

Министерство образования и науки Российской Федерации

ТОМСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ И РАДИОЭЛЕКТРОНИКИ

Кафедра радиотехнических систем

УТВЕРЖДАЮ  
Зав. кафедрой РТС

\_\_\_\_\_ Г.С.Шарыгин  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 2012 г.

**ИЗУЧЕНИЕ АППАРАТУРЫ НАСТРОЙКИ ИСЗ КИРС-12**

Методические указания по выполнению лабораторной работы по курсу  
«Космические системы» для студентов радиотехнических специальностей

Разработчики:  
Доцент каф. РТС А.А. Мещеряков  
Профессор каф. РТС Б.П. Дудко

г. Томск. 2012

## 1. ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Целью данной работы является изучение принципов управления полетом ИСЗ на примере взаимодействия контрольно-испытательной станции КИРС-12 с бортовой спутниковой аппаратурой.

## 2. ОПИСАНИЕ КОНТРОЛЬНО-ИСПЫТАТЕЛЬНОЙ РАДИОСТАНЦИИ КИРС-12

### 2.1. Назначение

Контрольно-испытательная радиостанция КИРС-12 предназначена для проведения автономных и комплексных испытаний бортовых приборов ИСЗ. Под автономными проверками понимаются проверки как комплекта бортовых приборов ИСЗ без взаимодействия их с другими системами, составляющими комплекс аппаратуры бортовых систем, так и отдельных частей комплекта. Под комплексными проверками понимаются проверки комплекта бортовых приборов ИСЗ при взаимодействии их с другими системами, как на расстыкованном, так и на состыкованном объекте.

Испытания бортовых приборов могут производиться:

- а) на заводе-изготовителе бортовых приборов, как заключительная стадия проверок бортовых приборов;
- б) на заводе-изготовителе объекта, где проводятся, как автономные, так и комплексные испытания бортовых приборов, установленных на объект;
- в) на технической позиции при подготовке объекта к пуску;
- г) в хранилищах при периодических проверках приборов в процессе хранения.

### 2.2. Технические данные

С помощью аппаратуры КИРС-12 возможно проведение следующих испытаний:

- проверка прохождения разовых команд;
- проверка прохождения разовых команд в открытом режиме;
- закладка информации временной программы (ВП);
- проверка правильности воспроизведения заложенной информации;
- проверка работы бортовой аппаратуры;
- проверка чувствительности бортового приемника;
- контроль над состоянием приборов бортовой аппаратуры;
- имитация системы БХВ (блок-хранитель времени) в части обеспечения необходимых сеток частот;
- частичная имитация телеметрической системы (в части проверки прохождения через радиоканал телеметрической информации);

- включение и выключение напряжения питания бортовых приборов;
- контроль величины бортового напряжения;
- проверка бортового программного устройства;
- работа в режиме измерения дальности.

Аппаратура обеспечивает проверку работы всех входящих в ее состав приборов в режиме самопроверки.

Для оперативного определения неисправности бортовых приборов и для обеспечения работы без излучения в эфир предусмотрены следующие технологические режимы работы.

1. Работа без наземного передатчика и приемника борта в режиме "ЗАПРОС 1" и "ЗАПРОС 2".

2. Работа без наземного передатчика и наземного приемника.

Наиболее характерными режимами работы являются:

а) включение напряжения питания на все стойки и на бортовые приборы;

б) проверка фазовой нестабильности высокочастотного тракта в режиме самоконтроля;

в) проверка фазовой нестабильности высокочастотного тракта при работе с бортовой аппаратурой;

г) прохождение разовых команд в режиме самоконтроля (только ОРК1) (ОРК - открытая разовая команда);

д) прохождение разовых команд при работе с бортом;

е) прохождение разовых команд при работе в открытом режиме;

ж) формирование и прохождение ВП;

з) проверка работы канала дальности;

и) проверка работы канала ТЛМ в режиме самоконтроля без универсальной радиотелеметрической станции;

к) проверка работы канала ТЛМ в режиме самоконтроля с универсальной радиотелеметрической станции;

л) проверка работы канала ТЛМ при работе с бортовой аппаратурой;

м) проверка работы счетчика уставок в режиме самоконтроля;

н) проверка работы при списывании уставок.

Контрольно-испытательная радиостанция КИРС-12, в реализованном на кафедре РТС варианте, позволяет производить проверку бортовой аппаратуры командно-измерительной системы (БА КИС) по автономной схеме. При автономных испытаниях обеспечиваются следующие измерения.

1. Проверка работоспособности двигателей ЗГ БА КИС.

2. Проверка и установка частоты задающего генератора (ЗГ) (в пределах  $\pm$  от  $f_{ном}$ ).

3. Тарировка датчиков АРУ в зависимости от величины входного сигнала на входе приемника (ПРМ) БА КИС, а также порога срабатывания системы АРУ ПРМ.

4. Проверка чувствительности ПРМ (в  $[-\text{дБ} / \text{мВт}]$ ).

5. Контроль телеметрических (ТЛМ) датчиков, характеризующих работу БА КИС.

6. Контроль прохождения сигналов дальности  $D1$  без псевдошумового сигнала (ПШ).

7. Контроль прохождения сигналов дальности  $D2$  с ПШ и времени вхождения в связь в этом режиме.

8. Контроль прохождения ТЛМ-информации в режимах НП1 (непосредственная передача) со скоростью 8000 дв.ед. в секунду, НП2 - со скоростью 1000 дв.ед. в секунду, условно называемых ТЛМ 1000, ТЛМ 8000.

9. Измерение мощности бортовых передатчиков ПРД1 и ПРД2 БА КИС как на выходе высокочастотного тракта, так и с учетом ослабления на разьеме ДК 195.

10. Проверка механических программников (часов 24-х и десятиминутных меток) как в реальном времени, так и технологической целью в ускоренном режиме.

11. Проверка потребления мощности БА КИС в дежурном и сеансном режимах.

### 2.3. Состав аппаратуры и назначение стоек

Аппаратура размещается в 20 стойках различного размера и веса и состоит из двух дублирующих полукомплектов как совмещенных в одной, так и разнесенных по нескольким стойкам. Схема штатного расположения стоек в рабочем помещении представлена на рисунке 1.

**ДК 231** – пульт управления КИРС-12, рабочее место оператора.

**ДК 164** - стойка включения и питания приборов КИРС.

**ДК 228** – запросный передатчик для комплексной проверки бортовой аппаратуры в сантиметровом диапазоне волн. Здесь осуществляется «построение» несущей частоты запросного сигнала  $f_{зап}$ , направляемой по ВЧ кабелю на вход ПРМ, и модуляция несущей радиокomандами и поднесущими для измерения дальности в режимах  $D1$  и  $D$ ». В стойку входят:

- блок ДК 228-01 – формирователь сигнала запросной и ответной частот;
- блок ДК 228-02 – высоковольтное питание и контроль;
- блок ДК 228-03 – блок питания;
- блок ДК 228-04 – блок питания;
- аттенюаторы;
- полосовые фильтры;
- в/ч разветвитель мощности (щелевой мост);
- проходные фильтры.

**ДК 198** – полуподвижный корпус для размещения приборов ДК232, ДК194, Л315-1, ДК195, ДК212 и рамы с БА КИС:

- Л 315-1 – блок питания борта;
- ДК 194 – фильтры бортового питания;

- ДК 195 – высокочастотный коммутатор запросного и ответного тракта антенны;

- ДК 212 – прибор для управления ДК195 (усилитель тока переключателей);

- ДК 232 – выносной блок согласования НЧ сигналов КИРС-12 с объектом проверки (как переходная коробка);

- ДК 203 – высокочастотный переключатель.

**ДК 229** – ВЧ часть приемного устройства, производящая первое преобразование  $f_{ome}$ , модуляцию поднесущими «1» и «0» при создании радиокоманд (выполняет шифратор запросных сигналов), и демодуляцию поднесущих «1» и «0» ответного сигнала с борта (квитанции). В стойку входят блоки, выполняющие следующие функции:

- прием в/ч сигналов борта;
- измерение индекса фазовой модуляции запросного и ответного сигналов;
- формирование напряжения модуляции запросного сигнала;
- формирование и анализ телеметрии (в режиме автономной проверки).

**РУ 051М** – НЧ часть приемного устройства, обеспечивающая выделение на синхронном детекторе сигналов ТЛМ и квитанций РК.

**РУ 029М** – формирователь и анализатор сигналов псевдошумовой последовательности и измерения фазовой задержки по дальности в режиме Д1. Стойка обеспечивает:

- формирование запросного сигнала дальности путем фазовой модуляции поднесущей частоты;
- выделение сигнала, несущего информацию о дальности;
- автономную проверку блоков, входящих в состав канала измерения дальности;
- контроль фазовых сдвигов в аппаратуре и флуктуации сигнала дальности.

**РУ 150** – формирователь и анализатор сигналов псевдошумовой последовательности и измерения фазовой задержки по дальности в режиме Д2. Стойка состоит из следующих элементов:

- формирователь ПШ (ПСП 1023 символа, тактовая частота ~ 1 МГц);
- коррелятор;
- блок выделения информации о дальности.

**РУ 047** – хронизатор, синтезатор опорных частот и сигналов. Здесь из опорной частоты 5 МГц получается перестраиваемая частота около 53 МГц для формирования в ДК 228  $f_{зан}$  величиной около 5,7 ГГц и перестраиваемая

частота около 52 МГц для ДК 229 с последующим формированием частоты  $f_{омв}$  величиной 3,4 ГГц. Стойка состоит из следующих блоков:

- РУ 047-01 – формирователь фиксированных опорных частот;
- РУ 047-02 – блок ввода поправок на доплеровское смещение частоты и на поиск сигнала в  $f_{зан}$  и  $f_2$ ;
- РУ 047-03 – блок анализа и усиления, кварцевый генератор на 5 МГц;
- РУ 047-04 – формирователь выходного сигнала для создания  $f_{зан}$  и обеспечение смены частот в  $f_{зан}$ ;
- РУ 047-06 – формирователь выходного сигнала  $f_2$  и обеспечение смены частот в  $f_2$ ;
- РУ 047-07м – умножитель и формирователь  $f_{он}$ , несущей информацию о поправках в  $f_{зан}$  и  $f_2$ ;
- РУ 047-08 – блок переноса поправки с частоты 8.748 МГц на частоту 8.000 МГц;
- РУ 047-011 – НЧ фильтры напряжения питания от РУ 130;
- ЮУ 007 – цифровой управляемый делитель частоты (3 шт.) для  $f_{зан}$ ,  $f_2$  и РУ 047- 08.

**РУ 130** – стойка питания прибора РУ047.

**ДК 176** – имитатор хронизатора (н/ч), формирование и выдача РК (разовых команд), коммутатор режимов работы других приборов, формирователь сеток частот, анализ квитанций по ответному сигналу/ формирование программы на РУ 047 по созданию  $f_{зан}$  и  $f_{омв}$ .

**ДК 175** – стойка формирования, выдачи и анализа временных программ (при работе с БА КИС типа 11Р310 не используется).

**ДК 211** – стойка питания прибора ДК175 (при работе с БА КИС типа 11Р310 не используется).

**ДК 174** – стойка формирования кода времени, имитация временных уставок и их считывание (при работе с БА КИС типа 11Р310 не используется).

**ДК 233** – комплект кабелей для соединения приборов станции КИРС-12 между собой и приборами объекта.

Кроме перечисленных стоек КИРС-12 комплектуется двумя стойками (**ДК-244** и **ДК-245**) с некоторыми запасными блоками для всей аппаратуры.

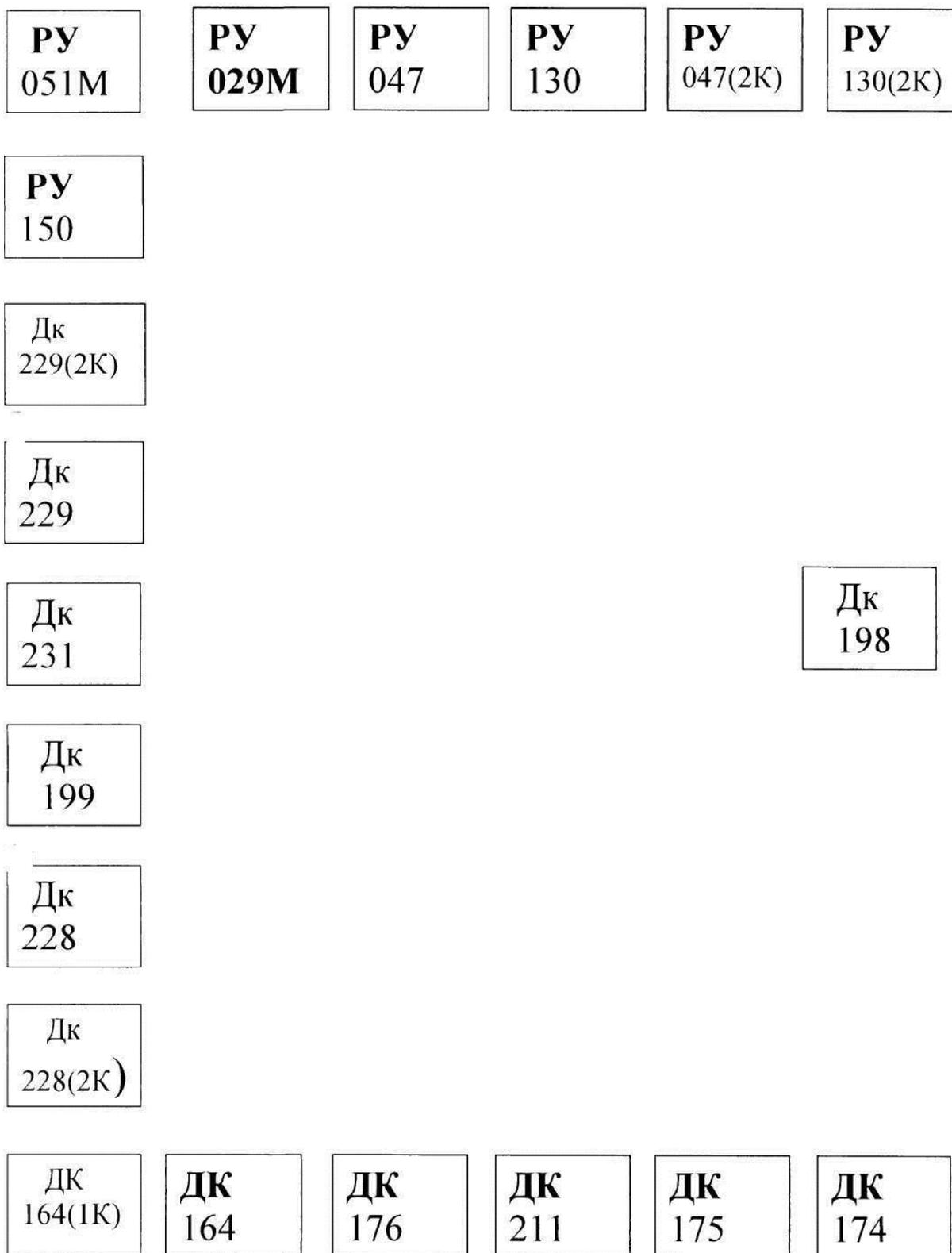


Рис.1. Схема расположения стоек аппаратуры КИРС-12

### 3. ПРОВЕДЕНИЕ ИЗМЕРЕНИЙ

#### 3.1 Порядок включения КИРС-12

1. Подать питание на КИРС-12 (силовой щиток на северной стене). На ДК164А и ДК164Б1 должны гореть индикаторы наличия 3-х фаз. Переключателями проверить величину напряжения на фазах (210 – 240 В).

2. Включить общие пакетные автоматы:

- на ДК164А: ДК176 (формирователь временных программ), ДК 229 (приемник), РУ047 (синтезатор частоты), ДК231 (пульт), Л315-1 (БП для бортовой аппаратуры командно-измерительной системы (БА КИС));

- на ДК164Б1: РК029м (стойка дальности Д1), ДК228 (ПРД), ДК231 (пульт), РУ051м (приемник, НЧ часть).

При этом на указанные стойки подается только питание вентиляторов.

Дальнейшее включение стоек производится с пульта ДК231.

3. Выполнить начальные установки на ДК231:

- на ДК231-04 нажать под надписью ДК231 кнопку «ОСН» или «РЕЗ»;

- на ДК189-07 загорается подсветка кнопок «АВТОНОМ», «ЦИКЛ ОТКЛ», «КОМПЛ 1» или «КОМПЛ 2», при отсутствии свечения этих кнопок – нажать именно их;

- на ДК231-05 нажать кнопку «ИР ВКЛ» и кнопку «ДК232-1»;

- в блоке РУ047-03 стойки РУ047-1 открыть крышку. Под ней тумблер «5 МГц» поставить в положение «ВНУТР», крышку оставить открытой.

4. Включение станции на ДК231-04:

- включить под надписями: ДК176 кнопку II; РУ047 кнопку I (на блоке РУ047-02 загораются транспоранты «ФАПз», «ФАПоп», «ФАПг»); ДК 229 кнопку I; ДК228 кнопку II; РУ051м кнопку I (включение кнопкой РУ150 I). После включения передатчика ДК 228 мощность его излучения контролируется на блоке ДК231-01 прибором под надписью **МОЩНОСТЬ ДК228** – показание прибора около 40 делений.

- включение стоек контролируется свечением транспорантов «ВКЛЮЧЕНИЕ» и «ГОТОВ» соответствующими шифрами стоек;

- набрать **литер волны 1074** на правой части наборной панели (при наборе цифры 7 кнопку «1» держать нажатой при следующем действии), нажать под крышкой «открывать при установке  $f_0$ » кнопку «СБРОС», затем «НОМ  $f$ » под надписью  $f_0$ . На блоке РУ047-03 загораются транспорант «КОМПЛЕКТ РАБОТАЕТ».

5. Включение бортовой аппаратуры командно-измерительной системы (БА КИС) производится на блоке ДК231-05 нажатием кнопки «БП ВКЛ». На борт подается напряжение +27В, которое контролируется прибором БП на блоке ДК189-04.

#### 3.2. Проверка работы КИРС-12 с БА КИС

1. Соединение по НЧ (без бортового передатчика ПРД и бортового приемника ПРМ).

Проверяется прохождение команд в двух режимах.

А) Режим «Запрос-1» с участием бортового дешифратора радиоконанд (РК) включается следующим образом:

- нажать кнопку «ОТВ НЧ» на блоке ДК231-05;
- нажать кнопку «ЗАПР 1» на блоке ДК231-05;
- на блоке ДК189-07 выполнить следующие действия: нажать кнопку «СБРОС»; на наборном поле под надписью **НАБОР РК** набрать нейтральную команду **031** (команда не предусматривает выполнение какого либо действия на борту), затем нажать кнопку «ВЫДАЧА»;

- при правильном прохождении команды на блоке ДК231-02 загораются транспоранты: «РК ВЫДАНА», «РК ИСП» и «СВЯЗЬ»;

- отжать кнопку «ЗАПР 1» на блоке ДК231-05.

Б). Режим «запрос-2» без участия бортового дешифратора путем подачи РК непосредственно в матрицу включается следующим образом:

- на блоке ДК231-05 нажать кнопки «ОТВ НЧ» и «ЗАПР 2»; на блоке ДК231-03 загораются соответствующие транспоранты,

- на блоке ДК189-07 выполнить следующие действия: нажать кнопку «СБРОС»; на наборном поле под надписью **НАБОР РК** набрать нейтральную команду **031**; нажать кнопку «ПУСК ЗАПРОС 2»;

- при правильном прохождении команды на блоке ДК231-02 загорается транспорант «РК ВЫДАНА»;

- отжать кнопки «ОТВ НЧ» и «ЗАПР 2» на блоке ДК231-05.

2. Соединение с бортовыми передатчиками ПРД-1 и ПРД-2 и бортовыми приемниками ПРМ-1 (РА134-1) и ПРМ-2 (РА134-2).

- На блоке ДК231-04 выбирается комбинация ПРД и ПРМ набором кнопок «А1», «А2», «А3», «А4» под надписью **АНТЕННЫ**. При этом используются следующие соответствия: А1 – ПРД1, А2 – ПРД2, А3 – ПРМ1 (РА134-I), А4 – ПРМ2 (РА134-II). На транспоранте под надписью **ВКЛЮЧЕНИЕ** блока ДК231-01 загораются выбранные обозначения.

Примечание: ввиду плохой работы переключателей при включении аппаратуры автоматически устанавливается комбинация А2 и А3 с соответствующей индикацией.

- Показания прибора потребления тока на блоке ДК 194 полуподвижной тележки ДК 198 должны быть в дежурном режиме примерно 1А, в сеансном (рабочем) режиме примерно 8А.

- Включить частотомер ЧЗ-38, расположенный на тележке ДК198. Номинальное значение частоты должно установиться равным 5856362.7 Гц. Время установки частоты составляет 50-60 минут. Установка частоты контролируется показаниями прибора **АРУ** на блоке ДК231-01, которые должны быть 30 – 40 мкА.

### 3.3. Проверка канала передачи телеметрии (ТЛМ)

Проверка выполняется в следующей последовательности.

- Включить осциллограф, расположенный на стойке РУ051М.
- На блоке ДК231-04 под надписью **ТЛМ** нажать кнопки «ИМ» (имитатор) и «800». Зажигается транспорант «ТЛМ 800» на блоке ДК231-01.
- На блоке ДК189-07 нажать кнопку «СБРОС»; под надписью **РК** набрать команду 111, соответствующую передаче информации со скоростью 8000 дв. ед./с; нажать кнопку «ВЫДАЧА». Цифровое табло на блоке ДК231-02 с надписью **КОМАНДА** отобразит через 10-20 секунд набранную команду.
- При правильном прохождении команды на блоке ДК231-02 загорятся транспоранты: «РК ВЫДАНА», «РК ИСП» и «СВЯЗЬ».
- На блоке ДК 229-04 проверить загорание зеленой лампочки-индикатора «КОД СОВПАЛ». (Изменять положение тумблеров, определяющих вид кода, под надписью **НАБОР КОДА** не следует).
- Просмотреть с помощью осциллографа, установленного на стойке РУ051М, последовательность импульсов кода проверки телеметрии с гнезда «ВЫХ ТЛМ» под крышкой блока РУ051-09.
- На блоке ДК189-07 нажать кнопку «СБРОС», под надписью **РК** набрать команду 113, соответствующую отключению передачи телеметрии, нажать кнопку «ВЫДАЧА». Цифровое табло на блоке ДК231-02 с надписью **КОМАНДА** отобразит набранную команду и загорятся транспоранты: «РК ВЫДАНА», «РК ИСП» и «СВЯЗЬ».
- На блоке ДК231-04 под надписью **ТЛМ** «100».
- На блоке Дк189-07 нажать кнопку «СБРОС», под надписью **РК** набрать команду 112, соответствующую передаче информации со скоростью 1000 дв. ед./с, нажать кнопку «ВЫДАЧА». Цифровое табло на блоке ДК231-02 с надписью **КОМАНДА** отобразит набранную команду и загорится *транспорант* «ОК».
- На блоке ДК229-04 проверить загорание лампочки-индикатора «КОД СОВПАЛ». (Изменять положение тумблеров, определяющих вид кода, под надписью **НАБОР КОДА** не следует).
- Просмотреть с помощью осциллографа, установленного на стойке РУ051М, последовательность импульсов кода проверки телеметрии с гнезда «ВЫХ ТЛМ» под крышкой блока РУ051-09.
- На блоке ДК189-07 нажать кнопку «СБРОС», под надписью **РК** набрать команду 113, соответствующую отключению передачи телеметрии, и нажать кнопку «ВЫДАЧА». Цифровое табло на блоке ДК231-02 с надписью **КОМАНДА** отобразит набранную команду и загорятся транспоранты: «РК ВЫДАНА», «РК ИСП» и «СВЯЗЬ»..
- На блоке ДК231-04 отжать кнопку «ИМ» (имитатор) под надписью **ТЛМ**.

3.4. Проверка канала измерения дальности в режима Д1 со стойкой РУ029

Проверка выполняется в следующей последовательности.

- На блоке ДК231-04 включить под надписью **РУ029М** кнопку I. Проверить загорание транспоранта «РУ029М-1» под надписью **ВКЛЮЧЕНИЕ** блока ДК231-01.

- На блоке ДК189-07 нажать кнопку «СБРОС», под надписью **РК** набрать команду 067, соответствующую включению канала измерения дальности прибора РА134 (бортовой ПРМ), затем кнопку «ВЫДАЧА». В этом режиме прохождение команды не сопровождается приходом квитанции, поэтому горит красный транспорант «РК НЕ ИСП». Цифровое табло на блоке ДК231-02 с надписью **КОМАНДА** отобразит набранную команду и загораются транспоранты: «РК ВЫДАНА», «РК НЕ ИСП» и «СВЯЗЬ».

- На блоке ДК231-01 загорается транспорант «ОТКЛ  $f_{15}$ ».

- На стойке РУ029 (блок РУ029-11М) загораются лампочки «ЗАПРОС», «ФАП 30» и примерно через 2 минуты «РАБОТА».

- На индикаторе блока РУ029-08 с кольцевой разверткой виден опорный импульс (неподвижный) и ответный импульс, дрожащий по положению.

- Регулировка «ФД ФАП» под крышкой блока РУ029-03, и немного «СКОРОСТЬ ПОИСКА» и «ПОРОГ ОСТАНОВА ПОИСКА», что расположены под крышкой блока РУ029-05 позволяют выполнить дополнительные регулировки для синхронизации импульсов.

Ручка «Анализ» под крышкой блока РУ029-03 влияет на лампочку «СВЯЗЬ», расположенную на том же блоке. *Загорание лампочки соответствует синхронизации импульсов.*

- На блоке ДК189-07 под надписью **РК** набрать команду 070, соответствующую отключению канала измерения дальности прибора РА134 (бортовой ПРМ). В этом режиме прохождение команды не сопровождается приходом квитанции, поэтому горит красный транспорант «РК НЕ ИСП». Цифровое табло на блоке ДК231-02 с надписью **КОМАНДА** отобразит набранную команду.

#### 4. СОДЕРЖАНИЕ ОТЧЕТА

Отчет должен включать следующие материалы.

1. Краткое описание системы.
2. Упрощенную функциональную схему.
3. Результаты проверки аппаратуры.