

ПРОГРАММНЫЕ СРЕДСТВА ОБРАБОТКИ РАДИОТЕЛЕМЕТРИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ ПРИ ПРОВЕДЕНИИ ИСПЫТАНИЙ НА МНОГОЦЕЛЕВОМ ИСПЫТАТЕЛЬНОМ КОМПЛЕКСЕ (МИК) РФЯЦ-ВНИИЭФ

И. В. Богодяж, А. В. Гришин, А. А. Застылов, С. А. Костин

ФГУП «РФЯЦ-ВНИИЭФ», г. Саров Нижегородской обл.

Важное место в работах по созданию новых и совершенствованию существующих видов вооружений занимает наземная отработка образцов вооружений, их компонентов и частей. Во ВНИИЭФ значительная часть этой работы выполняется в многоцелевом испытательном комплексе (МИК).

В МИК существует ракетно-катапультирующая установка (РКУ), которая предназначена для проведения испытаний, моделирующих условия максимально приближенные к натурным (рис. 1) [1, 2]. Неотъемлемым этапом отработки изделий на РКУ являются измерения широкого спектра параметров, объективно характеризующих состояние изделия в процессе испытаний и условия его нагружения. Достоверность и полнота измерений оказывают существенный вклад в последующие этапы работ.

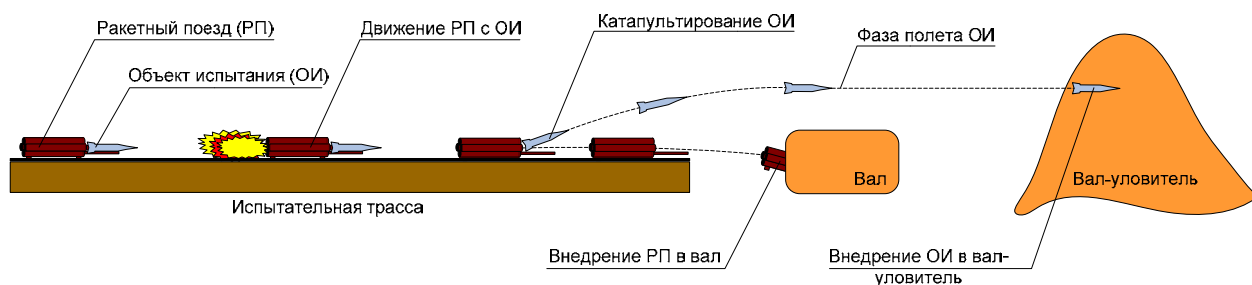
На участке свободного полета объекта испытания (ОИ) единственной возможностью получить информацию с его борта является использование радиотелеметрии [3]. Поэтому радиотелеметрические измерения являются наиболее важным источником информации при проведении испытаний на РКУ. В испытаниях на РКУ используются радиотелеметрические системы (РТС) с время-импульсной модуляцией (ВИМ). Такой выбор обусловлен малым временем протекания экспериментов, высоким уровнем помех в радиоканале, вследствие многолучевого распространения радиосигнала, а также такими требованиями к РТС, как высокая информативность, надежность передачи информации, ограниченные массогабаритные характеристики и низкое энергопотребление бортовой аппаратуры.

В основу схемы формирования ВИМ-последовательности заложен принцип преобразования выходного напряжения первичных измерительных преоб-

разователей (ПИП) в пропорциональный временной интервал и передачи начала и конца этого интервала по радиоканалу в виде соответственно «опорного» и «измерительного» радиоимпульсов в реальном масштабе времени [5, 6].

Информация формируется в виде многоканального сообщения (кадра) (рис. 2), которое затем передается по радиоканалу. Признаком окончания кадра является отсутствие измерительного импульса в последнем канальном интервале кадра. Число каналов зависит от варианта используемой РТС и может быть равно 8, 16 или 32 [3].

Спецификой испытаний на РКУ является наличие большого количества помех в радиоканале, обусловленных настильными траекториями полета изделия в относительно узком лесном коридоре с множеством сооружений. В условиях этого узкого коридора прием информации осуществляется в «угон». Это приводит к многолучевому распространению радиосигнала [8]. При наложении друг на друга радиосигналов в условиях многолучевого приема происходит их интерференция, проявляющаяся в появлении ложных или исчезновении истинных импульсов. Плотность сбоев радиотелеметрической информации (РТМИ) достигает своего максимума на этапе нагружения изделия, где цена информационного слова чрезвычайно высока. Это обуславливает необходимость принятия мер по восстановлению каждой единицы информации. Бортовая передающая и наземная приемная части радиотелеметрической системы реализованы на современном уровне и потенциально обеспечивают максимальную помехоустойчивость, поэтому работа по совершенствованию средств регистрации РТМИ, алгоритмов и методов ее обработки информации является актуальной.



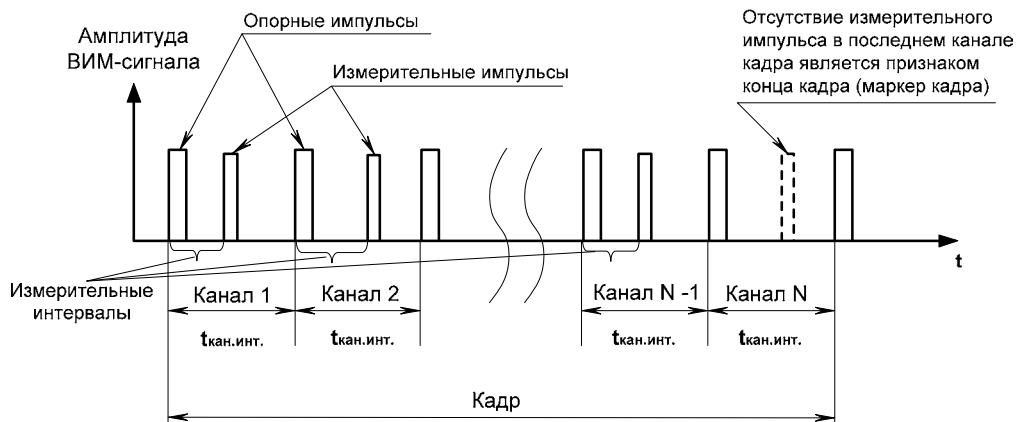


Рис. 2. Структура кадра – время импульсной последовательности

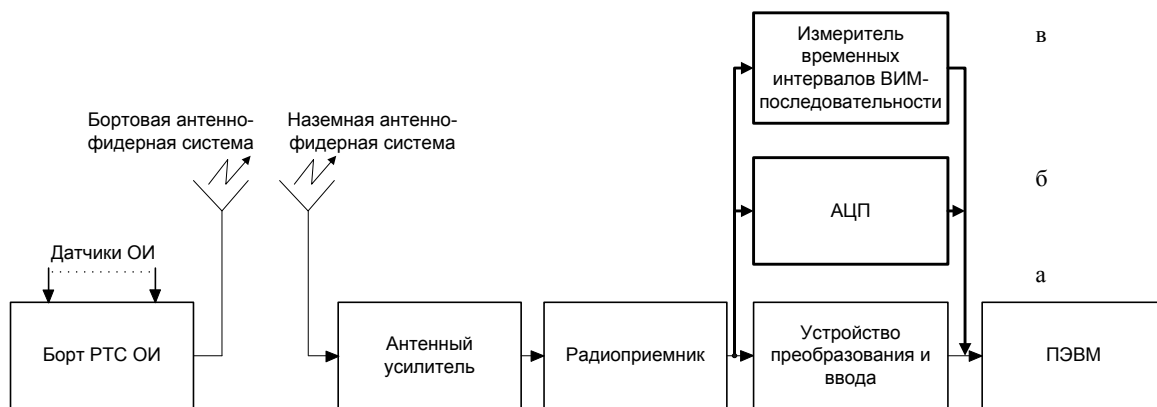


Рис. 3. Структурная схема системы регистрации: а – с применением устройства преобразования и ввода (УПИВ); б – при регистрации ВИМ-сигнала в аналоговом виде; в – при регистрации ВИМ-сигнала в виде оцифрованных временных интервалов

В радиотелеметрической системе, используемой в МИК, преобразование радиотелеметрической информации осуществляется в реальном времени экспериментом устройством преобразования и ввода информации (УПИВ) [7], которое декодирует телеметрическую информацию и в виде параллельного двоичного кода обеспечивает ее ввод в ПЭВМ (рис. 3, а). Алгоритм преобразования РТМИ, выполняемый УПИВ, включает в себя: контроль поступающих на вход импульсов, их классификацию как опорных или измерительных, формирование кода приращения времени или кода значения параметра в зависимости от результата классификации, восстановление пропущенных опорных импульсов на участках ВИМ-последовательности с нарушенной структурой.

Алгоритм работы УПИВ, реализованный на жесткой логике и работающий в режиме реального времени, на участках с нарушениями кадровой структуры зачастую производит некорректную обработку входного сигнала. Информацию, полученную в ходе такой обработки, невозможно подвергнуть восстановлению программными средствами с более «интеллектуальными» алгоритмами. В конечном итоге это ведет к уменьшению объема достоверной

информации и, возможно, к необходимости проведения дополнительных экспериментов, что при высокой их стоимости крайне нежелательно.

Одним из возможных путей решения этой проблемы является разработка гибкого алгоритма преобразования РТМИ и использование многопроходной обработки. Входной информацией для этого алгоритма должна быть исходная (некорректированная) РТМИ, регистрируемая в ходе эксперимента. Предварительные проработки показывают возможность регистрации ВИМ-сигнала в виде его мгновенных значений (т. е. в форме огибающей) (рис. 3, б) или в виде оцифрованных интервалов времени между соседними импульсами (рис. 3, в). Такой способ позволит регистрировать РТМИ после детектора и сосредоточится на ее постобработке. Основная сложность постобработки заключается в реализации алгоритма, способного получать на выходе наиболее полную информацию, особенно при наличии сбоев. При отсутствии сбоев в принимаемой РТМИ обработка сводится к ее расшифровке и раскоммутации по измерительным каналам кадра, но в алгоритме должны быть предусмотрены меры для случая появления нарушений структуры ВИМ-последовательности.

На основе исследования участков РТМИ с нарушенной структурой выявлены следующие виды сбоев (рис. 4) и разработаны алгоритмы их обработки.

1. Внутрикадровые сбои:

- присутствие внутри кадра нескольких канальных интервалов, в которых отсутствует измерительный импульс. В этом случае к условиям достоверности кадра добавлялась проверка его длительности;

- отсутствие опорных импульсов внутри кадра. В этом случае после последнего выделенного канального интервала кадра, суммируются все последующие значения величин интервалов времени между импульсами время-импульсной последовательности до тех пор, пока сумма не будет кратной значению канального интервала с заданным допуском. Таким образом, определяется количество отсутствующих опорных импульсов («сбитых» канальных интервалов) и определяются времена их прихода. В случае наличия в восстановленных канальных интервалах измерительных импульсов, определяются времена их прихода и соответствующие им измерительные интервалы.

2. Межкадровые сбои:

- присутствие в 32 канальном интервале (кадровой паузе) ложных измерительных импульсов находящихся вне защитных интервалов;

- отсутствие одного или обоих опорных импульсов 32 канального интервала (образующих кадровую паузу).

Входной информацией для алгоритма преобразования РТМИ, вне зависимости от способа регистрации, являются массивы числовых значений, которые представляют собой интервалы времени между всеми парами соседних импульсов ВИМ-последовательности и времена их прихода. То есть после регистрации РТМИ ее необходимо привести к виду пригодному для дальнейшей обработки.

Обработке информации предшествует ее анализ с определением зависимостей между интервалами времени и расчет характерных параметров обработ-

ки, вариации которых в последствии позволят произвести надежную и достоверную обработку.

Многokратная обработка с вариацией параметров в соответствии с установленными зависимостями позволяет получить надежную информацию на участках с нарушенной структурой РТМИ, что не могут в полной мере обеспечить применяемые в настоящее время в МИК радиотелеметрические системы, осуществляющие обработку в реальном времени эксперимента.

Алгоритм обработки и декодирования радиотелеметрической информации основан на поиске последовательности кадров, которые признаются достоверными при соответствии их следующим критериям:

- последовательность кадров состоит из числа канальных интервалов, кратных количеству каналов РТС;
- длительность последовательности кадров кратна длительности кадра в заданном допуске;
- длительность канального интервала, находится в заданном допуске;
- в последнем канальном интервале последовательности кадров отсутствуют измерительные импульсы (кадровая пауза).

Указанные условия достоверности кадров РТМИ выработаны на основе априорной информации об эталонной кадровой структуре РТМИ, а также анализа реальной кадровой структуры, принимаемой с борта ОИ, включая анализ сбойных участков.

Процесс обработки РТМИ можно разделить на три основных этапа (рис. 5):

- поиск последовательности кадров;
- поиск в найденной последовательности кадров последовательности канальных интервалов;
- поиск в найденной последовательности канальных интервалов измерительных импульсов.

На участках с нарушенной структурой РТМИ может иметь место, как отсутствие опорных или измерительных, так и наличие дополнительных (ложных) импульсов.

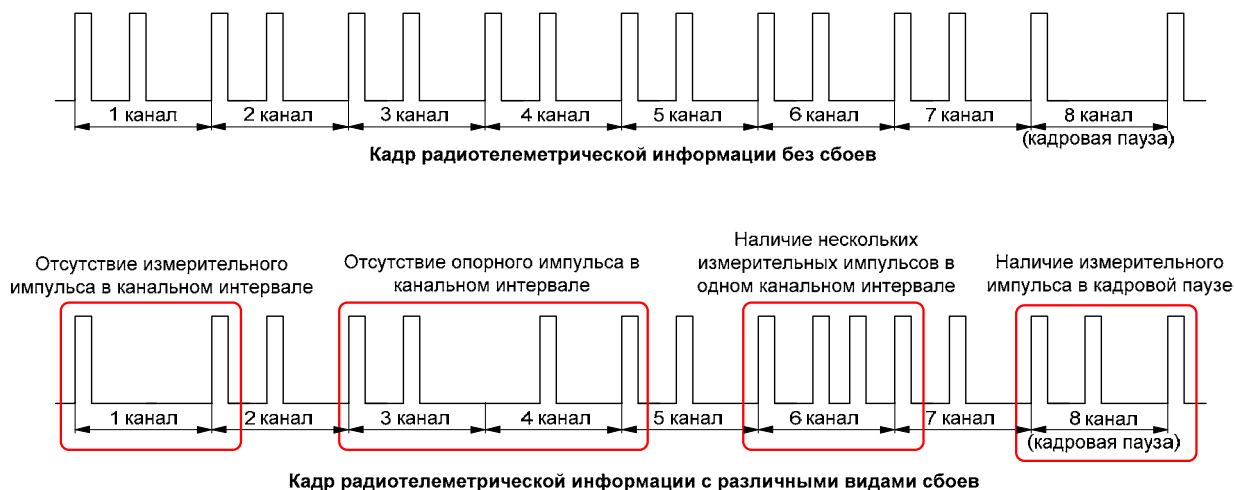


Рис. 4. Виды сбоев структуры кадра РТМИ

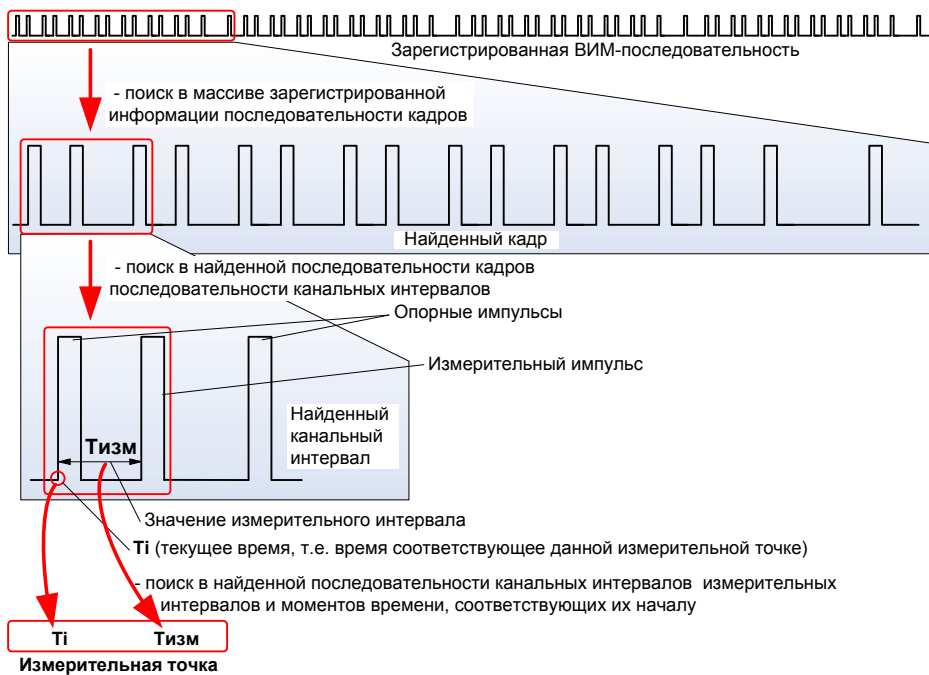


Рис. 5. Основные этапы обработки РТМИ

Наличие ложных импульсов не вызывает проблем при обработке РТМИ. В случае присутствия в канальном интервале нескольких измерительных импульсов (истинный и ложные) в выходной файл выводится информация соответствующая каждому измерительному импульсу.

Основной проблемой, при обработке информации является отсутствие опорных импульсов ВИМ-последовательности. В ходе обработки РТМИ на сбойных участках производится их восстановление (опорных импульсов) на основе априорно известной структуры кадра. Это возможно, так как структура кадра является постоянной и неизменной для каждой РТС, и опорные импульсы имеют строго определенное положение в кадре с заданными допусками. На основании этого определяют их место и время в текущем кадре, с привязкой к единой шкале измерительного процесса. Дальнейшую обработку информации проводят с учетом восстановленных таким образом опорных импульсов.

Одним из видов внутрикадровых сбоев (рис. 4) также является присутствие в канальном интервале нескольких измерительных импульсов (истинный и ложные). В этом случае в выходной файл выводится информация соответствующая каждому измерительному импульсу. При полном отсутствии в канальном интервале измерительных импульсов восстановить информацию о значении параметра в данном случае не представляется возможным.

Предлагаемый алгоритм, реализованный в виде программы по обработке радиотелеметрической информации, был опробован в условиях МИК РФЯЦ-ВНИИЭФ и показал свою работоспособность. Было проведено сравнение результатов обработки предла-

гаемым и штатным способом (с помощью устройства преобразования и ввода информации УПИВ, в реальном времени). Результаты обработки информации, полученной в эксперименте, приведены в виде графиков измеряемых параметров на рис. 6.

Сравнение показало, во-первых, адекватность работы предлагаемого способа, а во-вторых, возможность получения с помощью него большего объема достоверной информации, что свидетельствует о его эффективности.

В настоящее время на МИК планируется обработка перспективных изделий, оснащенных высокоточными датчиками с цифровыми выходами. Их использование повысит точность измеряемых параметров. Испытание таких изделий предъявляет повышенные требования к радиотелеметрическим системам МИК в части пропускной способности (информативности), качества передачи и обработки РТМИ.

В связи с этим появляется необходимость передачи информации по радиоканалу в виде цифровых слов. Удачным представляется использование существующих методов передачи ВИМ-сигнала аналоговой телеметрии в совокупности с «цифровой» трактовкой канального интервала, при которой «0» и «1» в информационных словах кодируются присутствием в канальном интервале измерительного импульса в том или ином положении.

Предварительная проработка показывает, что передача цифровой телеметрии по радиоканалу будет сопряжена с теми же сложностями, что и передача аналоговой информации. Это означает необходимость применения описанных технических решений в перспективных работах ВНИИЭФ и подтверждает актуальность данной работы.

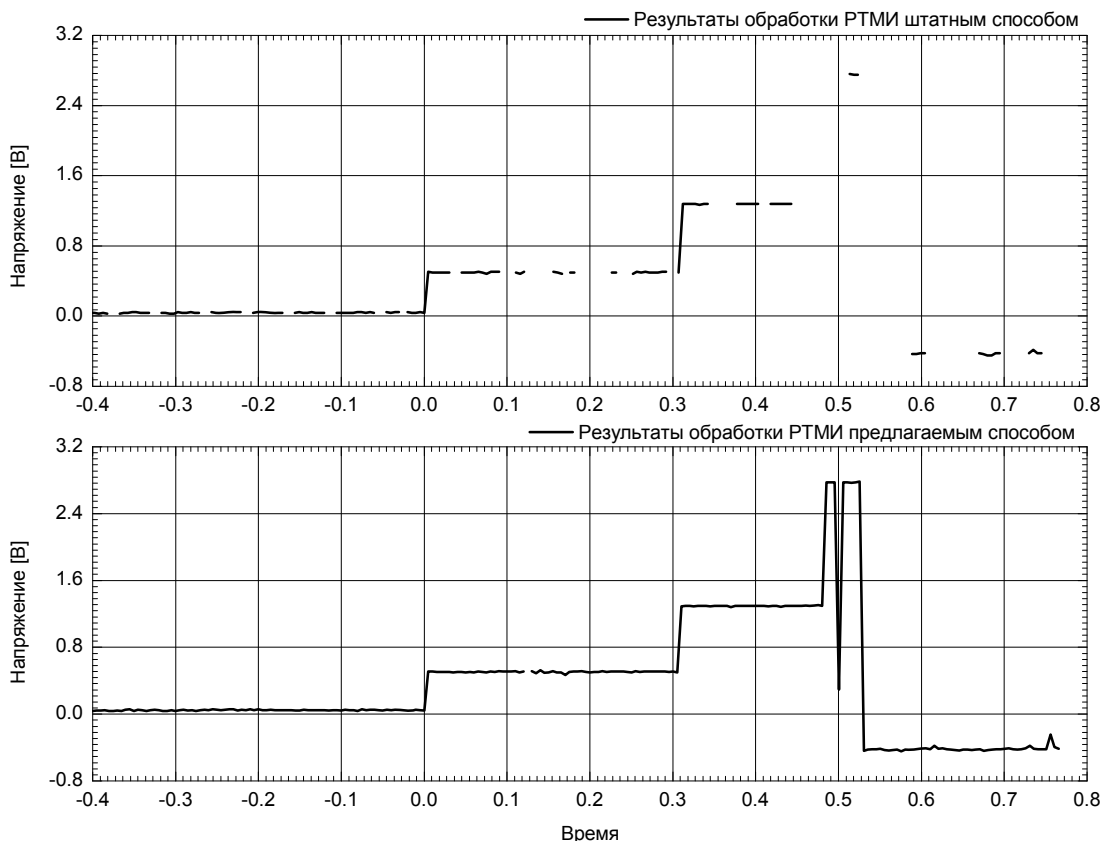


Рис. 6. Сопоставление результатов обработки РТМИ, полученных по штатному и предлагаемому способам

Внедрение в процесс обработки радиотелеметрической информации рассматриваемого способа позволит повысить качество и объем достоверной РТМИ, получаемой в ходе испытаний, тем самым, повысив эффективность наземной отработки перспективных средств вооружения в целом, что, в свою очередь, может снизить потребность в натурных испытаниях.

Литература

1. Файков Ю. И. Проблемы совершенствования РАВ в современных условиях. Сборник докладов научной конференции Волжского регионального центра РАРАН «Современные методы проектирования и отработки ракетно-артиллерийского вооружения». Саров, РФЯЦ-ВНИИЭФ, 2000.
2. Баландин В. В., Бухтояров В. Н., Викторов В. А., Маркелова О. Н., Подгорный И. Ф., Садчиков Г. Д., Файков Ю. И., Фатеев Ю. А. Постановка баллистических испытаний на ракетном треке ВНИИЭФ. Сборник докладов научной конференции Волжского регионального центра РАРАН «Современные методы проектирования и отработки ракетно-артиллерийского вооружения». Саров, РФЯЦ-ВНИИЭФ, 2000.
3. Файков Ю. И., Кортюков И. И. и др. Измерительные средства многоцелевого испытательного комплекса ВНИИЭФ. Сборник докладов научной конференции Волжского регионального центра РАРАН «Современные методы проектирования и отработки ракетно-артиллерийского вооружения». Саров, РФЯЦ-ВНИИЭФ, 2000.
4. Бердников В. А. и др. Функциональная отработка боевых частей образцов РАВ на ракетном треке МИК РФЯЦ-ВНИИЭФ. Сборник докладов III научной конференции Волжского регионального центра РАРАН «Современные методы проектирования и отработки ракетно-артиллерийского вооружения». Саров, РФЯЦ-ВНИИЭФ, 2004.
5. Никольс М. Х., Раух Л. Л. Радиотелеметрия. М: Издательство иностранной литературы, 1958.
6. Методика выполнения измерений при проведении испытаний изделий на экспериментальных установках пл. 22 с использованием радиотелеметрических средств преобразования и передачи информации. 1606 МВИ 1-01.
7. Устройство преобразования и ввода информации УПИВ-СКПА. Техническое описание и руководство по эксплуатации. Утв. 1996 г. арх. ТУ-3537.
8. Бернард Скляр. Цифровая связь. Теоретические основы и практическое применение. Издание второе, исправленное. М: Издательский дом «Вильямс», 2003.