5.11.** Произвести выбор элементной базы для производства системы передачи цифровой информации (СПЦИ), отдельные параметры которой указаны в примере 5.9, а структурные схемы и описание некоторых устройств приведены в примере 5.6.

Решение. Исходные данные:

- минимальная наработка – 25000 часов;
- интервал рабочих температур –  $0 \dots +50$  °С;
- относительная влажность воздуха при  $t = 20$  °С – 80 %;
- вибрации: диапазон частот от 0 до 500 Гц, ускорение – 8g;
- потребляемая мощность – не нормируется;
- помехоустойчивость элементов – 2-я группа;
- серия микросхем должна обладать максимальной функциональной полнотой, т.е. на данной серии можно выполнить максимальное число устройств;
- напряжение питания микросхем –  $\leq 5 \text{ В} \pm 5$  %;
- серия микросхем должна иметь возможность сопрягаться с другими сериями микросхем;
- микросхемы должны обладать хорошей нагрузочной способностью.

Все функциональные блоки проектируемой СПЦИ, за исключением оптического передатчика и приемника, осуществляют обработку сигналов в цифровой форме (поскольку основным сигналом является двоичный униполярный сигнал передаваемых или принимаемых данных). Поэтому вся схемотехника системы строится на интегральных цифровых микросхемах, цифровых модулях, что обеспечивает быструю, стабильную и высоконадежную обработку сигнала.

Основными управляющими элементами проектируемой СПЦИ являются микроконтроллеры (МК) коммутатора, передатчика и приемника АПД, в качестве которых используется МК семейства 51 компании Intel KM1816BE51. Выбор данного элемента основан на его способности к выполнению возлагаемых на него функций и соответствии исходным данным, а также изученностью его архитектуры в ходе учебного процесса.

Микроконтроллер выполнен на основе высокоуровневой МОП технологии и выпускается в корпусе БИС, имеющем 40 внешних выводов [12]. Для работы МК51 требуется один источник электропитания +5 В. Через четыре программируемых порта ввода/вывода МК51 взаимодействует со средой в стандарте ТТЛ-схем с тремя состояниями выхода.

Корпус МК51 имеет два вывода для подключения кварцевого резонатора (6–12 МГц), четыре вывода для сигналов, управляющих режимом работы МК, и восемь линий порта 3, которые могут быть запрограммированы пользователем на выполнение специализированных (альтернативных) функций обмена информацией со средой.

8-битное арифметико-логическое устройство (АЛУ) может выполнять арифметические операции сложения, вычитания, умножения и деления; логические операции «И», «ИЛИ», «Исключающее ИЛИ», а также операции циклического сдвига, сброса, инвертирования и т.п.

Память программ и память данных, размещенные на кристалле МК51, физически и логически разделены (гарвардская архитектура). Память программ (постоянное запоминающее устройство – ПЗУ) имеет емкость 4 Кбайта. Память данных (оперативное запоминающее устройство – ОЗУ), предназначенная для хранения переменных в процессе выполнения прикладной программы, адресуется одним байтом и имеет емкость 128 байт. Память программ, так же как и память данных, может быть расширена до 64 Кбайт путем подключения внешних БИС (ВПД).

В составе средств МК51 имеются регистровые пары с символическими именами ТНО, ТЛО и ТН1, ТЛ1, на основе которых функционируют два независимых программно-управляемых 16-битных таймера/счетчика событий, которые используются в проектируемой системе для реализации механизма синхронизации по кадрам.

МК также содержит универсальный асинхронный приемопередатчик (УАПП), через который осуществляется прием и передача информации, представленной последовательным кодом (младшими битами вперед), в полном дуплексном режиме обмена, что позволяет организовать быстрый и удобный обмен информацией между МК проектируемой системы.

Входные сигналы для МК51 могут формироваться ТТЛ-схемами или т-МОП-схемами. Допустимо использование в качестве источников сигналов для МК51 схем с открытым коллектором или открытым стоком.

Поскольку 128 байт ОЗУ МК для хранения блоков данных, кадров недостаточно, то в качестве ВПД (ОЗУ данных) применен модуль энергонезависимого сегнетоэлектрическое ОЗУ (FRAM) емкостью 64 Кбит с часами реального времени FM3808 [13].

Отличительные особенности FM3808:

*сегнетоэлектрическое энергонезависимое ОЗУ емкостью 64 Кбит:*

- организация ячеек памяти 32768 x 2;
- высокая износостойкость: 100 млрд. ( $10^{11}$ ) циклов чтение/запись;
- 10 летний срок хранения информации;
- запись без задержки (NoDelay™);
- длительность цикла доступа/записи: 70 нс/130 нс;
- встроенная схема защиты от понижения VDD.



*часы–календарь реального времени:*

- регистры часов реального времени представляют собой последние 16 ячеек памяти;
- внешнее резервное питание от батарейки или конденсатора;
- счет времени от секунд до столетий в двоично–десятичном формате;
- работает от кварцевого резонатора 32768 Гц.

*системный супервизор:*

- программируемый будильник по времени и дате;
- программируемый сторожевой таймер;
- контроль напряжения питания;
- выход генерации прерывания с программируемым активным уровнем;
- установки регистров неизбежно обладают энергонезависимостью;
- генерирует или сигнал сброса процессора или генерирует сигнал прерывания;

*малая потребляемая мощность:*

- память и интерфейс часов работают при 5 В;
- резервное питание может быть не ниже 2,5 В;
- активный ток  $IDD = 25$  мА;
- потребляемый ток от резервного источника ИВАК = 1 мкА.

Основными функциональными элементами УПС являются приемо–передатчик STEL–2176, а также приемный и передающий оптические модули.

STEL–2176<sup>1</sup> – высоко интегрированный, максимально гибкий, целевой приемо–передатчик [10]. STEL–2176 самый совершенный в ряде чипов модулятора, который включает модуляторы STEL–1103 совместно с STEL–1109. Подобные расширения привели к существенным усовершенствованиям и увеличению эффективности чипа.

STEL–2176 – законченный чип устройства преобразования сигнала ASIC (специализированные интегральные схемы), который интегрирует в себе функции приемника и передатчика. Он предлагается в КМОП геометрии 0,35 микрона, работающий в 3,3 В с интегрированным ЦАП и АЦП. Его программируемый регистр предполагает гибкое решение существующих и развивающихся стандартов передачи цифровой информации.

Трансмиттер (передатчик) обладает высокой степенью интеграции и гибкости. Трансмиттер получает последовательные данные, рандомизирует их, исполняет алгоритм непосредственного исправления ошибок (FEC) и относительное кодирование, преобразует данные к совокупности перед модуляцией, выдает на выходе аналоговый радио сигнал.

STEL–2176 способен поддерживать скорости передачи данных до 10 Мбит/с в режиме двоичной фазовой манипуляции (BPSK – ДФМ), 20 Мбит/с в режиме КФМ, и 40 Мбит/с в КАМ16 режиме. Для этого STEL–2176 использует генераторы частот до 165 МГц, что позволяет его внутреннему, 10–разрядному цифро–аналоговому преобразователю (ЦАП), генерировать частоты несущей от 5 до 65 МГц.

Кроме того, в STEL–2176 используется 3,3 В электропитание, и чип может быть связан с помощью интерфейса с другой логикой, которая работает в 5 В.

Основными функциональными особенностями передатчика STEL–2176 являются [10]:

- BPSK/QPSK/16QAM модулятор;
- преобразование последовательных данных в сообщения радиочастотного диапазона;
- широкий диапазон программно определяемых скоростей передачи данных;
- генератор с программным управлением снабжает модулятор высокой разрешающей способностью по частоте;
- частоты несущей программируемые от 5 до 65 МГц (для реализации данных частот используется недорогой 25 МГц кристалл);
- работает в непрерывном и пакетном режимах;
- содержит дифференциальный кодер, программируемый скремблер, программируемый кодер FEC Рида–Соломона;
- программируемый фильтр с конечной импульсной характеристикой (КИХ) с 64 метчиками, осуществляет фильтрацию сигнала, формирующегося перед модуляцией;
- внутренний 10–разрядный ЦАП;
- совместимый с DAVIC, IEEE 802.14 (предварительный), IESS–308 (Intelsat – международная система спутниковой связи), MCNS стандартами;
- поддерживает низкие скорости передачи данных для переговорных прикладных программ и высокие скорости передачи данных для широкополосных прикладных программ.

Приемник включает высококачественный 10–разрядный АЦП с прямой промежуточной частотой интерфейса (промежуточной частоты), КАМ – 16 демодулятор и реализует непосредственное исправление ошибок (FEC) согласно протоколу J.83 (ITU–T).

Основными функциональными особенностями приемника STEL–2176 являются [10]:

- встроенный в чип 10–разрядный АЦП/ЦАП;
- КАМ – 16/64/256 демодуляция;
- определяемые ITU–T (J.83), дополнения А и В, реализующие непосредственное исправление ошибок (FEC – forward error correction );
- MCNS, IEEE 802.14 (предварительный), DAVIC/DVB;
- параллельные или последовательные выходные данные с или без промежуточных;
- декодер Витерби для дополнения В;
- избирательный декодер кода Рида – Соломона для дополнения А и В;
- программируемый демультиплексер (устройство временного разделения импульсных сигналов);
- программируемый генератор случайных чисел;

- MPEG–2 кадрирование;
- программируемое (гибкое) управление;
- функции дополнительного (необязательного) удаления межкадровых промежутков по алгоритму FIFO (First in First Out – первым прибыл, первым обслужен);
- автоматическое управление частотой ( $\pm 200$  кГц);
- высоко интегрированные функции получателя;
- частота входного сигнала до 50 МГц;
- используется недорогой кристалл в диапазоне 25 МГц;
- адаптивный канальный эквалайзер (компенсатор искажений сигнала в канале связи);
- избирательный фильтр Найквиста;
- высокая надежность.

Таким образом, STEL–2176 – это цифровой модулятор/демодулятор ASIC предоставляющий возможность гибкого решения существующих и развивающихся стандартов передачи цифровой информации.

В качестве преобразователя электрического сигнала в оптический применен оптический передающий модуль серии STX–48–MS компании Optical communication products [14]. Основные функциональные характеристики передатчика:

- полная совместимость с синхронной оптоволоконной сетью связи стандарта SONET/SDH, имеющего спецификацию OC–48/ STM–16 (2.5 Гбит/с);
- передача на длине волны 1550 нм с мощностью выходного сигнала, передаваемого на безретрансляционное расстояние до 80 км;
- использование в качестве источника излучения лазеров класса I (высокая лазерная безопасность);
- поддерживаемый стандарт соединителя SC;
- входной сигнал – аналоговый;
- поддерживаемое напряжение питания +5 В;
- встроенный аттенюатор (регулятор оптической мощности выходного сигнала).

В качестве обратного преобразователя оптический сигнал – электрический применен фотооптический приемный модуль серии SRX–48 компании Optical communication products [14]. Основные функциональные характеристики приемника:

- полная совместимость с синхронной оптоволоконной сетью связи стандарта SONET/SDH, имеющего спецификацию OC–48/ STM–16 (2.5 Гбит/с);
- детектируемая длина волны диапазона 1550 нм;
- внутренний температурный компенсатор APD уровня;
- поддерживаемый стандарт соединителя SC;
- поддерживаемое напряжение питания +5 В;
- выходной сигнал TTL–уровня.

В качестве элемента ПОМ применен ступенчатый изолятор фирмы Dicon [15], который устраняет нежелательную отраженную часть рассеянного оптиче-

ского сигнала в системах передачи. Изолятор обеспечивает хорошую развязку ВОЛС по выходу оптического передатчика, нечувствительные поляризационные свойства, низкий уровень дисперсии поляризационного режима, поддерживает тип симметричного соединителя SC, прошел тест Telcordia GR-1221.

В качестве элемента волнового уплотнения использован узкозонный WDM фильтр (W-NB) [16]. Фильтр износостоек, прост в установке и применении, принадлежит к серии фильтров с широкой номенклатурой параметров, обладает низким затуханием принимаемого сигнала, серия поддерживает стандарты ITU, отличается высокими изоляционными свойствами (развязка по выходу ВОЛС).

Все применяемые в системе цифровые интегральные микросхемы относятся к ИМС ТТЛ уровня. ТТЛ (транзисторно-транзисторная логика) представляет собой в настоящее время одно из наиболее распространенных семейств логических элементов [17]. Промышленностью выпускается огромное количество семейств ИМС ТТЛ, выполняющих самые разнообразные функции. С помощью этих семейств можно удовлетворить все потребности, которые возникают при построении цифровых схем и устройств.

Схемы ТТЛ обладают следующими особенностями (характеристиками) [17]:

- напряжение питания  $+5\text{ В} \pm 5\%$ ;
- выходные каскады схем ТТЛ обладают хорошей нагрузочной способностью, поэтому сопряжение между собой элементов ТТЛ не представляет проблемы;
- выходной каскад вентиля ТТЛ в состоянии «низкого» уровня ведет себя как насыщенный транзистор, напряжение на котором близко к потенциалу земли, а в состоянии «высокого» уровня – как повторитель с высоким выходным напряжением, равным примерно напряжению питания;
- в пределах одного логического семейства выходы элементов легко стыкуются с входами и обычно не стоит беспокоиться о пороговых уровнях, входном токе и т.п. (например, выходы элементов семейства ТТЛ могут работать не менее чем на 10 входов);
- недостатком биполярных ТТЛ семейств является значительный потребляемый ток покоя.

Практически все ИМС проектируемой системы, такие как: логические элементы, триггеры, регистры, счетчики, мультиплексоры и т.д., принадлежат 555 серии ТТЛ. Эта серия выбрана потому, что это относительно современная серия, имеющая широкую номенклатуру микросхем. Все элементы подобраны в соответствии с их функциональным назначением и удовлетворяют всем предъявленным требованиям.

## 5.8 Принципиальная электрическая схема

В соответствии с разработанной структурной схемой, алгоритмом функционирования, временной структурой сигналов и выбранной элементной базой строится принципиальная электрическая схема устройств ПУ и КП, проводится подробное описание. При необходимости, для лучшего понимания принципа работы отдельных устройств могут приводиться временные диаграммы, таблицы, схемы подключения и т.д.

Допускается производить описание принципиальных электрических схем ПУ и КП по принципиальным схемам отдельных устройств, которые могут приводиться в пояснительной записке, но при этом нумерация элементов должна соответствовать нумерации элементов, приведённой на листе графического материала.

**Пример 5.12.** Разработать принципиальную электрическую схему системы, предназначенной для охраны объектов, оборудованных датчиками, контакты которых размыкаются при срабатывании. Предусмотреть возможность взятия объекта под охрану и снятия с нее, прослушивания шумов и других звуков в охраняемых помещениях, обнаружения попыток замыкания проводов, идущих от датчиков к системной плате, а также введения пожарной сигнализации.

Решение. В соответствии с техническим заданием, к описываемой системе охраны может быть подключено до 64 датчиков, причем для соединения их с контроллером достаточно 16 проводов — восьми групповых и восьми разрядных линий (рисунок 5.23).

Датчики В1—В64 размещены в охраняемых помещениях, остальные узлы (в том числе системная плата, принципиальная схема которой показана на рисунке 5.24) – в блоке контроллера, установленном на рабочем месте дежурного оператора. Для опроса датчиков групповые (S1–S8) и разрядные (S9–S16) ключи поочередно замыкаются по сигналам Г1–Г8 и Р1–Р8 от системной платы, причем в каждый момент замкнут только один из S1–S8 и один из S9–S16. Принципиальная схема группового ключа изображена на рисунке 5.25, а, а разрядного – на рисунке 5.25, б. Как видно, и тот, и другой собраны на двух транзисторах, функции собственно ключей выполняют транзисторы VT2.

Каждый из охраняемых объектов оборудуют в соответствии со схемой, показанной на рисунке 5.26. Датчик может быть любого типа (механический, радиолокационный, инфракрасный, ультразвуковой), важно только, чтобы при срабатывании контакты S1 его выходной цепи размыкались. Кроме того, потребуются резисторы R1 и R2 и диод VD1. Все остальное монтируют при необходимости. Узел S1R1R2 должен быть конструктивно выполнен таким образом, чтобы исключить доступ злоумышленника непосредственно к контактам S1. В этом случае все попытки заблокировать датчик, «закоротив» идущие к нему провода, будут зафиксированы системой. Этим свойством можно воспользоваться для подключения (как показано штриховой линией) нормально разомкнутых контактов S2 датчика пожарной сигнализации. Подаваемый контролле-

ром сигнал «Замыкание» будет и сигналом «Пожар». Правда, точно узнать, что случилось, можно будет лишь, как говорится, «лично прибыв на место».

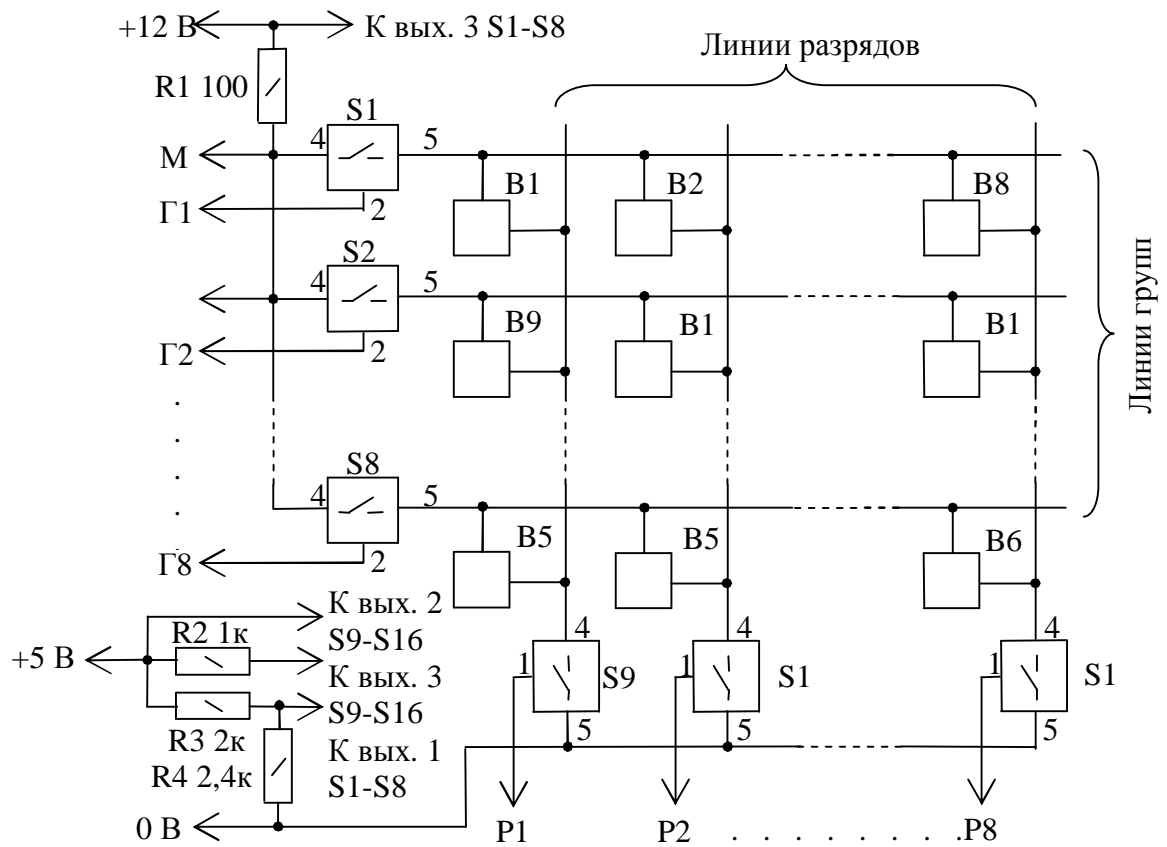


Рисунок 5.23 – Схема подключения датчиков.

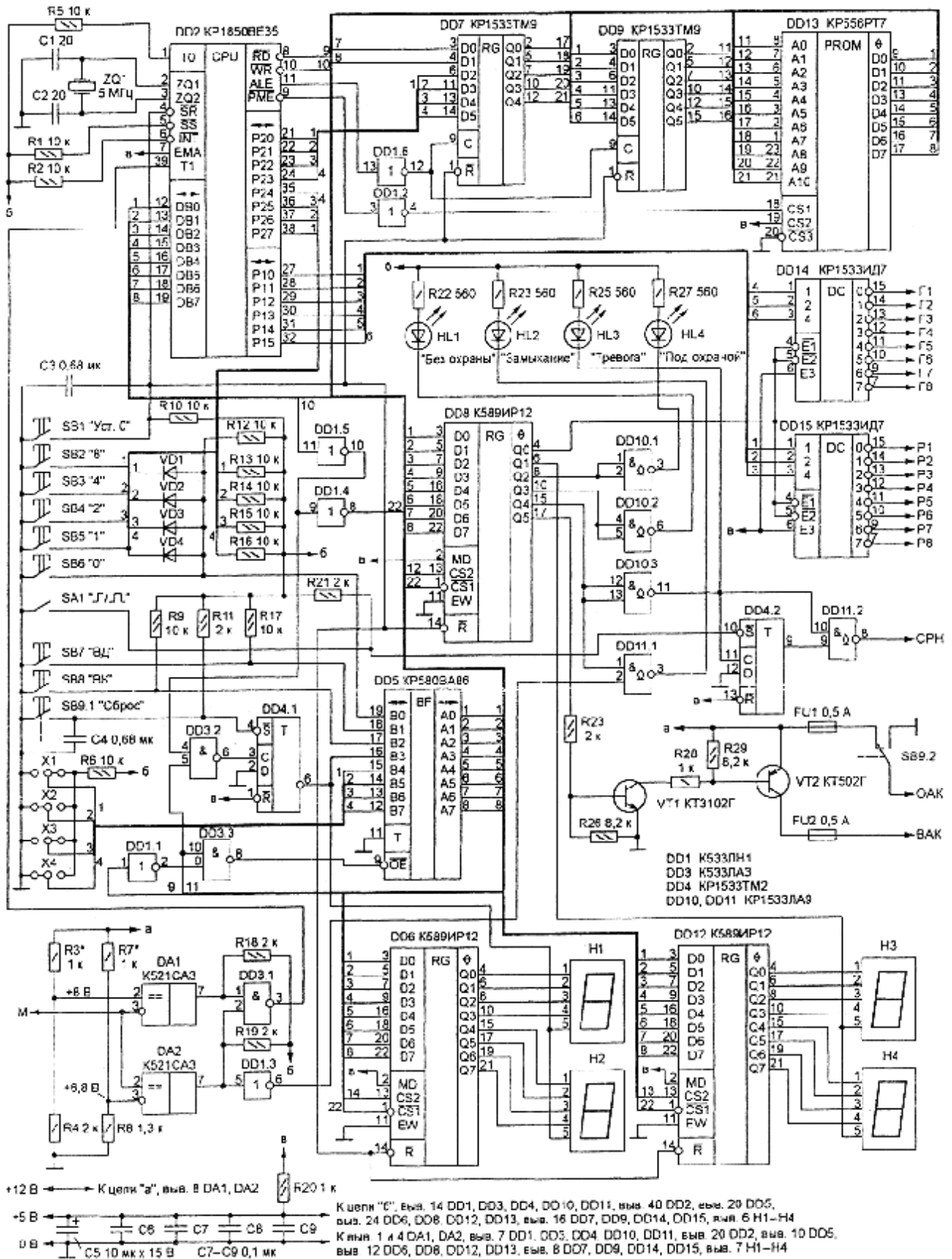


Рисунок 5.24 – Принципиальная электрическая схема системной платы

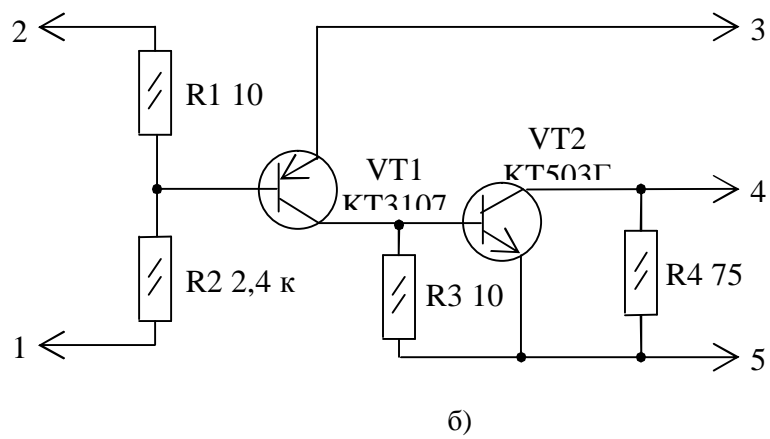
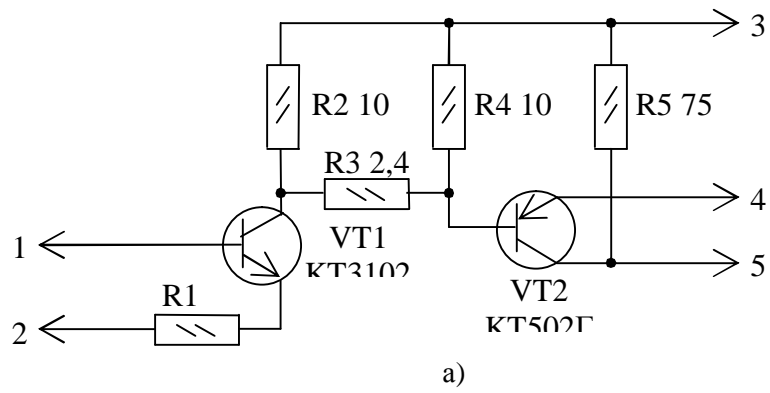


Рисунок 5.25 – Схема подключения ключей: а – группового; б – разрядного

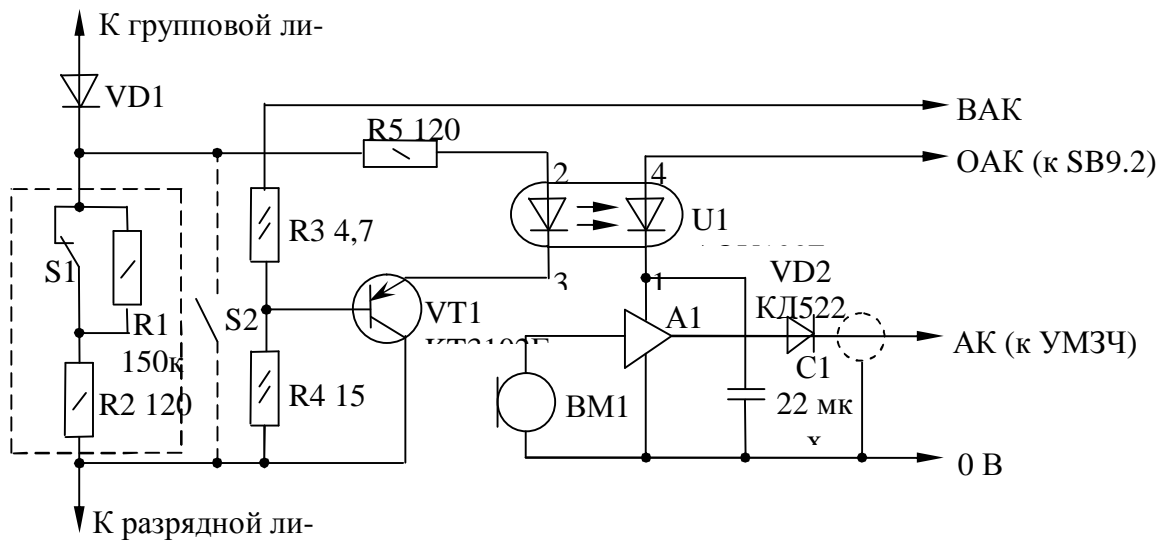


Рисунок 5.26 – Схема оборудования объекта



Микрофон ВМ1 и усилитель А1 предназначены для прослушивания оператором шумов в охраняемом помещении. Тип и принципиальная схема усилителя не приводятся — они могут быть различными в зависимости от выбранного микрофона, требуемой чувствительности и т. п. Важно, чтобы постоянная составляющая напряжения на выходе работающего усилителя была достаточна для открывания диода VD2, через который звуковой сигнал по общей для всех датчиков цепи АК (акустический контроль) поступает на вход УМЗЧ.

Формируемый контроллером импульс ВАК (включение акустического контроля) поступает одновременно на все датчики, но реагирует на него только тот из них, который в данный момент «выбран» замкнувшимися групповым и разрядным ключами. В результате открывается его транзистор VT1, через светодиод оптрона U1 течет коллекторный ток, открывается фототиристор оптрона, и на усилитель А1 подается напряжение питания. Усилитель остается включенным до тех пор, пока цепь ОАК (отключение акустического контроля) не будет кратковременно разорвана в контроллере, что приведет к закрытию тиристора.

Вернемся к принципиальной схеме системной платы контроллера (см. рисунок 5.24). Ее основа — микроконтроллер КР1850ВЕ35 (DD2), управляющая программа которого (см. таблицу 5.4) хранится в ППЗУ DD13. Микроконтроллер обращается к внешней памяти программ, формируя сигнал РМЕ. Микросхемы DD7 и DD9 образуют регистр адреса, запись в который происходит по сигналу АLE, причем старшие разряды адреса микроконтроллер выводит через разряды P20–P23 своего порта P2.

Небольшое число периферийных регистров позволило, исключив дешифратор, пользоваться для их выбора отдельными разрядами шины адреса. Микроконтроллер обращается к регистрам по адресам:

0001H — регистр состояния органов управления DD5 (чтение), триггер DD4.1 (запись);

0002H — регистр управления DD8 (только запись);

0004H — регистр индикатора оперативной информации DD12 (только запись);

0008H — регистр индикатора постоянной информации DD6 (только запись).

Выходные сигналы регистра управления DD8 включают и выключают опрос датчиков (Q0), а также индикаторы оперативной информации (Q1), взятия под охрану (Q2) и снятия с нее (Q3). На выходе Q4 этого регистра формируется сигнал тревоги, а Q5 управляет электронным ключом (транзисторы VT1, VT2), подающим сигнал включения акустического контроля. К выходам регистров оперативной (DD12) и постоянной (DD6) информации подключено по две ячейки цифровых индикаторов Н1—Н4. Выполнены они по схеме, показанной на рисунке 5.27.

Таблица 5.4 – Управляющая программа микроконтроллера

Адрес	Значение
0000	00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00
0010	00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 00 04 29 EF 1D BF
0020	FF EE 1D BE FF ED 1D C5 83 C5 B8 01 80 53 01 96
0030	3A B9 34 BC 08 27 A1 19 EC 35 27 AE AF 23 FF 3A
0040	B8 02 27 90 B8 01 80 53 02 96 5B D5 BF FF BE 0F
0050	BE 01 14 1D 80 53 02 96 5B 24 42 B8 01 80 53 04
0060	96 72 D5 BF FF BE 0F BD 01 14 1D B0 53 04 96 72
0070	24 74 B8 01 80 53 01 96 89 D5 BF FF BZ 0F BD 01
0080	14 1D 80 53 01 96 89 24 14 B9 34 27 AA AB F1 AD
0090	BC 08 FD 53 01 96 A9 FD 77 AD FA 17 57 AA 1B EC
00A0	92 19 F9 D3 3C 96 8E 04 3D FB 39 D5 BF FF BE 0F
00B0	BD 01 14 1D 46 97 D5 BF FF BX 20 BD 01 14 1D 46
00C0	97 BB 01 B0 53 08 96 F8 B8 04 FA 90 B8 02 23 12
00D0	90 D5 BF FF B1 FF BD 05 14 1D 27 90 B8 20 FA A0
00E0	B8 08 90 BB 01 90 B8 02 23 20 90 D5 BF FF BE FF
00F0	BD 01 14 1D 27 90 04 97 B8 20 F0 DA C6 97 B8 04
0100	FA 50 B8 02 23 12 90 D5 BF FF BX FF B0 05 14 1D
0110	27 90 01 97 23 02 A5 90 FE 47 53 F0 AE B8 04 0A
0120	37 47 53 0F 4E AE 90 B8 01 80 53 01 C5 1D D5 BF
0130	FF BZ 0F BD 01 14 1C 80 53 01 C6 1C B8 02 27 90
0140	04 89 B8 04 FE 90 23 02 A8 90 27 AF AC FE DC C6
0150	5B 1F FC 17 57 AC 24 4D B8 01 80 53 02 C6 5A D5
0160	BF FF B1 0F BD 01 14 1D 80 53 02 C6 5A B8 02 27
0170	AE 90 04 5B B8 04 FE 90 23 02 A5 90 B8 01 80 53
0180	F0 AD FF 77 77 77 53 1F 03 34 A9 F1 AA FF 53 07
0190	AC 43 00 C6 9A FA 77 AA EC 95 FD DE 96 D2 BB 02
01A0	23 06 90 FA 43 01 AA B8 01 80 53 04 C6 A9 05 BF
01B0	FF BE 0F BD 01 14 1D 80 53 04 C6 A9 FF 53 07 AC
01C0	43 00 C6 C9 FA E7 AA EC C4 FA A1 B8 02 27 AE 90
01D0	04 72 1D FD DE 96 E2 B8 02 23 0A 90 FA 53 FE AA
01E0	24 A7 1D FD DE 96 FE FA 53 01 96 F3 B8 02 23 0A
01F0	90 24 A7 B8 02 23 06 90 24 A7 00 00 00 00 1D FD
0200	DE 96 42 B9 34 27 AC B8 01 80 53 04 C6 09 B8 02
0210	27 90 BB 08 F1 AA FA 53 01 C6 2F B8 04 FC 90 B8
0220	02 23 06 90 D5 BF FF B1 FF BD 03 14 1D 27 90 FC
0230	17 57 AC FA 77 AA EB 16 19 F9 D3 3C 96 12 27 AE
0240	24 CB 1D FD DE 96 74 B8 01 80 53 04 C6 49 D5 BF
0250	FF BE 0F B0 01 14 1D 80 53 04 C6 49 BB 04 23 11
0260	90 B8 02 23 06 90 B9 34 F1 43 FF A1 19 F9 03 3C
0270	96 6B 24 CB 1C FD DE 96 A4 B8 01 80 53 04 C6 7B
0280	D5 BF FF BE 0F BD 01 14 1D 80 53 04 C6 7B BB 04
0290	23 99 90 B8 02 23 0A 90 B9 34 F1 53 00 A1 19 F9
02A0	D3 3C 96 9A 24 CB

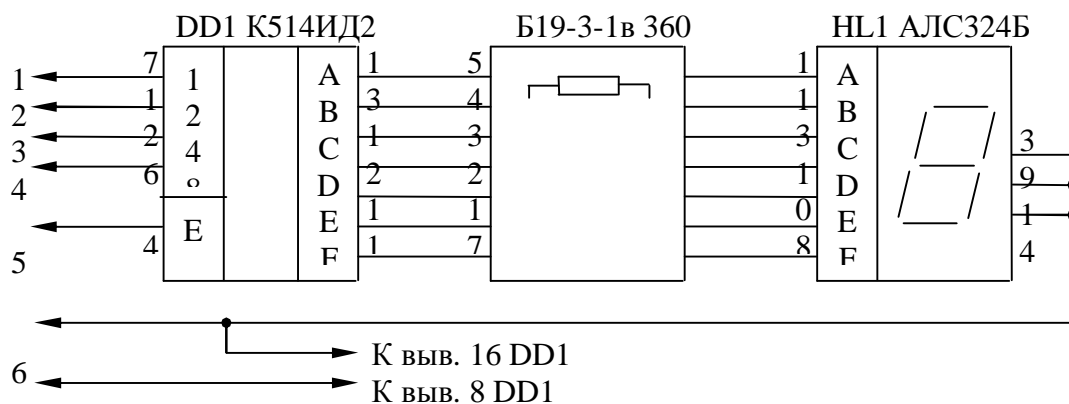


Рисунок 5.27 – Ячейки цифровых индикаторов

Микроконтроллер последовательно опрашивает датчики, выводя в порт P1 коды их номеров. В соответствии с ними дешифраторы DD14 и DD15 формируют сигналы опроса Г1–Г8, P1–P8. Состояние датчика, находящегося на пересечении групповой и разрядной линий, ключи которых в данный момент замкнуты, определяется по падению напряжения на нем, создаваемому током, протекающим по цепи (см. рисунок 5.23): источник питания +12 В, измерительный резистор R1, замкнутый групповой ключ, датчик, замкнутый разрядный ключ, общий провод. В исходном состоянии (при отсутствии тревоги) сопротивление датчика и падающее на нем напряжение малы (но не равны нулю), при срабатывании — велики.

К точке соединения измерительного резистора с групповыми ключами (цепь М) подключены входы компараторов DA1 и DA2 (см. рисунок 5.24). Порог срабатывания первого из них равен 8 В и находится между уровнями напряжения, соответствующими сработавшему и не сработавшему датчику. Компаратор DA2 реагирует на входное напряжение менее 6,8 В, т.е. ниже уровня, характерного для не сработавших датчиков. Это позволяет фиксировать замыкания подходящих к датчикам линий. При необходимости пороги компараторов могут быть изменены подборкой резисторов R3 и R7.

Нештатная ситуация (тревога) фиксируется при срабатывании любого из компараторов и наличии во внутреннем ОЗУ микроконтроллера отметки, что данное помещение взято под охрану. Сигнал СРН, включающий сирену или другое исполнительное устройство, подается только при подтверждении срабатывания датчика через 20 мс после его первого обнаружения. Одновременно включается светодиод HL3 («Тревога»), а если сработал компаратор DA2, то включается и светодиод HL2 («Замыкание»). Номер датчика отображается на цифровом индикаторе оперативной информации (Н3, Н4) и запоминается во внутреннем регистре R20 микроконтроллера. Кроме того, подается сигнал ВАК длительностью примерно 20 мс, включающий микрофонный усилитель в помещении, где сработал датчик.

Тревога продолжается 3 с, после чего о нештатной ситуации свидетельствует только номер сработавшего датчика, перенесенный на индикатор постоянной информации (Н1, Н2). Если контакты выключателя SA1 разомкнуты, сигнал СРН останется активным и после истечения трехсекундного интервала. Отключают его переводом SA1 в замкнутое положение.

Индикатор постоянной информации можно погасить нажатием кнопки SB9 («Сброс»). Ее вторая контактная группа разрывает цепь ОАК, отключая прослушивание охраняемого помещения. Пока индикатор не погашен, микроконтроллер, обнаружив сработавший датчик, сравнивает его номер с хранящимся в регистре R20. Если они совпали, новых событий не произойдет, а если нет (сработал еще один датчик), вновь будет подан сигнал тревоги.

Несколько одновременно сработавших датчиков обрабатываются поочередно, начиная с того, у которого номер наименьший. Именно он зафиксирован в регистре R20 и будет выведен на индикатор постоянной информации. Каждые 3 с будет подаваться сигнал тревоги, а на индикаторе оперативной информации появляться номер очередного сработавшего датчика.

Управляют системой охраны командами, коды которых оператор набирает, пользуясь кнопками SB2—SB6. Код команды — двузначное десятичное число, в старшем разряде которого находится цифра N, совпадающая с заданной в двоичном виде переключателями X1—X4. На принципиальной схеме (см. рисунок 5.24) они показаны в положении, соответствующем цифре 5. При необходимости ее легко изменить, переставив переключки.

Предусмотрены следующие команды: N0 – взять помещение под охрану; N1 – снять помещение с охраны; N2 – проверить, взято ли помещение под охрану; N3 – поочередно показать на индикаторе номера всех помещений, взятых под охрану; N4 – взять под охрану все помещения; N5 – снять с охраны все помещения.

Первые три команды требуют предварительного набора номера помещения (датчика). Для этого нажимают на одну или одновременно на несколько кнопок SB2–SB6 с таким расчетом, чтобы сумма их значений была равна старшему разряду номера. Введенная цифра будет показана в младшем разряде индикатора оперативной информации и занесена в память микроконтроллера, хотя после отпускания кнопок индикатор погаснет. Аналогично вводят вторую цифру номера. Она появится в младшем разряде индикатора, а ранее введенная в старшем. Если допущена ошибка, достаточно повторить все с начала, введя правильные значения. После того, как правильный номер набран, нажимают на кнопку SB7 («ВД» – ввод данных).

Аналогично набирают коды команд, но вводят их нажатием кнопки SB8 («ВК» – ввод команды). Режим выбранного помещения отображается светодиодами HL4 («Под охраной») и HL1 («Без охраны»). Исполнение команд взятия под охрану и снятия с нее приводит к изменению со стояния соответствующих разрядов внутреннего ОЗУ микроконтроллера. Команда поочередного вывода номеров помещений, взятых под охрану, изменений в ОЗУ не производит.

Кнопка SB1 («Уст. 0») предназначена для перезапуска контроллера и используется в основном при отладке устройства и поиске неисправностей. Однако если нажать ее одновременно с кнопкой SB6 («0»), все помещения, обслуживаемые системой, будут сняты с охраны.

## 5.9 Разработка программного обеспечения

Программное обеспечение разрабатывается для всех устройств, реализуемых программно. Листинг программы должен сопровождаться подробными комментариями. Для гарантии того, что программа работоспособна, необходимо производить отладку с помощью специальных средств.

**Пример 5.13.** Разработать программное обеспечение устройства защиты от ошибок (УЗО) передатчика системы передачи цифровой информации (СПЦИ). УЗО обеспечивает защиту данных кодом с двойной проверкой на четность и решающую обратную связь с адресным повторением (РОС–АП).

Решение. Для лучшего понимания, какие программы необходимо разработать, рассмотрим структурную схему УЗО передатчика СПЦИ, которая представлена на рисунке 5.28. Ее основными структурными элементами являются микроконтроллер КМ1816ВЕ51, в котором сосредоточены основные функции рассматриваемого блока и модуль внешней памяти данных (ВПД), представляющий собой буферный элемент для формируемых кадров, а также их хранения с целью реализации алгоритма адресного повторения РОС. Генератор и преобразователь параллельного кода в последовательный выполняют функцию передачи данных из УЗО в УПС передатчика.

Управление элементами микроконтроллера УЗО передатчика осуществляет его центральный процессор (на схеме не указан, поскольку часть его элементов реализована программно, а часть представляет собой аппаратную основу контроллера) через общую шину.

Наличие на одном из выходов параллельного порта P2 сигнала разрешения ввода данных (см. рисунок 5.28), свидетельствует о том, что передатчик свободен, то есть готов для приема данных от источника информации, их обработки, преобразования и последующей передачи в дискретный канал. По этому сигналу коммутатор отправителей данных осуществляет поиск готового к передаче источника информации. При определении такового, коммутатор через универсальный асинхронный приемо–передатчик (УАПП) в последовательной форме, посылает адрес источника данных. Прием адреса сигнализирует о начале поступления на входы порта P1 данных.

Данные считываются с 8–ми разрядного порта P1 при наличии сигнала на выходе блока внешнего прерывания, на вход которого при этом поступает сигнал от блока побайтной синхронизации. Обработка прерывания, то есть считывание данных и запись их в ВПД, осуществляется программно.

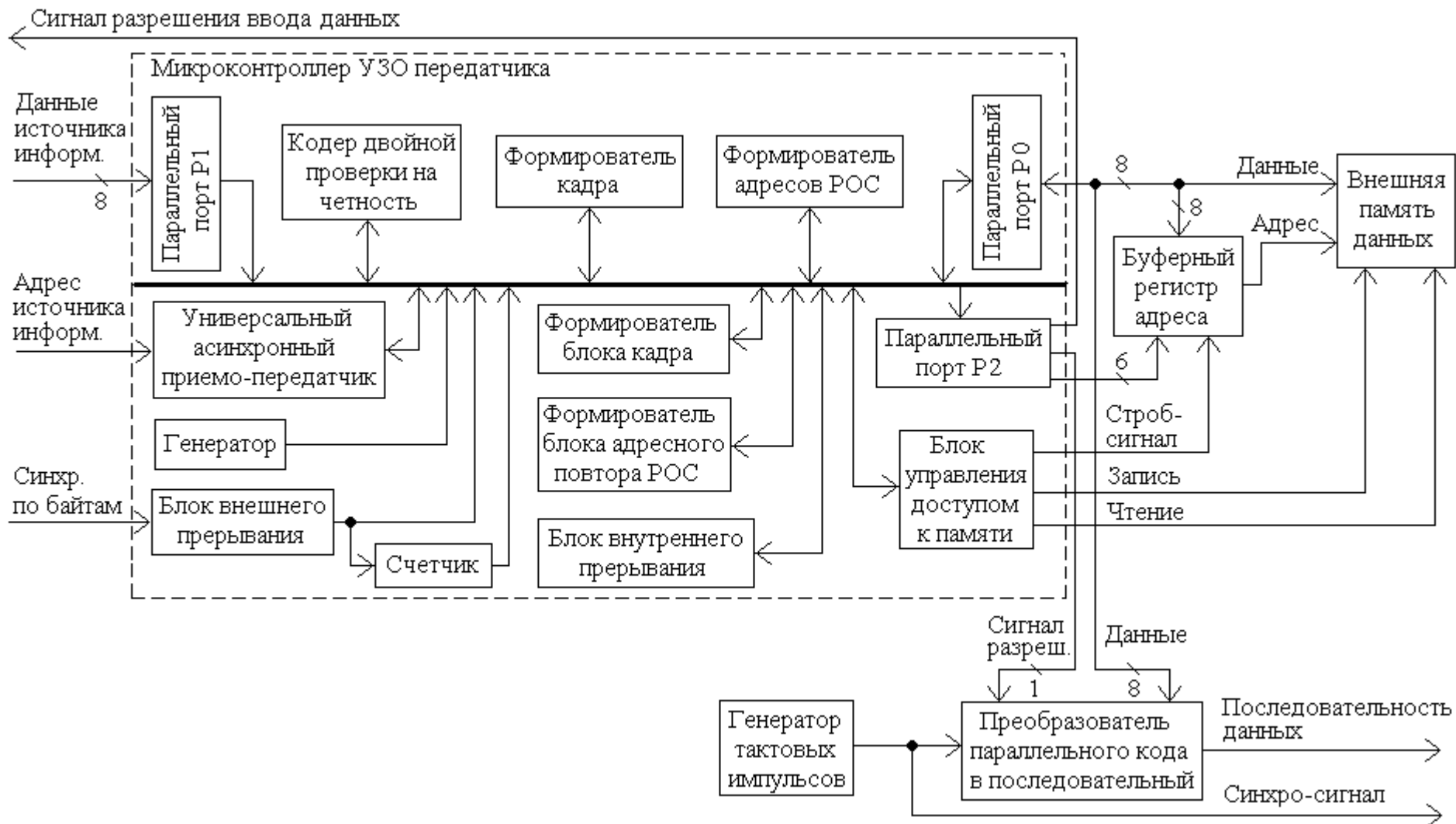


Рисунок 5.28 – Структурная схема УЗО передатчика

Этот процесс опроса и приема данных продолжается до тех пор, пока счетчик, подсчитывающий сумму принятых байт, не сигнализирует о достаточном их количестве для формирования кадра данных. При этом сигнал «разрешение ввода данных» снимается.

Блок управления доступом к ВПД осуществляет процесс записи/чтения данных во ВПД. При этом на выходах порта P0 и P2 выставляется адрес ячейки, затем на выходах порта P0 формируются данные, которые записываются или считываются из ВПД. Буферный регистр адреса выполняет функцию защелки, поскольку в качестве линий адреса и данных используются линии 8-ми разрядного порта P0.

При чтении данных из ВПД, с целью их передачи в дискретный канал, данные поступают в порт P0, однако операция их считывания реализуется напрямую с линиями минуя взаимодействие с портом (в целях ускорения считывания). Считанные параллельные данные поступают на вход преобразователя параллельного кода в последовательный, который запускает сигнал разрешения с линии порта P2.

Тактирование преобразователя осуществляет генератор тактовых импульсов передатчика АПД, с выхода которого также снимается синхросигнал направляемый в УПС передатчика.

Как выше отмечено, прием и считывание данных из микроконтроллера УЗО осуществляется в параллельном коде. Это обусловлено, во-первых, большей скоростью данного процесса, а, во-вторых – появлением при этом времени на обработку доступа к памяти, что позволяет организовать безпромежуточную передачу или прием данных (при использования УАПП появляются значительные промежутки).

Блок генератора контроллера УЗО осуществляет тактирование внутренних, аппаратных и «программных», процессов, операций, определяя синхронную работу, составляющих микроконтроллер блоков.

Полученные через порт P1 данные, поступают на вход кодера двойной проверки на четность, выполняющего помехоустойчивое кодирование. Затем, кодированные данные записываются в определенную область–кадр ВПД, определяемую формирователем кадра, который определяет общую структуру кадра: маркер начала; последовательность блоков информационных данных; определяемых формирователем блоков данных, а также последовательность повторно передаваемых, согласно механизму РОС с адресным повторением, блоков данных, определяемых формирователем блока адресного повтора РОС; блока адресов, ошибочно принятых данных; маркер конца кадра.

Следует отметить, что адрес блока данных состоит из адреса отправителя и адреса получателя – всего 8 бит.

Кроме функции коммутации, УЗО передатчика с источником информации, коммутатор реализует управление взаимодействием УЗО передатчика с УЗО приемника, которое через линию УАПП пересылает адреса ошибочно принятых блоков данных с целью их пересылки передатчиком приемнику, а затем передатчику на другом конце ЛС, а также адреса из принятого блока ад-

ресного повтора с целью включения блоков данных, требующих повторной передачи по механизму РОС, формируемый для передачи кадр совместно с информационными данными.

Сформированный таким образом кадр готов к отправке, момент которой определяет блок внутреннего прерывания, осуществляющий механизм кадровой синхронизации между передатчиком и приемником на другой стороне ЛС.

Таким образом, в УЗО передатчика реализованы две функции защиты данных: помехоустойчивое кодирование и РОС–АП.

Исходя из рассмотренного выше принципа работа УЗО передатчика программное обеспечение включает в себя основную программу, подпрограмму взаимодействия коммутатора и УЗО передатчика, подпрограмму приема блока данных от источника информации и подпрограмму передачи данных в УПС передатчика, которые приведены ниже.

Программа работы УЗО передатчика АПД проектируемой системы начинается с инициализации векторов прерывания:

0002	ORG 03H	; формирование вектора
0003	JMP RECEIV	; внешнего прерывания INTO
000A	ORG 0BH	; формирование вектора
000B	JMP SK	; прерывания от таймера T0

Основная программа имеет следующий вид:

000E	ORG 0EH	; основная программа
000E	MOV 20H, #01H	; адрес 1–го блока
0010	MOV 21H, #01H	;
0012	MOV 22H, #01H	; адрес 2–го блока
0014	MOV 23H, #FCH	;
0016	MOV 24H, #02H	; адрес 3–го блока
0018	MOV 25H, #F7H	;
001A	MOV 26H, #03H	; адрес 4–го блока
001C	MOV 27H, #F2H	;
001D	MOV 28H, #04H	; адрес 5–го блока
001F	MOV 29H, #EDH	;
0022	MOV 2AH, #05H	; адрес 6–го блока
0024	MOV 2BH, #E8H	;
0026	MOV 2CH, #06H	; адрес 7–го блока
0028	MOV 2DH, #E3H	;
002A	MOV 2EH, #07H	; адрес 8–го блока
002C	MOV 2FH, #DEH	;
002E	MOV 30H, #08H	; адрес 9–го блока
0032	MOV 31H, #D9H	;
0034	MOV 32H, #09H	; адрес 10–го блока
0036	MOV 33H, #D4H	;
0038	MOV 34H, #0AH	; адрес 11–го блока
003A	MOV 35H, #CFH	;
003C	MOV 36H, #0BH	; адрес 12–го блока



003E	MOV 37H, #CAH	;
0042	MOV 38H, #0CH	; адрес 13–го блока
0044	MOV 39H, #C5H	;
0046	MOV 3AH, #0DH	; адрес 14–го блока
0046	MOV 3BH, #C0H	;
0048	MOV 3CH, #0EH	; адрес 15–го блока
004A	MOV 3DH, #BEH	;
004C	MOV R1, #20H	; адрес начала табл. адресов блоков
004E	MOV R7, #0FH	; 15 блоков
0052	MOV DPTR, #0100H	; адрес начала кадра
0056	MOV A, #01111110B	; маркер начала кадра
0058	MOVX @DPTR, A	; пересылка в ВПД
005C	MOV DPTR, #0FC6H	; адрес конца кадра
005E	MOV A, #00000000B	; маркер конца кадра
0062	MOVX @DPTR, A	; пересылка в ВПД
0066	INC DPTR	; формирование маркера конца кадра
0068	MOVX @DPTR, A	; пересылка в ВПД
0072	MOV R0, #10H	; адрес таблицы адресов РОС–АП
0074	MOV R4, #32H	; количество принимаемых байт (50×4)
0076	CLR SCON.6	; установка режима работы
0078	SETB SCON.7	; УАПП (режим 1 – 01 <sub>2</sub> )
007A	CLR TMOD.2	; режим внутреннего таймера 0
007C	CLR TMOD.6	; режим внутреннего таймера 1
007E	CLR TMOD.1	; таймер T/C0 в 16–разрядном
0082	SETB TMOD.0	; режиме
0084	CLR TMOD.5	; таймер T/C1 в 16–разрядном
0086	SETB TMOD.4	; режиме
0088	MOV TH0, #E0H	; загрузка таймера 0
008A	MOV TL0, #00H	;
008C	CLR IE.1	; запрет прерывания от таймера 0
008E	SETB TCON.4	; запуск таймера 0 (синхр. по кадрам)
0092	CLR P2.7	; бит готовности к приему
0094	MR: JB SCON.0, MR	; ожидание байта в приемнике УАПП
0096	LCALL RIUART	; подпрограмма обработки сообщения
009A	JNB P2.7, MR	; ожидание адреса блока данных ИТС.
009C	CJNE R7, #00H, MR2	; ожидание готовности кадра данных
00A2	MOV R0, #10H	; перезагрузка R0
00A4	MOV R1, #20H	; перезагрузка R1
00A6	MOV R7, #0FH	; перезагрузка R7
00A8	MOV TH1, #F0H	; загрузка таймера 1
00AA	MOV TL1, #00H	; длина кадра 15×256, т.е. F000h
00AC	MOV DPTR, #0100H	; адрес начала кадра
00B0	SETB IE.1	; разрешение прерывания от таймера 0
00B2	JMP MR	; ожидание прерывания от таймера 0
00B4	MR2: SETB IE.7	; разрешение всех прерываний
00B6	SETB IE.0	; разрешение внешнего прерывания 0
00B8	JMP MR	; ожидание прерывания от INT0

Подпрограмма взаимодействия коммутатора и УЗО передатчика:

```

00C0 RIUART:  MOV A, SBUF          ; прием байта от приемника УАПП
00C2          CLR SCON.0         ; сброс бита прерыв-я приемника УАПП
00C4          CJNE A, #F0H, MROS1 ; идент. маркера адресов РОС ПР1
00C8          CJNE A, #0FH, MROS2 ; идент. маркера адресов РОС ПР2
00CC MU4:    INC R0              ;
00CE          CJNE @R0, #00H, MU1 ; повторение адресов РОС
00D2          MOV A, @R1         ; формирование адреса свободного
00D4          MOV DPH, A         ; для использования блока кадра, т.е.
00D6          INC R1             ; не требующего повтора
00D8          MOV A, @R1         ;
00DA          MOV DPL, A         ;
00DC          INC R1             ;
00DE          DEC R7            ;
00F0          JMP MU3           ;
00F2 MU1:    INC R1             ;
00F4          INC R1             ;
00F6          DEC R7            ;
00F8          JMP MU4           ;
00FA MU3:    MOVX @DPTR, A      ; установка адреса блока данных
00FE          INC DPTR          ; адрес блока данных кадра
0100          SETB P2.7         ; сброс готовности к приему данных
0102          JMP MR3           ;
0104 MROS1:  SETB P2.7         ; сброс готовности к приему данных
0106          MOV DPTR, #0FB6H; установка адреса блока РОС кадра в ВПД
010A MROS11: JB SCON.0, MROS11; ожидание байта в приемнике УАПП
010E          CLR SCON.0       ; сброс бита прерывания приемника УАПП
0110          MOV R5, SBUF      ; прием байта
0112 MROS12: JB SCON.0, MROS12; ожидание байта в приемнике УАПП
0116          CLR SCON.0       ; сброс бита прерывания приемника УАПП
0118          MOV A, SBUF      ; прием байта
011A          MOVX @DPTR, A    ; запись адреса РОС в ВПД
011E          INC DPTR         ; следующий адрес
0120          DJNZ R5, MROS12  ; цикл приема адресов РОС-АП от ПР1
0124          CLR P2.7         ; бит готовности к приему
0126          JMP MR3           ;
0128 MROS2:  SETB P2.7         ; сброс бита готовности к приему данных
012A MROS21: JB SCON.0, MR1     ; ожидание байта в приемнике УАПП
012E          CLR SCON.0       ; сброс бита прерывания приемника УАПП
0130          MOV @R0, SBUF    ; прием байта
0132          MOV R5, @R0      ; количество адресов
0134          INC R0           ; 1-ый адрес адреса РОС ПР2
0136 MROS22: JB SCON.0, MR2     ; ожидание байта в приемнике УАПП
013A          CLR SCON.0       ; сброс бита прерывания приемника УАПП
013C          MOV @R0, SBUF    ; прием байта
013E          INC R0           ; следующий адрес
0140          DJNZ R5, MR2     ; цикл приема адресов РОС-АП

```

```

0144          MOV R0, #10H      ; перезагрузка R0
0146          CLR P2.7         ; бит готовности к приему
0148 MR3:     RET

```

Подпрограмма приема блока данных от источника информации:

```

0150 RECEIV:  CLR IE.7         ; запрет всех прерываний
0152 MK2:     MOV R2, #04H     ; прием и кодировка 4–байт
0154          MOV R5, #00H     ; байт дв. проверки четности
0156 MK1:     MOV A, P1        ; считывание данных с порта P1
0158          MOVX @DPTR, A    ; запись принятого байта в кадр ВПД
015C          INC DPTR        ; следующий адрес
0160          XRL ACC.3, ACC.1;
0162          XRL ACC.5, ACC.7;
0164          XRL ACC.5, ACC.3; 2–ой бит четности
0166          XRL ACC.2, ACC.0;
0168          XRL ACC.4, ACC.2;
016A          XRL ACC.6, ACC.4;
016C          XRL ACC.6, ACC.5; 1–й бит четности
016E          ANL A, #01100000B;
0170          XCH A,R5        ;
0172          RL A            ;
0174          RL A            ;
0176          ORL R5, A       ;
0178          DJNZ R2, MK1    ; цикл 4–х байт
017C          XCH A,R5        ;
017E          RL A            ;
0180          MOVX @DPTR, A   ; запись принятого байта в кадр ВПД
0184          INC DPTR        ; следующий адрес
0188          DJNZ R4, MK2    ; синхрон. по блокам источника
018C          MOV R4, #32H    ; перезагрузка
018E          CLR P2.7         ; бит готовности к приему
0190          RETI

```

Подпрограмма передачи данных в УПС передатчика:

```

01A0 SK:     CLR IE.7         ; запрет всех прерываний
01A2          SETB TCON.6     ; запуск таймера 1
01A4 SK1:    MOVX A, @DPTR   ; пересылка байта из ВПД
01A8          INC DPTR        ; формирование следующего адреса
01AC          SETB P2.6       ; строб–сигнал байта
01AE          CLR P2.6        ;
01B0          JNB TCON.7     , SK1 ; флаг переполнения таймера 1
01B4          RETI
01F0          END

```

## 5.10 Системные расчёты

**5.10.1** Расчёт надёжности. В этом разделе производится расчёт вероятности безотказной работы, наработки до отказа и вероятность отказа. Значения интенсивности отказов выбирать из соответствующей литературы или из таблицы 5.5.

Таблица 5.5 – Значения интенсивности отказов наиболее часто применяемых элементов электронной техники

Тип элемента	$\lambda$ , 1/час
Резисторы: постоянные композиционные угольные плёночные металлизированные плёночные плёночные проволочные прецизионные переменные композиционные с ведущей червячной передачей	$5 \cdot 10^{-8}$ $5 \cdot 10^{-8}$ $5 \cdot 10^{-7}$ $2 \cdot 10^{-8}$ $1 \cdot 10^{-6}$ $2 \cdot 10^{-6}$ $5 \cdot 10^{-6}$
Конденсаторы: постоянной ёмкости керамические электролитические, с алюминиевой фольгой электролитические, танталовые, твёрдые	$10^{-7}$ $2 \cdot 10^{-6}$ $4 \cdot 10^{-7}$
Диоды: кремниевые германиевые Зенера	$5 \cdot 10^{-8}$ $8 \cdot 10^{-7}$ $1 \cdot 10^{-7}$
Транзисторы: кремниевые германиевые	$1 \cdot 10^{-7}$ $8 \cdot 10^{-8}$
Интегральные микросхемы кремниевые цифровые линейные	$1 \cdot 10^{-7} - 5 \cdot 10^{-7}$ $3 \cdot 10^{-7} - 6 \cdot 10^{-7}$
Реле герметичное с одним переключающим контактом	$3 \cdot 10^{-8}$
Геркон Переключатель на контакт Ручная пайка Пайка погружением Роликовая сварка Сварные соединения	$3 \cdot 10^{-9}$ $3 \cdot 10^{-9}$ $3 \cdot 10^{-10} - 6 \cdot 10^{-9}$ $10^{-10}$ $2 \cdot 10^{-8}$ $2 \cdot 10^{-9}$

Продолжение таблицы 5.5

Тип элемента	$\lambda$ , 1/час
Монтаж накруткой	$4 \cdot 10^{-12}$
Соединители коаксиальные концевые (на штырь)	$10^{-8}$
Штепсельный соединитель	$3 \cdot 10^{-9}$
Лампы:	
неоновые	$2 \cdot 10^{-7}$
накаливания	$1 \cdot 10^{-6}$
Электромоторы малой мощности	$5 \cdot 10^{-6}$
Двигатели шаговые	$3 \cdot 10^{-6}$

Следует помнить, что  $\lambda(t)$ , оставаясь постоянной во времени на основном участке работы, существенно зависит от условий эксплуатации изделия (климатических, механических и радиационных воздействий, электрической нагрузки и т.п.), т.е.

$$\lambda(t) = \lambda_0 \prod_{i=1}^{i=n} a_i,$$

где  $\lambda_0$  – интенсивность отказов изделия при номинальных (лабораторных) условиях эксплуатации;

$a_i$  – поправочный коэффициент  $i$ -го эксплуатационного фактора.

Расчёт количественных показателей надёжности приведён в примере 5.14.

**5.10.2** Расчет спектра сигнала в линии связи. При расчете спектра сигнала (принятого или заданного метода передачи сигнала в линии связи) придерживаются последовательности, приведенной в примере 5.15, и определяются амплитуды всех гармонических составляющих, входящих в практическую полосу частот, мощность сигнала, определяется полоса частот, необходимая для передачи сигнала и строится амплитудно–частотный спектр. Для расчета спектров рекомендуется использовать литературу [5].

**5.10.3** Расчет помехоустойчивости. При расчете помехоустойчивости дискретных сообщений в зависимости от метода передачи определяется коэффициент, характеризующий потенциальную помехоустойчивость, вероятность искажений элементарного сигнала и вероятности правильного приема, появления обнаруживаемых и необнаруживаемых ошибок, а также вероятность исправления, если применяемый код это позволяет. Расчет производить для случая симметричного канала. Необходимые значения интеграла вероятностей приведены в приложении литературы [6]. Расчет потенциальной помехоустойчивости амплитудно–манипулированного сигнала рассмотрен в примере 5.16.

**5.10.4** Расчет скорости передачи и пропускной способности канала связи. Для расчета скорости передачи и пропускной способности дискретных ка-

налов необходимо воспользоваться вероятностью искажения элементарного сигнала, полученной при расчете потенциальной помехоустойчивости.

При расчете скорости передачи информации необходимо знать избыточность кода. Расчеты пропускной способности канала и скорости передачи информации приведены в примерах 5.17 и 5.18.

При передаче информации многоуровневыми цифровыми методами модуляции, рассмотренными в разделе 1 [31], расчет скорости передачи данных необходимо вести по формуле Найквиста (выражение (1.2) [31]), смотри пример 5.19.

Расчет пропускной способности непрерывного канала производить по выражению (1.57) [6]. В примере 5.20 приведен расчет скорости передачи информации в телефонном канале связи.

**Пример 5.14.** Произвести расчет количественных показателей надежности изделия, в состав которого входят: цифровые интегральные микросхемы в количестве – 20 штук, транзисторы кремневые – 10 шт., конденсаторы керамические – 40 штук, резисторы пленочные – 50 шт., диоды германиевые – 5 шт., реле герконовые – 2 шт., переключатели трехконтактные – 10 шт., штепсельный разъем – 1 шт., трансформатор – 1 шт. Число ручных паяк – 100.

Решение. Надежность – свойство изделия выполнять заданные функции, сохраняя эксплуатационные показатели в заданных пределах в течение требуемого промежутка времени. Надежность является комплексным свойством, которое обуславливается качественными характеристиками (безотказностью, долговечностью, ремонтпригодностью и сохраняемостью) и количественными:

– вероятностью безотказной работы

$$P = e^{-\lambda_{cx} \cdot t}, \quad (5.9)$$

где  $e$  – основание натурального логарифма;

$t$  – заданное время работы изделия;

– средней наработкой до отказа

$$T_o = 1/\lambda_{cx}; \quad (5.10)$$

– интенсивностью отказа схемы

$$\lambda_{cx} = \lambda_R \cdot k_1 + \lambda_C \cdot k_2 + \lambda_{пайки} \cdot k_3 + \dots, \quad (5.11)$$

где  $\lambda_i$  – интенсивность отказов элементов данной группы;

$k_i$  – количество элементов данной группы;

$Q = 1 - P$  – вероятностью отказа

Порядок расчета:

– из таблицы 5.5 выбираем значения  $\lambda_i$  для элементов, которые входят в состав нашего изделия;

- по выражению (5.11) рассчитываем интенсивность отказа схемы;
- из выражения (5.10) находим наработку до отказа;
- по выражению (5.9) определяем вероятность безотказной работы.

Произведем расчет количественных показателей надежности изделия, заданного в условии задачи. Для удобства расчета  $\lambda_{cx}$  составим таблицу 5.6.

Таблица 5.6 – Таблица расчета интенсивности отказа схемы

Тип элемента	$\lambda$ , 1/час	Кол-во, шт	$\lambda_i$ , 1/час
Цифровые интегральные микро-схемы	$2,5 \cdot 10^{-7}$	20	$5 \cdot 10^{-6}$
Транзисторы кремневые	$8 \cdot 10^{-8}$	10	$8 \cdot 10^{-7}$
Конденсаторы керамические	$10^{-7}$	40	$4 \cdot 10^{-6}$
Резисторы пленочные	$2 \cdot 10^{-8}$	50	$10^{-6}$
Диоды германиевые	$8 \cdot 10^{-7}$	5	$4 \cdot 10^{-6}$
Реле герконовые	$3 \cdot 10^{-8}$	2	$6 \cdot 10^{-8}$
Переключатели трехконтактные	$3 \cdot 10^{-9}$	3x10	$9 \cdot 10^{-8}$
Разъем штепсельный	$3 \cdot 10^{-9}$	1	$3 \cdot 10^{-9}$
Трансформатор	$5 \cdot 10^{-6}$	1	$5 \cdot 10^{-6}$
Пайка ручная	$2 \cdot 10^{-10}$	10	$2 \cdot 10^{-9}$
			$\lambda_{cx} = 199,55 \cdot 10^{-7}$

Тогда наработка до отказа составит

$$T_0 = 1/(199,55 \cdot 10^{-7}) = 50112 \text{ ч.}$$

Вероятность безотказной работы при времени работы изделия, равным 10000 ч., будет

$$P \cong 2,71^{-200 \cdot 10000 \cdot 10^{-7}} = 2,71^{-0,2} = 0,82.$$

Следовательно, вероятность отказа составит

$$Q = 1 - P = 1 - 0,82 = 0,18.$$

**Пример 5.15.** Рассчитать и построить спектр частотно–манипулированного сигнала и определить практическую полосу частот, если частота носителя  $F_1 = 2$  кГц, амплитуда носителя  $U = 10$  В, частота модулирующего сообщения  $F_c = 100$  Гц, а девиация частоты составляет  $F_d = 300$  Гц.

Решение. Как известно [5], спектр ЧМП сигнала состоит из бесконечного множества гармонических составляющих вида  $F_1 \pm F_c$ . Однако на практике число гармонических составляющих  $n$  принимают равным индексу частотной модуляции  $m$ , так как при  $n > m$  амплитуды гармонических составляющих имеют малые значения.

Определим индекс частотной манипуляции.

$$m = F_{\delta} / F_c = 300 / 100 = 3.$$

Учитывая, что  $m < 5$ , полосу частот определим из выражения (4.15) [5]

$$\Delta F = 2(m + 1)F_c = 2(3 + 1)100 = 800 \text{ Гц},$$

т.е. необходимо учитывать четыре верхних и четыре нижних боковых гармонических составляющих. Тогда выражение для указанного ЧМП сигнала будет иметь вид:

$$U_{\text{ЧМП}} = \frac{2U}{m\pi} \left( \sin \frac{m\pi}{2} \sin 2\pi F_1 t + \frac{m^2}{m^2 - 1^2} \cos \frac{m\pi}{2} \cos 2\pi(F_1 \pm F_c)t + \right. \\ \left. + \frac{m^2}{m^2 - 2^2} \sin \frac{m\pi}{2} \sin 2\pi(F_1 \pm 2F_c)t + \frac{m^2}{m^2 - 3^2} \cos \frac{m\pi}{2} \cos 2\pi(F_1 \pm 3F_c)t + \right. \\ \left. + \frac{m^2}{m^2 - 4^2} \sin \frac{m\pi}{2} \cos 2\pi(F_1 \pm 4F_c)t \right). \quad (5.12)$$

Расчет амплитуд гармонических составляющих сведем в таблицу 5.7.

Таблица 5.7 – Значения амплитуд гармонических составляющих спектра ЧМП сигнала.

Вид составляющей	Частота, Гц	Выражение для расчета амплитуд	Амплитуда, В
$F_1$	2000	$\frac{2U}{m\pi} \sin \frac{m\pi}{2}$	2,12
$F_1 + F_c$	2100	$\frac{2U}{m\pi} \cdot \frac{m^2}{m^2 - 1^2} \cos \frac{m\pi}{2}$	0
$F_1 - F_c$	1900		
$F_1 + 2F_c$	2200	$\frac{2U}{m\pi} \cdot \frac{m^2}{m^2 - 2^2} \sin \frac{m\pi}{2}$	3,82
$F_1 - 2F_c$	1800		
$F_1 + 3F_c$	2300	$\frac{U}{2} \sin \frac{m\pi}{2}$	5,0
$F_1 - 3F_c$	1700		
$F_1 + 4F_c$	2400	$\frac{2U}{m\pi} \cdot \frac{m^2}{m^2 - 4^2} \sin m \frac{\pi}{2}$	2,73
$F_1 - 4F_c$	1600		

Спектр ЧМП сигнала, построенный в соответствии с таблицей 5.7, показан на рисунке 5.29.

Полоса частот, занимаемая ЧМП сигналом

$$\Delta F = 2(3 + 1)100 = 800 \text{ Гц}.$$

Определим среднюю мощность сигнала в полосе частот  $\Delta F = 800 \text{ Гц}$ .



$$\begin{aligned}\bar{P} &= \frac{A_0^2}{2} + 2 \frac{A_1^2}{2} + 2 \frac{A_2^2}{2} + 2 \frac{A_3^2}{2} + 2 \frac{A_4^2}{2} = \frac{2,12^2}{2} + 3,82^2 + 5,0^2 + 2,73^2 = \\ &= 2,25 + 14,6 + 25 + 7,45 = 49,3 \text{ Вт.}\end{aligned}$$

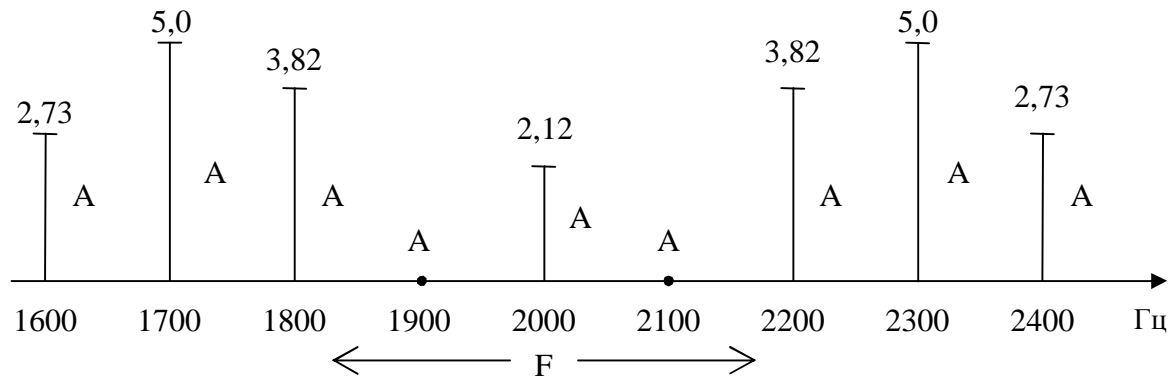


Рисунок 5.29 – Спектр ЧМП сигнала при  $m = 3$  и  $Q = 2$

Полная мощность сигнала на сопротивлении 1 Ом

$$P = \frac{U_n^2}{2} = \frac{10^2}{2} = 50 \text{ Вт.}$$

Тогда  $\bar{P} / P = 49,3 / 50 = 0,986$ , т.е. в практической полосе частот  $\Delta F = 800$  Гц будет передано около 98 % мощности всего ЧМП сигнала.

Если бы мы выбрали при  $m = 3$  полосу частот из выражения  $\Delta F = 2mF_c = 2 \cdot 3 \cdot 100 = 600$  Гц, то тогда средняя мощность сигнала в этой полосе составит:

$$\bar{P} = 2,25 + 14,6 + 25 = 39,6 \text{ Вт.}$$

Или отношение  $\bar{P} / P = 39,6 / 50 = 0,79$ , т.е. только около 80 %, что для практических целей недостаточно.

**Пример 5.16.** Команда телеуправления длиной  $n_0 = 4$ , закодированная кодом с двукратным повторением, передается в линию связи методом амплитудной манипуляции. Определить вероятности правильного приема  $P_{пр.}$ , появления обнаруженных  $P_{о.ош.}$  и необнаруженных  $P_{н.ош.}$  ошибок, если длительность элементарного сигнала составляет  $t = 20$  мс, амплитуда полезного сигнала на входе приемника  $U_c = 0,1$  В, а в канале связи действует флуктуационная помеха со среднеквадратическим значением амплитуды  $U_{н.ск.} = 0,02$  В.

Решение. Расчет потенциальной помехоустойчивости произведем по методике, изложенной в разделе 3 [6], согласно которой вероятность подавления

и воспроизведения ложного сигнала в симметричном канале одинаковы и определяются выражением

$$P_{10} = P_{01} = P_1 = V(\alpha / \sqrt{2}), \quad (5.13)$$

где  $V$  – вероятностный интеграл, значения которого приведены в приложении [6];

$\alpha$  – величина, характеризующая потенциальную помехоустойчивость:

$$\alpha = \frac{1}{\sigma_0} \sqrt{\int_0^\tau (A_1(t) - A_2(t))^2 dt}, \quad (5.14)$$

$\sigma_0$  – удельное напряжение помехи в полосе частот 1 Гц:

$$s_0 = U_{н.ск.} / \sqrt{\Delta F}; \quad (5.15)$$

$A_1(t)$  и  $A_2(t)$  – образцы передаваемых сигналов.

При амплитудной манипуляции  $A_1(t) = U_c \sin \omega_1 t$ , а  $A_2(t) = 0$ .

Подставляя в (5.14) и произведя интегрирование, получим, что при  $2\omega_1 \gg 2\pi / \tau$

$$\alpha^2 = \frac{1}{P_0} \int_0^\tau (U_c \sin \omega_1 t - 0)^2 dt = \frac{U_c^2 \tau}{2P_0}. \quad (5.16)$$

Для передачи радиоимпульса длительностью  $\tau = 20$  мс необходима полоса частот  $\Delta F = 2 / \tau = 2 \cdot 10^3 / 20 = 100$  Гц.

В соответствии с (5.15),  $\sigma_0 = 0,02 / \sqrt{100} = 0,002$  В/Гц.

Согласно (5.16),  $\alpha = 0,1\sqrt{0,02} / (0,002\sqrt{2}) = 5,01$ .

Тогда из выражения (5.13) находим, что

$$P_{10} = P_{01} = P_1 = V(\alpha / \sqrt{2}) = V(5,01/1,41) = V(3,55) = 1,926 \cdot 10^{-4}.$$

Зная вероятность искажения элементарного сигнала, определим  $P_{пр.}$ ,  $P_{о.ош.}$ ,  $P_{н.ош.}$ .

Код с двукратным повторением не обнаруживает ошибок, возникающих одновременно в сравниваемых при приеме разрядах двух частей кода. Вероятность ошибочного приема в данном коде при  $n_0 = 4$

$$\begin{aligned} P_{н.ош.} &= \sum_{i=1}^{n_0} C_{n_0}^i P_1^{2i} (1 - P_1)^{n-2i} = C_4^1 P_1^2 (1 - P_1)^{8-2} + C_4^2 P_1^4 (1 - P_1)^{8-4} = \\ &= 4(1,926 \cdot 10^{-4})^2 (1 - 1,926 \cdot 10^{-4})^6 + 6(1,926 \cdot 10^{-4})^4 (1 - 1,926 \cdot 10^{-4})^4 \cong \\ &\cong 16 \cdot 10^{-8}. \end{aligned}$$

Вероятность правильного приема будет

$$P_{пр.} = (1 - P_1)^n = (1 - 1,926 \cdot 10^{-4})^8 = 0,9985.$$

Тогда вероятность появления обнаруженных ошибок

$$P_{o.ош.} = 1 - P_{пр.} - P_{н.ош.} = 1 - 0,9985 - 16 \cdot 10^{-8} = 15 \cdot 10^{-4}.$$

В заключение следует отметить, что вероятность появления необнаруженных ошибок значительно меньше вероятности возникновения обнаруженных ошибок.

**Пример 5.17.** В бинарном симметричном канале вероятности подавления и воспроизведения ложного сигнала одинаковы и равны  $P_{10} = P_{01} = P_1 = 10^{-3}$ . Длительности символов одинаковы и равны  $\tau = 1$  мс. Определить пропускную способность канала.

Решение. Пропускную способность определим из выражения (1.56) [6]:

$$C = V_\tau (1 + P_1 \log P_1 + (1 - P_1) \log(1 - P_1)),$$

где  $V_\tau = 1/\tau$  – техническая скорость (скорость модуляции) передачи сигнала, бод.

Подставив значения, получим:

$$\begin{aligned} C &= 10^3 (1 + 10^{-3} \log 10^{-3} + (1 - 10^{-3}) \log(1 - 10^{-3})) = \\ &= 1000(1 - 0,0099 - 0,0014) = 988,7 \text{ дв.ед./с.} \end{aligned}$$

**Пример 5.18.** Рассчитать скорости передачи сигнала  $V_\tau$  и передачи данных  $R$  в дискретном канале. Длительность единичного элемента  $\tau = 10$  мс, каждый информационный элемент несёт 1 бит информации и пусть на каждые семь информационных элементов приходится один проверочный.

Решение. Скорость модуляции (передачи сигнала)  $V_\tau = 1/\tau$  и, следовательно,  $V_\tau = 1/0,01 = 100$  бод. Скорость передачи данных (информации) будет определяться числом информационных элементов, переданных в секунду, т.е.  $R = V_\tau \cdot 7/8 = 87,5$  бит/с.

**Пример 5.19.** Определить скорость передачи данных по каналу связи, если скорость передачи сигнала составляет  $V_\tau = 2400$  бод, а передача информации осуществляется многоуровневым методом модуляции КАМ–16.

Решение. Скорость передачи данных определим из выражения:

$$R = V_\tau \log M = 2400 \log 16 = 2400 \cdot 4 = 9600 \text{ бит/с.}$$

**Пример 5.20.** Определить скорость информации в телефонном канале связи ( $\Delta F = 3100$  Гц), если отношение сигнал/шум  $P_c / P_{ш} = 30$  дБ.

Решение. Скорость передачи данных определим из выражения для пропускной способности непрерывного канала [4]

$$C = \Delta F \log(P_c / P_{ш} + 1) = 3100 \log(1000 + 1) \cong 30 \text{ кбит/с.}$$

## 5.11 Заключение

В заключении необходимо перечислить основные результаты, характеризующие полноту и соответствие курсового проекта техническому заданию на проектирование. Текст должен быть кратким и содержать конкретные данные. Результаты следует излагать в форме констатации фактов, используя слова: изучено, разработано, предложено, рассчитано, получено и т.д. Объем заключения должен быть в пределах полутора–двух страниц пояснительной записки.

**Пример 5.21.** Составить ЗАКЛЮЧЕНИЕ к курсовому проекту: «Многоканальная система передачи данных».

Выполнение задания.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В процессе работы над курсовым проектом изучены методы и технологии средства построения современной, высоконадежной, быстродействующей системы передачи цифровой информации.

Спроектированная система представляет собой многоканальную, дуплексную, с асинхронно–синхронным режимом передачи систему. В качестве линии связи применён волоконно–оптический кабель с длиной волны 1550 нм типа DSF 8/125.

Многоканальность (15 каналов) достигается временным асинхронным уплотнением, позволяющим более эффективно использовать канал связи совместно с применением асинхронного режима приема/передачи данных от источника/получателя информации. А реализация синхронного обмена данными между приемником и передатчиком АПД – более высокую скорость и надежность передачи, что достигается реализованными уровнями синхронизации по кадрам, байтам, битам принимаемого сообщения.

Эффективная скорость передачи при одновременном функционировании всех каналов составляет 33.3 Кбит/с и варьируется в пределах от 33,3 Кбит/с до 0,5 Мбит/с. Техническая скорость дискретного канала составляет 1 Мбит/с. Прием и передача блоков данных размером 1600 бит окончному оборудованию ведется со скоростью 0,5 Мбит/с.

Применение в системе современных приемо–передающих модулей позволяет вести обмен данными с вероятностью ошибки  $10^{-10}$ – $10^{-12}$ . А реализация алгоритма РОС с адресным повторением, как наиболее эффективного метода для быстродействующих, удаленных систем передачи цифровой информации, помехоустойчивого (код с двойной проверкой на четность), линейного (VI–L), относительного кодирования, скремблирования позволяют обеспечивать еще большую достоверность и точность передаваемой информации. Что также обеспечивается когерентным методом приема сигнала и использованием КАМ–16.

Обработка сигнала в СПЦИ, за исключением ПОМ и ПРОМ, полностью цифровая, что также обеспечивает высокое быстродействие и качество передаваемой информации.

Дуплексный режим передачи построен на волновом уплотнении прямого и обратного каналов. Для этих целей использован волновой фильтр и когерентный источник излучения – лазерный диод. Применение в качестве линии связи ВОК, как

наиболее совершенной среды передачи информации, позволяет реализовать высокие скорости передачи, высокую помехоустойчивость, надежность и качество передаваемого сообщения.

Система реализована на современной элементной базе. Так в качестве передатчика оптоэлектронного модуля применён модуль STX-48-SC, передатчик УПС реализован на микросхеме STEL2176, а УЗО – на микроконтроллере KP1816BE51.

В заключение следует отметить, что произведённые системные расчёты: скорости передачи, пропускной способности, спектров сигнала, надёжных характеристик позволяют сделать вывод, что курсовой проект полностью соответствует техническому заданию на проектирование.

## **6 ПРОЕКТИРОВАНИЕ УСТРОЙСТВ ТЕЛЕУПРАВЛЕНИЯ И ТЕЛЕСИГНАЛИЗАЦИИ**

### **6.1 Требования, предъявляемые к устройствам телеуправления и телесигнализации**

Проектируемое устройство предназначается для телеуправления (ТУ) двухпозиционными объектами и телесигнализации (ТС) их состояний. К устройствам ТУ–ТС предъявляются следующие требования:

**6.1.1** ТУ объектом производить с помощью двух операций: подготовительной – выбором управляемого объекта и исполнительной – посылкой команды на включение либо отключение объекта. Обе операции осуществлять набором ключей (кнопок). Правильность выбора управляемого объекта подтверждается индивидуальным квитированием по методу обратной связи. Правильность исполнения команды ТУ – известительной ТС. Режим перехода с одной операции на другую автоматический.

**6.1.2** Обеспечить подтверждение исполнения каждой из двух операций на мимическом и световом щитах с помощью определенного цвета символов контролируемых объектов, а несоответствие – мигающим освещением символов.

**6.1.3** Обеспечить привлечение внимания оператора включением общего тонального звукового сигнала при изменении состояния любого объекта.

**6.1.4** В качестве исполнительных элементов и датчиков ТС использовать контактные либо бесконтактные ключевые схемы. Выходные элементы ТУ должны обеспечить подключение нагрузки с током до 0,1 А при напряжениях до 60 В постоянного тока и 220 В переменного тока.

**6.1.5** Предусмотреть сигнализацию аварийного состояния каждого объекта свечением символа «Авария» и миганием индивидуального символа на световом (мимическом) щите. Непрохождение символов ТУ по каналу связи сигнализировать свечением символа «Авария канала связи».

**6.1.6** Проектируемое устройство ТУ–ТС должно быть отнесено по быстродействию к группе: 1-й – до 1 с; 2-й – от 1 до 4 с; 3-й – свыше 4 с. Группа по быстродействию определяется отдельно для каждого вида информации.

**6.1.7** По результатам расчета помехоустойчивости проектируемое устройство должно быть отнесено к категории согласно таблицы 6.1.

Достоверность передачи оценивается для каждой из функций отдельно при наличии нормального флуктуационного шума в канале связи.

Таблица 6.1 – Категории систем ТУ–ТС по помехоустойчивости

Вероятностные характеристики	Вероятность события $P$ , не более		
	Категория		
	1	2	3
Вероятность трансформации команды ТУ	$10^{-14}$	$10^{-10}$	$10^{-7}$
Вероятность трансформации ТС	$10^{-8}$	$10^{-7}$	$10^{-6}$
Вероятность отказа от исполнения посланной команды ТУ	$10^{-10}$	$10^{-7}$	$10^{-6}$
Вероятность потери команды ТУ	$10^{-14}$	$10^{-10}$	$10^{-7}$
Вероятность потери контрольной информации ТС	$10^{-8}$	$10^{-7}$	$10^{-6}$
Вероятность образования ложной команды ТУ или контрольной информации ТС при отсутствии передачи и при наличии помех на входе приемного устройства	$10^{-12}$	$10^{-7}$	$10^{-4}$

**6.1.8** Средняя наработка до отказа одного канала для каждой из функций проектируемого устройства должна быть не менее 10000 ч. для 1–й группы, 5000 ч – для 2–й группы, 2500 ч – для 3–й группы.

**6.1.9** Дальность передачи до 50 км.

## 6.2 Индивидуальные задания

**6.2.1** Количество контролируемых пунктов (КП): а) 3; б) 6; в) 9; г) 16.

**6.2.2** Количество двухпозиционных объектов на КП: а) 30; б) 40; в) 60; г) 80.

**6.2.3** Двухпозиционные объекты объединяются в группы: а) четыре; б) шесть; в) восемь; г) десять.

**6.2.4** Расположение КП: а) территориально–рассредоточенное; б) группами по три; в) вдоль общей линии.

**6.2.5** Способ защиты команд ТУ и сообщений ТС от помех: а) код с защитой по паритету; б) код с двойной проверкой на четность; в) инверсный код; г) корреляционный код; д) код Хэмминга с  $d = 4$ ; е) циклический код с  $d = 3$ ; ж) циклический код с  $d = 4$ ; з) мажоритарное дублирование команды; и) мажоритарное дублирование каждого элемента команды.

**6.2.6** Способ защиты всех типов адресов, передаваемых с ПУ на КП кодом п. 6.2.5 и дополнительно информационной обратной связью.

**6.2.7** Метод передачи сигналов: а) видеоимпульсы; б) фазовая манипуляция; в) частотная манипуляция; г) амплитудная манипуляция.

**6.2.8** Метод линейного кодирования: а) код RZ; б) код АМІ; в) код РЕ; г) код СDP; д) код DMI; е) самосинхронизирующееся скремблирование; ж) аддитивное скремблирование.

**6.2.9** Средняя наработка до отказа, не менее: а) 10000 часов; б) 5000 часов; в) 2500 часов.

**6.2.10** Категория по помехоустойчивости команд ТУ и сообщений ТС: а) первая; б) вторая; в) третья.

**6.2.11** Среднеквадратическое напряжение помехи в процентах от амплитуды полезного сигнала на входе приемника: а) 15; б) 20; в) 25.

**6.2.12** Варианты индивидуальных заданий представлены в таблице 6.2.

Таблица 6.2 – Варианты индивидуальных заданий по проектированию систем ТУ–ТС

№ варианта	Исходные данные по пп. 6.2.1 – 6.2.11										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1.	а	г	а	в	а	+	а	ж	а	а	в
2.	б	в	б	б	б	+	б	е	б	б	б
3.	в	б	в	а	в	+	в	д	в	в	а
4.	г	а	г	а	г	+	г	г	а	в	в
5.	б	в	г	б	д	+	в	в	б	б	б
6.	в	б	в	в	е	+	б	б	в	а	а
7.	г	а	б	б	ж	+	а	а	б	а	б
8.	а	г	а	в	з	+	г	а	в	в	а
9.	в	б	в	а	и	+	б	б	а	б	в
10.	г	а	б	в	и	+	а	в	а	б	в
11.	а	г	а	а	з	+	г	г	в	а	а
12.	б	в	г	б	ж	+	в	д	б	в	б
13.	г	б	б	б	е	+	б	е	б	а	б
14.	в	а	а	а	д	+	а	ж	в	в	а
15.	б	г	г	в	г	+	г	д	а	б	в
16.	а	в	в	а	в	+	в	г	в	б	в
17.	а	в	в	а	б	+	а	в	б	в	а
18.	б	б	г	б	а	+	г	б	а	а	б
19.	в	а	г	в	е	+	б	а	а	а	б
20.	г	в	в	б	ж	+	а	ж	в	в	б
21.	б	б	б	в	з	+	г	е	б	а	а
22.	в	а	а	а	и	+	в	б	б	в	в
23.	г	г	в	в	и	+	б	в	в	б	в
24.	а	б	б	а	з	+	а	г	а	в	а
25.	в	а	а	б	ж	+	г	д	в	а	б
26.	г	г	г	б	е	+	в	е	б	а	в
27.	а	в	б	а	д	+	а	ж	а	в	в
28.	б	б	а	в	г	+	г	д	в	а	б
29.	г	а	г	а	в	+	б	г	б	в	а
30.	в	г	в	а	б	+	а	в	б	б	а

## 7. ПРОЕКТИРОВАНИЕ УСТРОЙСТВ ТЕЛЕРЕГУЛИРОВАНИЯ

### 7.1 Требования, предъявляемые к устройствам телерегулирования

**7.1.1** Проектируемое устройство телерегулирования (ТР) предназначается для телеизмерения текущих (ТИТ) либо интегральных (ТИИ) значений параметров объекта и телеуправления многопозиционными регуляторами с помощью команд–уставок.

**7.1.2** К устройству ТР предъявляются следующие требования:

– телеизмерение параметров осуществлять непрерывно при ТИТ и дискретно–непрерывно при ТИИ с соответствующей индикацией на световом щите по каждому параметру;

– телеуправление многопозиционным регулятором производить с помощью двух операций: подготовительной – выбором параметра регулирования и исполнительной – посылкой уставки. Режим перехода с одной операции на другую – автоматический;

– обеспечить воспроизведение на световом щите с помощью световых элементов в режиме мигания процесс выбора и в режиме свечения подтверждение правильного выбора регулируемого параметра. Правильность выполнения ТУ уставкой воспроизводить индикацией ТИТ (ТИИ) значений контролируемого параметра. Уставки сигнализировать свечением символов положения регулятора;

– предусмотреть сигнализацию аварийного состояния каждого объекта с помощью свечения общего символа «Авария», сигнализацию неисправности канала связи миганием символа «Авария канала связи»;

– в качестве исполнительных элементов использовать контактные либо бесконтактные ключевые схемы и элементы индикации. По каналу ТУ выполнить требования 6.1.6 – 6.1.8, предъявляемые к устройствам ТУ–ТС.

### 7.2 Индивидуальные задания

**7.2.1.** Количество объектов (параметров) телерегулирования (ТР): а) 10; б) 7; в) 4.

**7.2.2** Количество уставок ТР каждым параметром: а) 15; б) 31; в) 63; г) 125.

**7.2.3** Способ защиты сообщений уставок (кодовых комбинаций (КК)) и сигналов ТИ: а) код с защитой на четность; б) код с числом единиц, кратным трем; в) инверсный код; г) корреляционный код; д) код Хэмминга с  $d = 4$ ; е) циклический код с  $d = 3$ ; ж) циклический код с  $d = 4$ ; з) циклический код с  $d \geq 5$  (БЧХ),  $n = 21$  и  $S = 2$ ; и) трехкратное дублирование.



**7.2.4** Унифицированные сигналы при ТИТ параметров изменяются в пределах от 0 до 5 В и ограничены максимальной частотой спектра: а) 0,01 Гц; б) 0,1 Гц; в) 1 Гц.

**7.2.5** Дальность передачи сигналов: а) 20 км; б) 40 км; в) 60 км.

**7.2.6** Класс точности канала ТИ: а) 0,15; б) 0,25; в) 0,4; г) 0,6; д) 1,0; е) 1,5; ж) 2,5.

**7.2.7** Вероятность необнаруженных ошибок при передаче КК и отсчета кодового телеизмерения: а)  $10^{-14}$ ; б)  $10^{-10}$ ; в)  $10^{-5}$ .

**7.2.8** Метод передачи сигналов: а) ФМП; б) ЧМП; в) АМП; г) полярная манипуляция.

**7.2.9** Формирование требуемого энергетического спектра сигнала: а) самосинхронизирующееся скремблирование; б) аддитивное скремблирование; в) код РЕ.

**7.2.10** Тип устройства синхронизации: а) статическое; б) динамическое.

**7.2.11** Регистрирующее устройство ТИ: а) цифровой прибор; б) дисплей; в) принтер.

**7.2.12** Спектральная плотность мощности шума, Вт/Гц: а)  $10^{-3}$ ; б)  $5 \cdot 10^{-3}$ ; в)  $10^{-2}$ .

**7.2.13** Варианты индивидуальных заданий представлены в таблице 7.1.

Таблица 7.1 – Варианты индивидуальных заданий по проектированию систем ТР

№ варианта	Исходные данные по пп. 7.2.1 – 7.2.11											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1.	а	а	а	а	а	а	а	а	а	а	а	а
2.	б	б	б	б	б	б	б	б	б	б	б	б
3.	в	в	в	в	в	в	в	в	в	а	в	в
4.	б	г	г	б	б	г	б	г	в	б	а	в
5.	в	б	д	в	в	д	в	б	б	а	в	а
6.	а	в	е	а	а	е	а	в	а	б	в	б
7.	в	г	ж	в	в	ж	в	г	б	а	а	в
8.	б	а	з	б	а	б	а	а	а	б	б	а
9.	а	в	и	а	б	в	б	а	в	а	в	б
10.	а	г	в	в	б	г	в	б	в	б	а	в
11.	б	б	г	а	а	д	б	в	а	а	б	а
12.	в	в	д	б	в	е	а	г	б	б	в	б
13.	а	г	е	а	а	ж	а	б	б	а	а	в
14.	б	а	ж	б	б	а	б	в	а	б	б	а
15.	в	в	з	в	в	б	в	г	в	а	в	б
16.	б	г	и	б	б	в	б	а	а	б	а	в
17.	в	б	а	в	в	г	в	б	в	а	б	а
18.	а	в	б	а	а	д	а	в	б	б	в	б
19.	в	г	а	в	в	е	в	г	б	а	в	а
20.	б	а	и	б	а	ж	а	б	а	б	а	б

Продолжение таблицы 7.1

№ варианта	Исходные данные по пп. 7.2.1 – 7.2.11											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
21.	а	в	з	а	б	ж	б	б	в	а	б	в
22.	а	в	ж	в	б	д	в	а	в	б	а	в
23.	б	г	е	а	а	г	б	в	а	а	в	б
24.	в	а	д	б	в	в	а	г	б	б	б	а
25.	а	в	г	а	а	б	в	в	б	а	в	б
26.	б	г	в	б	б	а	а	а	в	б	б	а
27.	в	б	и	в	в	а	б	б	в	а	б	а
28.	в	в	з	б	б	ж	б	г	а	б	а	в
29.	б	а	ж	в	в	е	а	г	а	а	б	б
30.	а	б	е	а	б	д	в	б	в	б	в	а

## 8 ПРОЕКТИРОВАНИЕ ЦИФРОВЫХ УСТРОЙСТВ ТЕЛЕИЗМЕРЕНИЯ

### 8.1 Требования, предъявляемые к устройствам телеизмерения

**8.1.1** Проектируемое устройство предназначается для измерения на расстоянии путем ряда автоматических преобразований и передачи непрерывных или дискретных значений измеряемого параметра с целью восстановления на приемной стороне хода изменения его во времени.

**8.1.2** К устройству телеизмерения предъявляются следующие требования:

- процесс телеизмерения производится без непосредственного участия человека;

- первичный отбор информации всегда осуществляется первичными преобразователями (датчиками), автоматически преобразующими измеряемые параметры в один из унифицированных параметров (напряжение, ток, сопротивление и др.);

- отсчет измеряемой величины осуществляется в принятых единицах или в процентах от ее номинального значения;

- отображение измеряемого параметра в виде, удобном для восприятия человеком, регистрации и ввода в ЭВМ;

- передача телеметрической информации осуществляется по запросу с пункта управления в автоматическом режиме, для адаптивных устройств телеизмерения передача осуществляется спорадически;

- по достоверности передачи сообщений проектируемое устройство должно относиться к категории 1, 2 либо 3, по надежности – к группе 1, 2 либо 3 согласно ГОСТ 26.205–83, т.е. при отношении амплитуды сигнала к эффективному значению шума более 7 и при вероятности искажения элементарного

сигнала менее  $10^{-4}$  вероятностные характеристики не должны превышать значений, представленных в таблице 8.1.

Таблица 8.1 – Категории систем ТИ по помехоустойчивости

Вероятностные характеристики	Категория		
	1	2	3
Вероятность трансформации команды	$10^{-14}$	$10^{-10}$	$10^{-7}$
Вероятность трансформации знака буквенно–цифровой информации или отсчета кодового телеизмерения	$10^{-7}$	$10^{-6}$	$10^{-5}$

**8.1.3** Средняя наработка на отказ одного канала при нормальных условиях должна быть не менее: 1 группа – 10000 ч; 2 группа – 5000 ч; 3 группа – 2500 ч.

## 8.2 Индивидуальные задания

**8.2.1** Используемый алгоритм работы): а) ТИТ, циклический опрос по вызову в пределах КП; б) адаптивная дискретизация; в) адаптивная коммутация; г) рациональное построение кадра; д) ТИИ, Циклический опрос по вызову всех КП; е) ТИТ по выбору.

**8.2.2** Количество контролируемых пунктов: а) 1; б) 3; в) 7; г) 15.

**8.2.3** Количество датчиков ТИ на каждом КП: а) 63; б) 31; в) 21; г) 11; д) 9; е) 5; ж) 4; з) 2.

**8.2.4** Максимальная частота изменения телеметрируемого параметра, Гц: а) 0,01; б) 0,05; в) 0,1; г) 0,5; д) 1; е) 5.

**8.2.5** Погрешность преобразования в цифровой эквивалент, %: а) 0,20; б) 0,40; в) 0,6; г) 0,8; д) 1,0.

**8.2.6** Регистрирующее устройство: а) цифровой прибор; б) дисплей; в) принтер.

**8.2.5** Унифицированные сигналы при ТИТ параметров изменяются в пределах: а) 0...5 мА; б) 0...10 мА; в) 0...5 В; г) 0...10 В.

**8.2.6** Способ защиты сообщений от помех: а) код с защитой на четность; б) код с двойной проверкой на четность; в) код Бергера; г) инверсный код; д) корреляционный код; е) код Хэмминга с  $d = 4$ ; ж) циклический код с  $d = 3$ ; з) циклический код с  $d = 4$ ; и) код с двухкратным повторением элементов кодовой комбинации; к) код с двухкратным повторением кодовой комбинации.

**8.2.7** Метод повышения качества работы системы – применение M–последовательностей: а)  $x^7 + x + 1$ ; б)  $x^7 + x^3 + 1$ ; в)  $x^7 + x^3 + x^2 + x + 1$ ; г)  $x^7 + x^4 + x^2 + x + 1$ ; д)  $x^7 + x^5 + x^2 + x + 1$ ; е)  $x^7 + x^5 + x^3 + x + 1$ ; ж)  $x^7 + x^6 + x^3 + x + 1$ ; з)  $x^7 + x^6 + x^4 + x + 1$ .

**8.2.8** Метод передачи сигналов: а) ЧМ–2; б) ФМ–2; в) ФМ–4; г) ФМ–8; д) КАМ–4; е) КАМ–16; ж)  $\pi/4$  квадратурная ОФМ; з) САР–модуляция.

**8.2.9** Вероятность появления необнаруженной ошибки в кодовой комбинации: а)  $10^{-7}$ ; б)  $10^{-6}$ ; в)  $10^{-5}$ .

**8.2.10** Спектральная плотность мощности шума, Вт/Гц: а)  $10^{-3}$ ; б)  $10^{-2}$ ; в)  $5 \cdot 10^{-2}$ ; г)  $5 \cdot 10^{-3}$ .

**8.2.11** Масштабирующие коэффициенты (для датчиков и(или) КП): а) 2...4; б) 5...7; в) 8...10; г) 11...13; д) 14...16.

**8.2.12** Варианты индивидуальных заданий представлены в таблице 8.2.

Таблица 8.2 – Варианты индивидуальных заданий по проектированию систем ТИ

№ варианта	Исходные данные по пп. 8.2.1 – 8.2.13												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
1.	а	а	а	а	а	а	а	а	а	а	а	а	а
2.	б	б	в	б	б	б	б	б	б	б	б	б	б
3.	в	в	д	в	в	в	в	в	в	в	в	в	в
4.	д	г	ж	г	г	б	г	г	г	г	б	г	г
5.	а	а	б	д	д	в	б	д	д	д	в	б	д
6.	б	б	г	е	б	а	в	е	е	е	а	в	б
7.	е	в	е	г	в	в	г	ж	ж	ж	в	г	в
8.	е	г	з	д	г	а	а	з	з	з	а	а	г
9.	б	а	а	в	д	б	в	и	б	в	б	в	д
10.	в	б	в	а	а	а	г	к	в	г	а	г	в
11.	г	в	д	б	в	б	а	а	г	д	б	б	г
12.	а	г	ж	в	г	в	б	в	д	е	в	а	д
13.	в	а	б	д	д	б	г	г	е	ж	б	г	а
14.	г	б	г	е	а	в	а	д	ж	з	в	а	б
15.	а	в	е	а	б	а	б	е	з	а	а	б	г
16.	д	г	з	б	в	а	в	ж	а	б	в	в	д
17.	в	а	а	в	д	б	а	з	в	а	а	а	а
18.	а	б	в	е	а	а	б	и	г	б	б	б	б
19.	б	в	д	а	б	б	в	к	д	в	а	в	в
20.	е	г	ж	б	в	в	г	а	е	г	б	г	а
21.	г	а	б	в	г	б	б	б	ж	д	в	б	б
22.	б	б	г	г	а	б	в	в	з	е	б	в	г
23.	е	в	е	д	б	а	г	г	а	ж	в	г	д
24.	д	г	з	г	в	а	а	д	б	з	а	а	г
25.	а	а	а	д	г	б	в	е	в	д	в	в	а
26.	в	б	в	е	д	а	г	ж	д	е	а	г	б
27.	г	в	д	а	б	б	а	з	е	ж	б	б	в
28.	а	г	ж	б	в	в	б	и	ж	з	а	а	г
29.	б	а	б	в	г	б	г	к	з	а	б	г	д
30.	а	б	г	д	д	а	а	б	а	б	в	а	б
31.	д	в	е	е	а	а	б	в	б	в	б	б	в
32.	в	г	з	а	в	б	в	г	в	г	в	в	г
33.	г	а	а	б	г	в	а	д	е	ж	а	а	д

Продолжение таблицы 8.2

№ варианта	Исходные данные по пп. 8.2.1 – 8.2.13												
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
34.	б	б	в	в	д	б	б	е	ж	з	в	б	а
35.	в	в	д	е	а	в	в	ж	з	а	а	в	а
36.	е	г	ж	а	б	а	г	з	а	б	б	г	б
37.	а	а	б	б	в	в	б	и	б	в	а	б	в
38.	в	б	г	в	д	а	в	к	в	г	б	в	г
39.	е	в	е	г	а	б	г	а	г	д	в	г	д
40.	а	г	з	д	б	а	б	к	д	е	б	а	г

## 9. ПРОЕКТИРОВАНИЕ УСТРОЙСТВ ПЕРЕДАЧИ ДАННЫХ

### 9.1 Требования, предъявляемые к устройствам передачи данных

**9.1.1** Проектируемые устройства предназначены для передачи потока данных от отправителя к получателю.

Согласно ГОСТ 17657–79, отправитель – человек и(или) устройство (ЭВМ, датчики), осуществляющие выбор сообщения данных из ансамбля сообщений и формирование этого сообщения для последующей передачи.

Получатель сообщения данных – человек и(или) устройство (ЭВМ, печатающее устройство), для которых предназначено сообщение данных.

**9.1.2** К числу данных следует отнести всевозможную информацию, вырабатываемую различными устройствами, осуществляющими автоматизацию производственных процессов, а также механизацию и автоматизацию планирования, учета и контроля этих процессов. Устройства передачи данных используются для передачи информации, необходимой для оперативного руководства промышленными предприятиями, министерствами; централизованного статистического и бухгалтерского учета; управления полетом космических аппаратов, материально–техническим снабжением и т.п.

**9.1.3** Аппаратура передачи данных (АПД) состоит из устройств: преобразования сигнала, защиты от ошибок, автоматического вызова и ответа детектора качества сигнала, корректора и связанных с ним вспомогательных устройств, например контрольно–измерительных устройств.

**9.1.4** Представление алфавитно–цифровой информации на входах и выходах АПД в двоичном 8–битном коде (КОИ–8).

**9.1.5** Обмен данными между отправителем и получателем может производиться в одном из трех режимов: дуплексном, полудуплексном и симплексном.

**9.1.6** Выбор режима производится студентом самостоятельно в зависимости от исходных данных.

## 9.2 Индивидуальные задания

9.2.1 Число источников информации: а) 2; б) 4; в) 6; г) 6.

9.2.2 Скорость передачи сигналов, бод: а) 300; б) 600; в) 1200; г) 1800, д) 2400.

9.2.3 Длина блока данных, бит: а) 800; б) 1200; в) 1400; г) 1600; д) 2000.

9.2.4 Информация защищается кодом: а) циклическим с  $P(x) = x^8 + x^2 + x + 1$ ; б) циклическим с  $P(x) = x^{16} + x^{12} + x^5 + 1$ ; в) циклическим с  $P(x) = x^{16} + x^{15} + x^{13} + x^{11} + x^5 + x^3 + x + 1$ ; г) циклическим с  $P(x) = x^{24} + x^{22} + x^{12} + x^{10} + x^9 + x^2 + x + 1$ ; д) циклическим с  $P(x) = x^{24} + x^{23} + x^6 + x^4 + x^2 + 1$ ; е) итеративным с проверкой на четность по строкам и столбцам; ж) итеративным с проверкой на четность по строкам, столбцам и диагонали; з) итеративным с проверкой по строкам и столбцам кодом Хэмминга с  $d = 4$ .

9.2.5 Режим передачи данных: а) синхронный; б) асинхронный.

9.2.6 Метод криптографического закрытия информации: а) гаммирование; б) кодирование с открытым ключом; в) хеширование; г) Вижинера; д) шифрование с автоключом; е) гомофоническая замена; ж) полиграммная замена; з) шифрование перестановкой.

9.2.7 Метод сжатия сообщений: а) LZW; б) RLE.

9.2.8 Метод передачи сигналов: а) ФМ–4; б) ФМ–8; в) КАМ–4; г) КАМ–16; д) САР–модуляция; е) ЧМП с минимальным сдвигом; ж) треллис–модуляция; з) многопозиционная амплитудная модуляция АМ–6.

9.2.9 Формирование требуемого энергетического спектра данных: а) код PE; б) CDP; в) DMI; г) CMI; д) скремблирование.

9.2.10 Метод повышения качества работы системы: а) блоковое перемежение; б) межблоковое перемежение; в) автоматический запрос повторной передачи с остановом и ожиданием; г) автоматический запрос повторной передачи с возвращением на N блоков; д) автоматический запрос повторной передачи с селективным повторением.

9.2.11 Вероятность искажения элементарного сигнала: а)  $10^{-3}$ ; б)  $5 \cdot 10^{-3}$ ; в)  $10^{-2}$ ; г)  $5 \cdot 10^{-2}$ .

9.2.12 Варианты индивидуальных заданий представлены в таблице 9.1.

Таблица 9.1 – Варианты индивидуальных заданий по проектированию систем передачи данных

№ варианта	Исходные данные по пп. 9.2.1 – 9.2.11										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1.	а	а	а	а	а	а	а	а	а	а	а
2.	б	б	б	б	б	б	б	б	б	б	б
3.	в	в	в	в	а	в	а	в	в	в	в
4.	г	г	г	г	б	г	б	г	г	г	г
5.	а	д	д	д	а	д	а	д	д	д	г
6.	б	в	г	е	б	е	б	е	а	в	в
7.	в	г	д	ж	а	ж	а	ж	б	г	б

Продолжение таблицы 9.1

№ варианта	Исходные данные по пп. 9.2.1 – 9.2.11										
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
8.	г	д	а	з	б	з	б	з	в	д	а
9.	б	а	б	в	а	д	а	д	г	а	г
10.	в	б	в	г	б	е	б	е	д	б	в
11.	г	а	г	д	а	ж	а	ж	а	в	б
12.	а	б	д	е	б	з	б	з	б	а	б
13.	б	в	г	ж	а	а	а	а	в	д	а
14.	в	г	д	з	б	б	б	б	г	г	б
15.	г	д	а	в	а	в	а	в	д	в	в
16.	б	в	б	а	б	г	б	г	а	д	г
17.	в	г	в	б	а	в	а	з	б	г	а
18.	г	д	г	а	б	в	б	ж	в	в	б
19.	а	б	д	б	а	г	а	е	г	б	в
20.	б	а	г	в	б	д	б	д	д	а	г
21.	в	б	д	г	а	е	а	г	а	б	а
22.	г	в	а	д	б	ж	б	в	б	в	б
23.	а	г	б	е	а	з	а	б	в	г	в
24.	б	д	в	ж	б	в	б	а	г	д	г
25.	в	б	г	з	а	г	а	д	д	в	а
26.	б	д	а	з	а	з	б	б	в	г	г
27.	в	в	б	ж	б	ж	а	в	г	в	в
28.	г	б	в	е	а	е	б	г	д	б	а
29.	б	а	г	д	б	д	а	д	а	г	б
30.	в	г	д	г	а	г	б	е	а	б	в
31.	г	д	г	в	б	в	а	ж	б	а	г
32.	а	б	д	б	а	б	а	з	в	а	б
33.	б	а	а	г	б	а	б	з	г	б	а
34.	в	а	б	з	а	ж	б	в	д	в	а
35.	г	в	в	г	б	з	а	г	в	г	б
36.	б	г	д	в	а	е	б	д	г	д	в
37.	в	д	г	д	б	д	а	е	д	а	г
38.	г	а	г	е	а	г	б	ж	а	б	в
39.	а	б	д	ж	б	б	а	з	б	в	б
40.	б	в	а	з	а	а	б	г	в	г	г
41.	в	г	б	в	б	ж	а	д	г	д	а
42.	г	д	в	а	б	д	а	е	д	а	г
43.	а	в	г	б	а	г	б	ж	а	б	б
44.	б	г	д	а	б	в	а	з	д	в	в
45.	в	д	в	б	а	б	б	а	а	г	г
46.	а	г	б	в	б	а	б	б	г	д	в
47.	а	д	а	г	а	ж	а	в	д	а	б
48.	б	в	д	е	а	з	б	г	б	в	г
49.	в	б	г	ж	б	е	а	д	в	г	а
50.	г	д	в	з	а	з	а	е	д	г	б

## Литература

1. ГОСТ 2.004–88 ЕСКД. Общие требования к выполнению конструкторских и технологических документов на печатающих и графических устройствах вывода ЭВМ.
2. ГОСТ 2.105–95 ЕСКД. Общие требования к текстовым документам.
3. Усатенко С.Т., Каченюк Т.К., Терехова М.В. Выполнение электрических схем по ЕСКД: Справочник. – М.: Издательство стандартов, 1989. – 325 с.
4. Сорока Н.И., Кривинченко Г.А. Телемеханика: Конспект лекций для студентов специальности Т.11.01.00 «Автоматическое управление в технических системах». – Мн.: БГУИР, 1998. – 88 с.
5. Сорока Н.И., Кривинченко Г.А. Телемеханика: Конспект лекций для студентов специальности Т.11.01.00 «Автоматическое управление в технических системах». Ч.1: Сообщения и сигналы. – Мн.: БГУИР, 2000. – 128 с.
6. Сорока Н.И., Кривинченко Г.А. Телемеханика: Конспект лекций для студентов специальностей 53 01 03 «Автоматическое управление в технических системах» и 53 01 07 «Информационные технологии и управление в технических системах». Ч.3: Линии связи и помехоустойчивость информации. – Мн.: БГУИР, 2004.
7. Сорока Н.И., Кривинченко Г.А. Телемеханика: Конспект лекций для студентов специальности Т.11.01.00 «Автоматическое управление в технических системах». Ч.2: Коды и кодирование. – Мн.: БГУИР, 2001. – 168 с. ил. 98.
8. Иванов В.И.. Оптические системы передачи. М.: Радио и связь, 1998. – 420 с.: ил.
9. Убайдуллаев Р.Р. Волоконно-оптические сети.–М.: Эко–Трендз, 2000. – 267 с.: ил.
- 10.Руководство пользователя STel–MAN–97709. Цифровой мод/демо-дулятор ASIC: 16/64/256 QAM приёмник; QPSK/16 QAM передатчик. Корпорация Intel 1999. – 80 с.: ил.
- 11.Вернер В.Д., Воробьев Н.В., Горячев А.В. и др. Микропроцессоры в 3 кн. Кн. 2: Средства сопряжения. Контролирующие и информационно управляющие системы. Кн. 2. – М.: Высш. шк., 1986. – 303 с.
- 12.Intel Inc. MCS<sup>®</sup> 51 microcontroller family user’s manual. 272383–002. 1994. – 334 с.: ил, <http://www.intel.com/>
- 13.FM3808. Энергонезависимое сегнетоэлектрическое ОЗУ (FRAM). <http://www.gaw.ru>.
- 14.Optical Communication Products Inc. STX–48–MS: transmitter OC–48/STM–16. Спецификация 7–23–01.1998. – 4 с.: ил, <http://www.ocp-inc.com>.
- 15.DiCon Fiberoptics, Inc. Single Stage Isolator. Спецификация 0032C. 2001. – 1 с: ил, <http://www.diconfiber.com>.
- 16.Fiber Optic Communications, Inc. Narrow band WDM (W–NB). Спецификация 45–3–1. 2001. – 2 с.: ил, <http://www.foci.com.tw>.



- 17.Хорвиц П., Хилл У. Искусство схемотехники. Пер. с англ. Б.Н. Бронина, А.И. Коротова и др. – Изд. шестое. – М.: Мир, 2003. – 704 с.: ил.
- 18.Богданович М.И., Грель И.Н., Прохоренко В.А. и др. Цифровые интегральные микросхемы. Справочник. – Мн.: Беларусь, 1991. – 461 с.
- 19.Акимов Н.Н., Ващуков Е.П. и др. Резисторы, конденсаторы, трансформаторы, дроссели, коммутационные устройства РЭА. Справочник. – Мн.: Беларусь, 1994. – 436 с.
- 20.Мальцев П.П., Долидзе Н.С., Критенко М.И. Цифровые интегральные микросхемы. Справочник. М.: Радио и связь, 1994. – 521 с.
- 21.Галкин В.А., Григорьев Ю.А. Телекоммуникации и сети: Учеб. пособие для вузов. – М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2003. 608 с.: ил.
- 22.Маковеева М.М., Шинаков Ю.С. Системы и средства связи с подвижными объектами. – М.: Радио и связь, 2002.
- 23.Гаранин М.В., В.Н. Журавлёв, С.В. Кунегин. Системы и сети передачи информации. – М.: Радио и связь, 2001. – 336 с.
- 24.Журавлёв В.Н. Поиск и синхронизация в широкополосных системах. – М.: Радио и связь, 1986. – 240 с.
- 25.Варакин Л.Е. Системы связи с шумоподобными сигналами. – М.: Радио и связь, 1985. – 348 с.
- 26.Кислов В.Я. и др. Корреляционные свойства шумоподобных сигналов, генерируемых системами с динамическим хаосом // Радиотехника и электроника, 1997. Том 42, № 11. С. 1341 – 1349.
- 27.Смирнов Н.И., Горгадзе С.Ф. Синхронное кодовое разделение абонентских станций: перспективное поколение персональных систем связи // Технологии и средства связи. 1998. № 4. С. 58–62.
- 28.Горностаев Ю.М. Мобильные системы третьего поколения. Москва, МЦНТИ. 1998.
- 29.Хелд Г. Технологии передачи данных. 7–е изд. – С-Пб.– Питер, 2003. – 720 с.
- 30.Сорока Н.И., Кривинченко Г.А. Телемеханика: Конспект лекций для студентов специальностей 1–53 01 03 «Автоматическое управление в технических системах» и 1–53 01 07 «Информационные технологии и управление в технических системах» всех форм обучения. Ч. 5: Технологии передачи дискретных сообщений. – Мн.: БГУИР, 2005. – 186 с.
- 31.Сорока Н.И., Кривинченко Г.А. Телемеханика: Конспект лекций для студентов специальностей 1–53 01 03 «Автоматическое управление в технических системах» и 1–53 01 07 «Информационные технологии и управление в технических системах» всех форм обучения. Ч.4: Системы телемеханики. – Мн.: БГУИР, 2005. – 157 с.
- 32.Кудрашов В.А., Глушко В.П. Системы передачи дискретной информации – М.: УМК МПС, 2002. – 384 с.
- 33.Пронин Е.Г., Могуева О.В. Проектирование систем передачи информации. – М.: Радио и связь, 1999. – 240 с.

34. Брюс Шнайер. Прикладная криптография. Протоколы, алгоритмы, исходные тексты на языке Си – М.: Издательство ТРИУМФ, 2002.– 816 с.
35. Столлингс Вильям. Криптография и защита сетей – М.; 2002.
36. Молдовен и др. Криптография. Скоростные шифры – М.; 2002.
37. М. Масляников. Практическая криптография – М.; 2003.
38. Лагутенко О.И. Современные модемы. – М.: Эко ТРЕНДЗ, 2002. – 344 с.
39. Джордж Смит. Сопряжение компьютеров с внешними устройствами – М.: Мир, 2000. – 266 с.
40. Невдеев Л.М. Мобильная спутниковая связь: Справочник – М: МЦНТИ, 1998. – 155 с.
41. Ратынский М.В. Основы сотовой связи / Под ред. Д.Б. Замина – М: Радио и связь, 1988. – 240 с.
42. Яценков В.С. Микроконтроллеры MicroCHIP, М.: Горячая линия – Телеком, 2005. – 280 с.
43. Семейство микроконтроллеров VSP430x4XX – Руководство пользователя. – М.: ЗАО «Компэл», 2005. – 413 с.
44. Шагурин И.И. Современные микроконтроллеры и микропроцессоры семейства MOTOROLA.– М.: Горячая линия – Телеком, 2005. – 402с.
45. Козленко Н.И. Помехоустойчивость дискретной передачи непрерывной информации. – М.: Радиотехника, 2004. – 350с.
46. Джонсон, Говард. Высокоскоростная передача цифровых данных: высший курс чёрной магии: Пер. с англ. – Издательство дом Вильямс, М.: 2005. – 1024с.
47. Алиев И.Н., Казанский С.Б. Кабельные изделия: Справочник – М.: ИМ РадиоСофт, 2002. – 224с.
48. Микросхемы ЦАП и АЦП. – М.: Издательский дом «Додэка XXI», 2005. – 432с.
49. Аксенов А.И., Нефедов А.В. Отечественные полупроводниковые приборы/ 5–е изд., доп. и испр. – М.: Солон–Пресса, 2005. – 584 с.
50. Денисенко А.Н. Сигналы. Теоретическая радиотехника. Справочное пособие. – М.: Горячая линия – Телеком, 2005. – 704 с.
51. Ирвин Дж., Карлс Д. Передача данных в сетях. Инженерный подход. – С–Пб: БХВ – Петербург, 2003 – 442 с.
52. Калабеков Б.А. Цифровые устройства и микропроцессорные системы. – М.: Радио и связь. 1997 – 336 с.
53. Бородин В.Б., Шагурин И.И. Микроконтроллеры. Архитектура, программирование, интерфейс. – М.: Издательство ЭКОМ, 1999. – 400 с.
54. М. Предко. Руководство по микроконтроллерам. Том 1. М.: Постмаркет, 2001. – 416 с.
55. М. Предко. Руководство по микроконтроллерам. Том 2. М.: Постмаркет, 2001. – 488 с.

56. Казаченко В.Ф. Микроконтроллеры: руководство по применению 16-разрядных микроконтроллеров Intel MCS-196/296 во встроенных системах управления. – М.: Издательство ЭКОМ, 1997. – 618 с.

57. В.А. Ульрих. Микроконтроллеры PIC 16C7X. – С-Пб.: Наука и техника, 2000. – 254 с.

58. Ремизевич Т.В. Микроконтроллеры для встраиваемых приложений: от общих подходов – к семействам HC05 и HC08 фирмы Motorola./ Под ред. И.С. Кирюхина. – М.: ДОДЭКА, 2000. – 272 с.

59. Голубцов М.С., Кириченко А.В. Микроконтроллеры AVR: от простого к сложному. Изд. 2-е, испр. и доп. – М.: Солон-Пресс, 2005. – 304 с.

60. Олифер В.Г., Олифер Н.А. Компьютерные сети. Учебник: Санкт-Петербург, 2006.

61. Петраков А.В., Лагужин В.С. Телеохрана. – М.: Энергоиздат. 1998.