





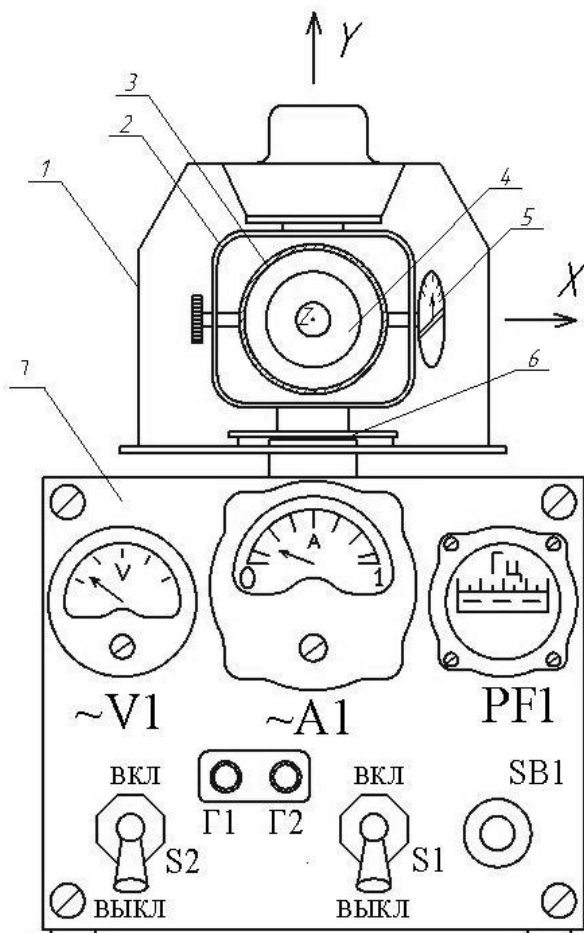
## Лабораторная работа №1

### ИССЛЕДОВАНИЕ ОСНОВНЫХ СВОЙСТВ ГИРОСКОПА

Целью лабораторной работы является изучение основных свойств и экспериментальное исследование наиболее важных характеристик гироскопа с тремя степенями свободы.

#### 1.1. Описание лабораторной установки

Лабораторная установка (рис. 1.1 и 1.2) состоит из неподвижной платформы 1, на которой укреплен трехстепенной гироскоп, и основания 7, на котором смонтированы измерительные приборы и элементы коммутации.



Платформа 1 имитирует корпус прибора, жестко связанный с летательным аппаратом. Через токоподводы напряжение переменного тока 36 В 400 Гц подается на гиromотор. Для отсчета показаний о положении ротора гироскопа служат шкалы 5 и 6. Встречно вращающиеся подшипники, о работе которых рассказывалось в лекционном курсе, укреплены на внешней рамке 2 и приводятся во вращение при помощи двигателей, расположенных на внешней рамке. Внутренняя рамка 3 гироскопа выполнена в виде герметичной гирокамеры и является одновременно кожухом гиromотора; для уменьшения аэродинамических потерь при вращении ротора гирокамера заполнена водородом. Ротор гироскопа вращается относительно горизонтальной оси Z, перпендикулярной плоскости чертежа.

Рис. 1.1. Схема лабораторной установки: 1 – платформа; 2 – внешняя рамка; 3 – внутренняя рамка; 4 – гиromотор; 5, 6 – шкалы; 7 – основание установки

На лицевой панели основания размещаются: вольтметр V1 для контроля напряжения питания 36 В 400 Гц; амперметр A1 для контроля потребляемого тока в одной из фаз гиromотора; частотомер PF1 для контроля частоты питающего напряжения с кнопкой SB1 его включения; выключатель S1, с помощью которого на лабораторную установку подается электропитание 36 В 400 Гц; переключатель S2, с помощью которого отключается амперметр A1 от гнезд Г1 и Г2 и к ним подключается цифровой мультиметр для повышения точности измерения величины потребляемого гиromотором тока.

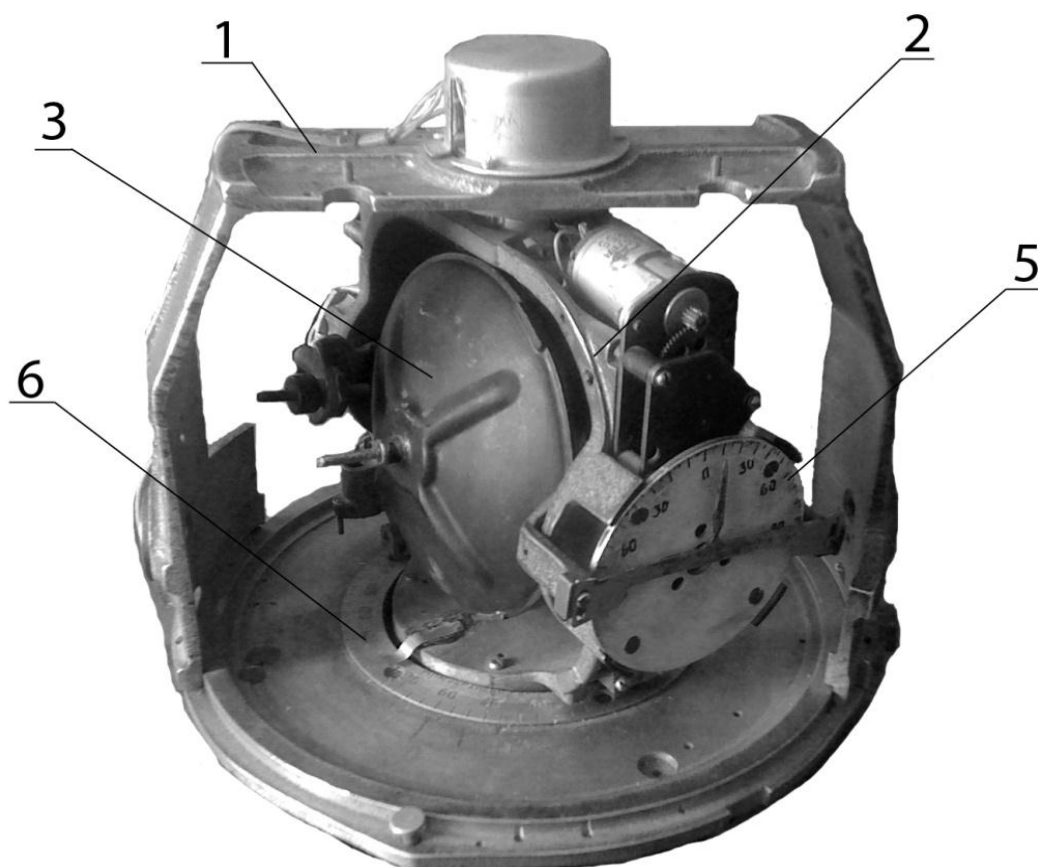


Рис. 1.2. Лабораторная установка без основания

### 1.2. Задание к лабораторной работе

1. Изучить основные свойства гироскопа с тремя степенями свободы. Научиться описывать движение гироскопа, используя векторную форму.

2. Пронаблюдать поведение гироскопа при разгоне ротора. Снять экспериментальные значения и построить график пускового тока гиromотора  $I = f(t)$ .

3. Определить направление вектора кинетического момента  $\vec{H}$  гироскопа и пронаблюдать характер движения гироскопа в различных случаях.

4. Рассчитать величины кинетического момента гироскопа  $H$  и  $H_1$ , скоростей прецессии гироскопа  $\omega_{прх}$ ,  $\omega_{пру}$  и момент трения  $M_{тру}$ .

### 1.3. Порядок выполнения лабораторной работы

**Внимание!** Не включать установку без ознакомления с методикой проведения эксперимента в целом.

#### 1.3.1. Поведение гироскопа при разгоне ротора

Перед включением лабораторной установки (рис. 1.1) изучить ее конструкцию. Обратит внимание на конструктивное выполнение карданова подвеса. Приложив момент путем легкого нажатия пальцем поочередно на внутреннюю и внешнюю рамки карданова подвеса, убедиться, что под действием приложенного момента приходит во вращение та рамка, к которой приложен момент внешней силы. Переключатель  $S2$  поставить в положение «Вкл.». Подать питание на гиromотор, установив выключатель  $S1$  в положение «Вкл.». Через 5 секунд выключить питание, установив выключатель  $S1$  в положение «Выкл.». Колебания оси ротора гироскопа, возникшие после включения питания гиromотора, являются нутационными колебаниями. Нутационные колебания возникают также и при ударе по оси вращения ротора. Их необходимо пронаблюдать, слегка ударив по винту на кожухе гироскопа. Обратит внимание на затухание колебаний за счет трения в осях карданова подвеса. Большая амплитуда и малая частота нутационных колебаний являются следствием малости кинетического момента гироскопа ввиду небольшой скорости вращения ротора. При дальнейшем проведении эксперимента убедиться, что по мере разгона ротора гироскопа амплитуда нутационных колебаний уменьшается, а частота увеличивается и они становятся незаметными для глаза. Отразить это положение в отчете.

Дождаться полной остановки ротора гиromотора. Подготовить к работе секундомер. Переключатель  $S2$  поставить в положение «Выкл.» и подключить цифровой мультиметр к гнездам  $\Gamma1$  и  $\Gamma2$ , установив мультиметр на измерение переменного тока с диапазоном не менее 2А. Установить рамки карданова подвеса во взаимно-перпендикулярное положение. Подать электропитание на гиromотор, установив выключатель  $S1$  в положение «Вкл.» и одновременно включить секундомер. По мультиметру определить ток, потребляемый гиromотором в момент включения электропитания. Далее замерять ток через интервалы времени, указанные в табл. 1.1. Величины значений тока занести в табл. 1.1.

Одновременно с измерением потребляемого тока наблюдать за изменением амплитуды и частоты нутационных колебаний. По мере затухания нутационных колебаний для их поддержания производить легкие удары по оси вращения ротора.

Таблица 1.1

Время $t$ , с	0	10	20	30	40	50	60	120 (2 мин.)	180 (3 мин.)	300 (5 мин.)	480 (8 мин.)
Ток $I$ , А											

По данным табл. 1.1 построить график зависимости пускового тока от времени  $I = f(t)$ , объяснить полученные результаты.

### 1.3.2. Определение направления вектора кинетического момента $\mathbf{H}$ и наблюдение характера движения гироскопа в различных случаях

Все эксперименты пункта 1.3.2. каждому студенту выполнить самостоятельно.

Изобразить в отчете кинематическую схему гироскопа (рис. 1.3). Установить гироскоп в исходное положение (рамки взаимно-перпендикулярны). Стрелки, закрепленные на осях внутренней и внешней рамок, установить на нулевые деления шкал путем легкого нажатия пальцем поочередно на внутреннюю и внешнюю рамки карданова подвеса.

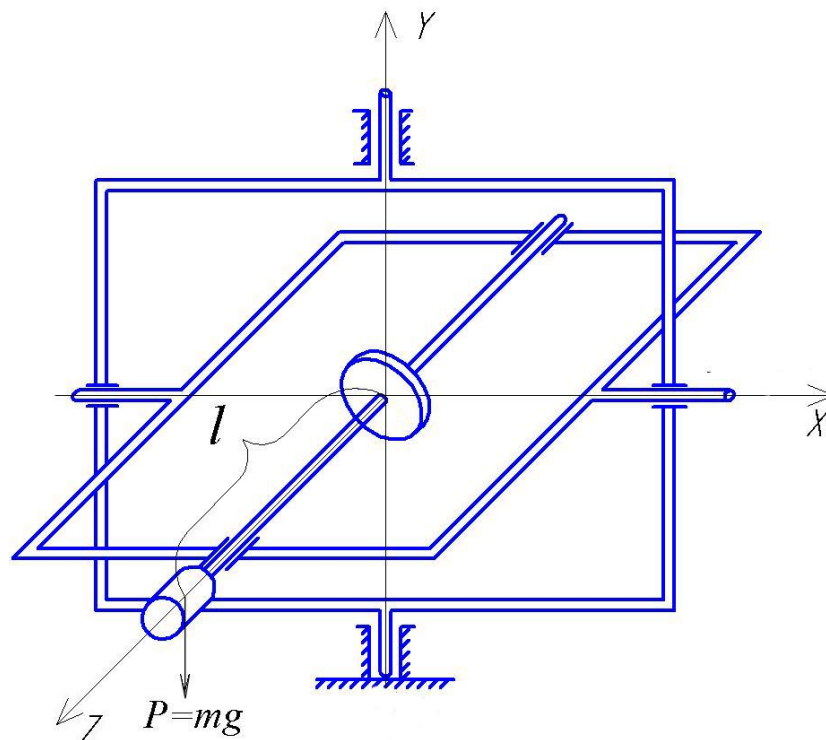


Рис. 1.3. Кинематическая схема гироскопа с грузиком

Навесить грузик на винт, ввернутый в кожух, по оси вращения ротора. Наблюдать прецессию внешней рамки гироскопа под действием приложенного внешнего момента за счет действия силы тяжести грузика. Нанести на кинематическую схему векторы приложенного внешнего момента  $\mathbf{M}_{\text{вн}}$  за счет

действия силы тяжести грузика и вызванной им скорости прецессии  $\omega_{\text{пру}}$ . По направлениям этих векторов установить направление вращения ротора гироскопа и нанести на кинематическую схему вектор кинетического момента гироскопа  $H$ .

Приложить к гироскопу внешний момент путем легкого нажатия на рамку или кожух. Под действием этого момента гироскоп начнет прецессировать. Убрав внешний момент, убедиться, что одновременно с этим прекратится и прецессия

Проанализировать это явление и сделать выводы.

Нажатием на рамки привести гироскоп в положение, когда рамки взаимно-перпендикулярны. Записать по шкалам 5 и 6 значения углов. Затем произвести несколько мгновенных ударов по винту, расположенному по оси вращения ротора, прикладывая, таким образом, к гироскопу мгновенные возмущающие моменты по осям ОХ и ОУ. После совершения ударов убедиться по шкалам 5 и 6, что направление оси гироскопа, т.е. вектора  $H$ , осталось неизменным.

Непрерывным нажатием на рамку 2 заставить гироскоп прецессировать относительно оси ОХ подвеса внутренней рамки до тех пор, пока кожух 3 не упрется во внешнюю рамку 2. При этом убедиться, что пока гироскоп сохраняет три степени свободы (до упора кожуха во внешнюю рамку), он не будет поворачиваться в направлении действия момента, а будет прецессировать в соответствии с законом прецессии. Как только гироскоп потеряет степень свободы (в данном случае свободу вращения относительно оси ОХ), он перестает прецессировать и начнет, как обычное твердое тело, имеющее неподвижную ось вращения, вращаться в направлении действия внешнего момента, создаваемого нажатием на рамку. После прекращения действия внешнего момента гироскоп будет продолжать вращаться по инерции, пока трение не прекратит это вращение. Если после прекращения вращения толкнуть внешнюю рамку в прежнем направлении, то гироскоп снова будет вращаться по инерции, как обычное твердое тело. Далее необходимо нажать на внешнюю рамку в обратном направлении и объяснить наблюдаемое при этом поведение гироскопа.

По проведенным экспериментам необходимо сделать выводы и записать их в отчет.

### **1.3.3. Определение величины кинетического момента $H$ гироскопа, скорости прецессии и величины момента трения $M_{\text{тру}}$**

Установить гироскоп в исходное положение (рамки взаимно-перпендикулярны). Стрелки, закрепленные на осях внутренней и внешней рамок, установить на нулевые деления шкал путем легкого нажатия пальцем поочередно на внутреннюю и внешнюю рамки карданова подвеса.

Навесить грузик на винт, ввернутый в кожух по оси вращения ротора и одновременно включить секундомер. Зафиксировать время, за которое

внутренняя рамка гироскопа повернется за счет прецессии на угол  $\alpha = 10^\circ$  относительно горизонтальной оси ОХ (рис. 1.3).

Измерить угол  $\beta$  – угол поворота наружной рамки гироскопа относительно вертикальной оси ОУ. Замеренный интервал времени и значения углов  $\alpha$  (угол поворота относительно горизонтальной оси) и  $\beta$  (угол поворота относительно вертикальной оси) занести в табл. 1.2. Пренебрегая вращением Земли и моментом трения в осях внутренней рамки  $M_{\text{трх}}$ , который мал по сравнению с внешним моментом  $M_{\text{вн}}$ , рассчитать значение кинетического момента гироскопа  $H$ , используя формулы:

$$H = \frac{M_{\text{вн}}}{\omega_{\text{пру}}}; \quad (1.1)$$

$$\omega_{\text{пру}} = \frac{\beta}{t}. \quad (1.2)$$

При этом учесть, что  $M_{\text{вн}} = P \cdot l$ , где  $P = m \cdot g$  – вес грузика;  $m$  – масса грузика (указана на грузике или уточняется у преподавателя);  $l$  – расстояние от точки подвеса грузика до оси вращения внутренней рамы (измеряется с помощью линейки и угольника или уточняется у преподавателя).

Затем рассчитать величину момента трения в осях внешней рамки по формулам:

$$M_{\text{тру}} = H \cdot \omega_{\text{прх}}; \quad (1.3)$$

$$\omega_{\text{прх}} = \frac{\alpha}{t}. \quad (1.4)$$

При расчетах особое внимание обратить на соблюдение размерностей в Международной системе единиц измерения СИ. Вычисленные значения занести в табл. 1.2.

Нанести на кинематическую схему гироскопа вектор момента трения  $\vec{M}_{\text{тру}}$  и вектор угловой скорости прецессии  $\vec{\omega}_{\text{пру}}$ .

Таблица 1.2

$t$ , с	$\beta$ , рад	$\alpha$ , рад	$M_{\text{вн}}$ , Н·м	$H$ , Н·м·с	$M_{\text{тру}}$ , Н·м

Аналогичным образом рассчитать величины  $H_1$  и  $M_{\text{тру}}$ , проделав тот же самый эксперимент через 10 минут после отключения электропитания гиromотора. Сравнить значения величин  $H$  и  $H_1$  и дать объяснение.



### 1.4. Требования, предъявляемые к отчету

Отчет по лабораторной работе должен содержать:

1. Титульный лист с названием лабораторной работы, указанием цели лабораторной работы, фамилии и инициалов и группы студента.
2. Краткие теоретические сведения об основных свойствах гироскопа с тремя степенями свободы.
3. Таблицы, приведенные в разделе 1.3, заполненные экспериментальными данными.
4. График зависимости пускового тока от времени  $I = f(t)$ .
5. Рис. 1.3, на котором должны быть указаны векторы  $M_{вн}$ ,  $\omega_{пру}$ ,  $H$ ,  $\Omega$ ,  $\omega_{прх}$ ,  $M_{тру}$ .
6. Подробные расчеты значений параметров  $M_{вн}$ ,  $H$  и  $M_{тру}$ .
7. Выводы по каждому пункту экспериментальной части лабораторной работы.

### 1.5. Вопросы для самопроверки

1. Какой гироскоп называется соответственно астатическим, симметричным, свободным?
2. Как характеризуется закон прецессии гироскопа?
3. Какое влияние оказывает трение на поведение гироскопа?
4. Что понимается под кинетическим моментом гироскопа?
5. Как ведет себя гироскоп на вращающемся основании?
6. Что называется дрейфом или уходом гироскопа и чем он вызван?

### 1.6. Литература

1. Воробьев В.Г., Глухов В.В., Кадышев И.К. Авиационные приборы, информационно-измерительные системы и комплексы. – М.: Транспорт, 1992.
2. Габец В.Н., Соловьев Ю.С. Исследование основных свойств гироскопа с тремя степенями свободы: пособие по выполнению лабораторной работы. – М.: МГТУ ГА, 2010.
3. Зыль В.П., Габец В.Н., Соловьев Ю.С. Исследование основных свойств гироскопа: пособие по выполнению лабораторной работы. – М.: МГТУ ГА, 2012.

## Лабораторная работа №2

### ИНФОРМАЦИОННЫЙ КОМПЛЕКС ВЫСОТНО-СКОРОСТНЫХ ПАРАМЕТРОВ ИКВСП-1-1 С КОНТРОЛЬНО-ПРОВЕРОЧНОЙ АППАРАТУРОЙ КПА-1

**Целью работы является** закрепление полученных знаний по мембранно-анероидным приборам, измеряющим высотные-скоростные параметры воздушного судна, получение практических навыков, при работе с реальной контрольно-проверочной аппаратурой и выполнение экспериментальных исследований основных параметров систем воздушных сигналов.

#### Принятые сокращенные обозначения

ИКВСП-1-1	– информационный комплекс высотно-скоростных параметров;
СВС	– система воздушных сигналов (СВС-1-72-1-86);
УТ-1М	– указатель температуры наружного воздуха;
УСИМ-1-1	– комбинированный указатель скорости и числа М;
ВКРИ-1	– вычислитель критических режимов канала индикации;
ВКРС-1	– вычислитель критических режимов канала сигнализации;
БФК	– блок формирования и контроля;
БРК-1-1	– блок разовых команд;
КБ	– коммутационный блок;
БС-1М	– блок согласования;
КЗВ-0-15	– корректор-задатчик высоты;
ПЗС-1М	– пульт-задатчик скорости;
ПВМ-1М	– пульт вертикального маневра;
ВМ-15	– высотомер механический;
П-104	– приемник температуры торможения;
ППД-1М	– приемник полного давления;
УМС-1	– указатель скорости и числа М;
УВ-75-15	– указатель высоты;
БВП-9	– блок воздушных параметров;
ОТ	– ограничитель тока;
СН	– сигнализатор напряжения;
КЭ	– кворум-элемент;
ВР-30(75)	– вариометр;
СТ	– стабилизированный источник питания;
КП	– контактное устройство;
У	– согласующий усилитель;
П	– потенциометр;
СКТ	– синусно-косинусный трансформатор;
СФО	– схема формирования отказов;

СФК	– схема формирования команд;
САУ	– система автоматического управления;
АСУУ	– автоматическая система устойчивости и управляемости;
МСРП	– магнитная система регистрации параметров полета;
$P_{ст} (P_c)$	– статическое давление;
$P_{п} (P_{полн})$	– полное давление;
$P_{дин} (P_d)$	– динамическое давление;
$T_t$	– температура торможения;
$T_n$	– температура наружного воздуха;
$R_{Tt}$	– сопротивление приемника температуры торможения $T_t$ ;
$M$	– число Маха;
$M_{тек}$	– текущее значение числа $M$ ;
$M_{зад}$	– заданное значение числа $M$ ;
$\Delta M$	– отклонение значения числа $M$ ;
$H$	– высота;
$H_{тек}$	– текущее значение высоты;
$H_{зад}$	– заданное значение высоты;
$H_{абс}$	– абсолютное значение высоты;
$H_{отн}$	– относительное значение высоты;
$\Delta H$	– отклонение значения высоты;
$\Delta H^*$	– отклонение от заданной высоты;
$H_э$	– значение высоты эшелона;
$\Delta H^*_э$	– отклонение от заданной высоты эшелона;
$V_{кр} (V_{крит})$	– критическая скорость;
$V_{ист}$	– значение истинной скорости;
$V_{пр}$	– значение приборной скорости;
$\Delta V$	– отклонение значения скорости.

## 2.1. Подготовка лабораторного стенда к работе

### 2.1.1. Исходное положение органов управления стендом

На панели электропитания все автоматы – в левом положении («Выкл.»).

Исходное положение органов управления стендом  
Содержание операции и технические требования (ТТ)

Установите на всех магазинах сопротивлений Р33 значение  $R_{ТТ} = 100 \text{ Ом}$   
Исходное положение органов управления на блоках и пультах  
контрольно-проверочной аппаратуры

Обозначение блока	Наименование и обозначение	Положение
ИВД	Тумблер Питание Переключатели: $V_{ст}$ $P_d$  Краны: Вакуум Давление Соединительный  Краны: АТМ-В АТМ-Д	Отключен  Макс. В положение между 300 и 600  Закрыт Закрыт Открыт  Закрыт Закрыт
ИВП	Тумблеры: Питание Источник $U_{опорн} = (\sim)$ Задатчик $R_{ТТ}$  Переключатели: Проверка Изделия Выходы 1 Выходы 2 Задатчик $R_{ТТ}$ Ввод $R_{отн}$	ОТКЛ. Внутр. «100»  = $V \times 1$ “Г” “Г” “Г” “0” Среднее положение

БП-СВС-72	<p>Тумблеры:          Питание          Самопроверка          СВС-БВП-0          Самопроверка          СВС-БВП-Д          Самопроверка          СВС указателей          Контроль ламп          +Δ М          – Δ М          фаза –U<sub>min</sub>          Переключатели:          Н<sub>абс</sub> Н<sub>отн</sub>          Параметр          «V<sub>ист</sub>, P<sub>ст</sub>, P<sub>д</sub>»          «V<sub>пр</sub>, M, T<sub>н</sub>, ΔM»          СКТ</p>	<p>ОТКЛ.          ОТКЛ.          ОТКЛ.          ОТКЛ.          ОТКЛ.          Н.П.          Нейтральное          «1»          «Н<sub>абс</sub>», «Н<sub>отн</sub>»          «1»          «1»          «Н<sub>отн</sub> БВП<sub>SIN Γ</sub>»</p>
ПКС	<p>Переключатели:          В1, В2, В3, В4, В5,          В6, В8, В9, В10, В11          В7</p>	<p>Произвольное          УМЕНЬШИ СКОРОСТЬ</p>
ПЗК	<p>Тумблер СЕТЬ</p> <p>Тумблеры:          Команды в ВКР          ВКЛ 1          ВКЛ 2</p> <p>Переключатели:          КОНТРОЛЬ ССОС          АВТОКОНТРОЛЬ          СИГНАЛ САУ – 3          Переключатель:          Встроенный контроль</p> <p>Тумблеры:          ОШ          Гот.Н<sub>э</sub>          ΔН<sub>э</sub>60          Стаб. Н          Гот. Стаб. V<sub>y</sub>          Гот. V<sub>пр</sub>.</p>	<p>Нижнее (отключен)</p> <p>Нижнее          Нижнее</p> <p>Нейтраль          ВЫКЛ.          ВЫКЛ.</p> <p>ВЫКЛ.</p> <p>Нижнее          Ручн.          Нижнее          ВЫКЛ.          Нижнее          Нижнее</p>

Окончание табл. 2.1

	Гот. М Гот. АТ РУ $V_R$ Исправность СС ПВМ ПЗС Блокир. Стаб. $V_{ПР}, V_y$	Нижнее Нижнее Нижнее Верхнее Верхнее Нижнее
ППК-1	Тумблер СЕТЬ Тумблеры: «Р <sub>сИк</sub> », «Р <sub>сПк</sub> », «Р <sub>сШк</sub> » «Р <sub>дИк</sub> », «Р <sub>дПк</sub> », «Р <sub>дШк</sub> » Ручки дросселей: «Рег. $V_{yИк}$ », «Рег. $V_{yПк}$ », «Рег. $V_{yШк}$ »	Нижнее  ВКЛ. ВКЛ.  Между 330 и 360

**ВНИМАНИЕ!** ВО ИЗБЕЖАНИЕ ВЫХОДА ИЗ СТРОЯ БЛОКА ИЛИ СИСТЕМЫ ИКВСП-1-1 ПРИ ПРОВЕРКАХ НЕОБХОДИМО СОБЛЮДАТЬ СЛЕДУЮЩЕЕ:

При подключении питания 27 В не допускается изменение полярности.

Запрещается включать питание ИК ВСП без подключения имитаторов ввода температуры торможения.

Запрещается создавать вакуум в статической системе менее 90 мм рт. ст.

Запрещается создавать избыточное давление в динамической системе более 425 мм рт. ст.

Скорость подачи давления в систему должна соответствовать изменению по скорости – не более 400 – 500 км/ч за минуту, а по высоте – не более 3 – 5 км за минуту.

Запрещается подавать и сбрасывать статическое и динамическое давления при выключенном электропитании.

Запрещается при выключенном питании системы СВС-1-72-1-86 задавать статическое давление, соответствующее высоте более 5 км.

Запрещается производить монтаж и демонтаж блоков комплекса при включенном электропитании.

### 2.1.2. Последовательность включения электропитания стенда проверки системы ИКВСП-1-1

Перед подачей электропитания установить на трех УВ-75-15 давление 760 мм рт. ст.

Включение напряжения питания  $\pm 27$  В:

- включить АЗС 1-го канала ИКВСП;
- включить АЗС 2-го канала ИКВСП;

- включить АЗС 3-го канала ИКВСП;
- включить АЗС КПА-1;
- включить АЗС БН-М.

После включения АЗС проверить величину напряжения питания  $\pm 27$  В по вольтметру «V1  $\pm 27$  В».

Включение напряжения питания  $\sim 36$  В/400 Гц:

- включить АЗС фазы А;
- включить АЗС фазы В;
- включить АЗС фазы С.

После включения АЗС проверить величину напряжения питания  $\sim 36$  В/400 Гц по вольтметру «V2  $\sim 36$  В/400 Гц» по фазам с помощью галетного переключателя « $\sim 36$  В/400 Гц».

Включение напряжения питания  $\sim 115$  В/400 Гц:

- включить АЗС фазы А;
- включить АЗС фазы В;
- включить АЗС фазы С.

После включения АЗС проверить величину напряжения питания  $\sim 115$  В/400 Гц по вольтметру «V3  $\sim 115$  В/400 Гц» по фазам с помощью галетного переключателя « $\sim 115$  В/400 Гц».

Включите на пультах ПЗК, ППК тумблеры «СЕТЬ».

Включите на измерителях ИВП, ИВД, блоке БП-СВС-72 тумблеры «ПИТАНИЕ».

Убедитесь в том, что на пультах ПЗК, ПКС, ППК-1 горят лампы «СЕТЬ», на блоке БП-СВС-72 горят лампочки «27 В», «115 В», «400 Гц», «36 В».

При включенном электропитании контрольно-проверочной аппаратуры и комплекса при включенном тумблере «ОШ» на пульте ПЗК на свечение лампочек «ИСПРАВЕН» на устройствах УФК блока БФК внимание не обращать.

Перед контролем выдержать комплекс во включенном состоянии в течение 5 мин. (время готовности комплекса при нормальных климатических условиях).

Проверку погрешностей комплекса производить, начиная с 0 км в последовательности, указанной в таблицах проверки.

При определении погрешностей контроля давления  $P_{СТ}$  и  $P_{Д}$  изменять только в сторону увеличения.

После выдержки комплекса во включенном состоянии не менее 5 мин.:

- установите на счетчике пульта ПВМ – 1М значение высоты эшелона  $H_Э = 5000$  м;

- определите по ИВД и зафиксируйте в отчете давление дня в мм рт.ст. при открытом кране «АТМ-В». Закройте кран «АТМ-В» на ИВД;

- установите на всех указателях УВ–75–15 давление  $P_3$ , равное давлению дня в мм рт.ст.

**Примечание.**

*Во время установки  $P_3$  может загореться лампочка «ПРОВЕРЬ  $P_3$ » на пульте ТС-1.*

При проверке ИК ВСП убедитесь в том, что:

- указатели УВ индицируют значение высоты  $0 \pm 45$  м (при установке на шкале давления УВ давления дня);
- убирается бленкер отказа высоты на всех трех УВ;
- указатели УМС индицируют (узкая стрелка) истинную скорость, равную  $150 \div 220$  км/ч и число М (широкая стрелка), равное  $0,1 \div 0,2$ ;
- убирается бленкер отказа истинной скорости на всех трех УМС;
- на указателях УСИМ убираются бленкеры отказа числа М,  $V_{м.д.}$ ,  $V_{зад.}$ ;
- стрелка приборной скорости индицирует значение скорости, близкое к нулю, стрелка  $V_{м.д.}$  – скорость  $670 \pm 5$  км/ч; счетчик числа М – то же, что и широкая стрелка УМС;
- указатели УТ индицируют температуру, близкую к нулю;
- УЗС индицирует значение приборной скорости;
- на шкале  $V_y$  ПВМ индицируется значение вертикальной скорости близкое к нулю.

**Примечание.**

*Если на УВ, УМС, УСИМ не убирается какой-либо бленкер, то нажмите и отпустите кнопку «Сброс» на пульте ПЗК.*

### 2.1.3. Проверка комплекса с помощью встроенных средств контроля

Убедитесь в том, что на всех указателях УВ-75-15 установлено  $P_0=760$  мм рт.ст., на пульте ПВМ-1М установлено значение высоты  $H_3=5000$  м.

Установите на пульте ПКС переключатель В7 в положение «УМЕН. СКОР.». Установите тумблер «ОШ» пульта ПЗК в положение «ВКЛ.» Включите на пульте ПЗК переключатель «ВСТРОЕННЫЙ КОНТРОЛЬ». После отработки указателей УВ-75-15, УМС-1, УТ-1М-1, УСИМ-1 контрольных значений убедитесь в том, что указатели УВ-75-15 индицируют значения высоты –  $(5000 \pm 45)$  м. Указатели УМС-1 индицируют значение скорости  $V_{ист}$  –  $(800 \pm 15)$  км/ч; значение числа М –  $(0,693 \pm 0,15)$ . Указатели УСИМ-1 индицируют значение числа М –  $(0,693 \pm 0,16)$ ; значение скорости  $V_{м.д.}$  –  $(670 \pm 5)$  км/ч. Указатели УТ индицируют значение температуры наружного воздуха  $T_n = (-17 \pm 5)^{\circ}C$ . Указатель УЗС-1 индицирует значение скорости  $(636 \pm 15)$  км/ч. Нажмите на пульте ПЗК кнопку «СБРОС», отпустите кнопку



«СБРОС». После этого убедитесь в том, что на указателях УВ-75-15, УМС-1, УСИМ-1 убраны бленкеры отказа.

Убедитесь в том, что на блоках ИК ВСП горит сигнализация:

- на блоке БРК-1-1 лампочка БРК «ГОТОВ»;
- на блоке БФК все лампочки.

Убедитесь в том, что на пультах КПА горит сигнализация:

- на пульте ТС-1 горят лампочки, указанные в табл. 2.2;
- на пульте ПЗК горит лампочка «СС1».

Таблица 2.2

Проверяемый параметр	Сигналы исправности	Разовые сигналы
Н	«Испр. +27 В»	«Н1500 БРК», «Н1500 КБ», «Н3000 БРК», «Н3000 КБ», «Н8000 БРК», «Н8000 КБ», «Р760»
$\Delta H^*$	«Испр. п. $\Delta H^*$ » «Испр. $\Delta H^*$ »	« $\Delta H^* 60$ БРК», « $\Delta H^* 150$ КБ», « $\Delta H^* \text{Э}$ КБ», « $\Delta H^* \text{Э}$ МСРП»
$\Delta H$	«Испр. п. $\Delta H$ » «Испр. $\Delta H$ »	- -
$V_{\text{пр}}$	«Испр. п. $V_{\text{пр}}$ »	« $V_{310}$ БРК», « $V_{310}$ КБ»,
$V_{\text{пр}}$	«Испр. $V_{\text{пр}}$ »	Л57, « $V_{320}$ БРК, КБ», « $V_{340}$ БРК», « $V_{360}$ БРК», « $V_{360}$ КБ», « $V_{400}$ КБ», « $V_{430}$ БРК», « $V_{430}$ КБ»
$\Delta V_{\text{ПР}}$	«Испр. п. $\Delta V_{\text{ПР}}$ » «Испр. $\Delta V_{\text{ПР}}$ »	« $\Delta V_{R0}$ БРК», « $\Delta V_{R0}$ КБ»
$V_{\text{КР}}$	«Испр. $V_{\text{КР}}$ »	УМЕНЬШИ СКОРОСТЬ! (в проблесковом режиме)
М	«Испр. п. М» «Испр. М»	« $M_0$ », « $M_{\text{кр}}$ »
$\Delta M$	«Испр. п. $\Delta M$ » «Испр. $\Delta M$ »	-----
$V_{\text{ист}}$	«Испр. п. $V_{\text{ист}}$ » «Испр. $V_{\text{ист}}$ »	-----

Если на пульте ТС-1 горят лампочки «НЕТ РЕЗЕРВА» и «ОТКАЗ ИК ВСП», то нажмите и отпустите кнопку «СБРОС» на пульте ПЗК.

Если на пульте ПЗК не горит лампочка «СС1», то нажмите и отпустите кнопку «СБРОС».

Выключите переключатель «ВСТРОЕННЫЙ КОНТРОЛЬ» на пульте ПЗК. После отработки указателей УВ-75-15, УМС-1, УТ-1М-1, УСИМ в исходные положения убедитесь в том, что указатели индицируют значения параметров  $V_{ист}$ ,  $M$ ,  $V_{пр}$ ,  $T_n$ ,  $V_{м.д.}$ , приведенные ниже:

- указатели УВ индицируют значение высоты  $0 \pm 45$  м (при установке на шкале давления УВ, давления дня);
- убирается бленкер отказа высоты на всех трех УВ;
- указатели УМС индицируют (узкая стрелка) истинную скорость, равную  $150 \div 220$  км/ч и число  $M$  (широкая стрелка), равное  $0,1 \div 0,2$ ;
- убирается бленкер отказа истинной скорости на всех трех УМС;
- на указателях УСИМ убираются бленкеры отказа числа  $M$ ,  $V_{м.д.}$ ,  $V_{зад}$ ;
- стрелка приборной скорости УСИМ индицирует значение скорости, близкое к нулю, стрелка  $V_{м.д.}$  – скорость  $670 \pm 5$  км/ч; счетчик числа  $M$  – то же, что и широкая стрелка УМС.

### **Примечания.**

*Если горят лампочки «НЕТ РЕЗЕРВА» и «ОТКАЗ ИК ВСП» на пульте ТС-1, то нажмите и отпустите кнопку «СБРОС» на пульте ПЗК.*

*Убедитесь в том, что на блоке БФК горят лампы «ИСПРАВЕН», на блоке БРК-1-1 горит лампа «БРК ГОТОВ».*

## **2.1.4. Проверка встроенными средствами контроля блоков БС-1М и БФК комплекса**

Нажмите и не отпускайте кнопку «ИСПРАВЕН БС» на блоке БФК. Нажмите и отпустите кнопку «СБРОС» на блоке БФК. После чего убедитесь в том, что на панели блока БФК горят лампочки: «Исправен»,  $V_{пред}$ ,  $V_{крит}$ ,  $\Delta M$ ,  $\Delta H$ ,  $V_{приб}$ ,  $\Delta V_{приб}$ ,  $V_{ист}$ ,  $CC \Delta V_{приб}$ ,  $CC \Delta V_y$ ,  $\Delta H^*$ ,  $H$ ,  $M$ . Отпустите кнопку «ИСПРАВЕН БС» на блоке БФК, нажмите и отпустите кнопку «СБРОС», при этом должны погаснуть указанные лампочки. Убедитесь в том, что на блоке БФК горят лампочки «ИСПРАВЕН».

Нажмите и не отпускайте кнопку «ИСПРАВЕН БФК» на блоке БФК. Нажмите и отпустите кнопку «СБРОС» на блоке БФК. После чего убедитесь в том, что на панели блока БФК горят лампочки: «Исправен»,  $V_{пред}$ ,  $V_{крит}$ ,  $\Delta M$ ,  $\Delta H$ ,  $V_{приб}$ ,  $\Delta V_{приб}$ ,  $V_{ист}$ ,  $CC \Delta V_{приб}$ ,  $CC \Delta V_y$ ,  $\Delta H^*$ ,  $H$ ,  $M$ . Нажмите и не отпускайте кнопку «КОНТРОЛЬ» на блоке БФК. Убедитесь в том, что погаснут указанные лампочки. Отпустите кнопки «КОНТРОЛЬ» и «ИСПРАВЕН БФК», нажмите и отпустите кнопку «СБРОС» на блоке БФК, после чего на блоке БФК горят лампочки «ИСПРАВЕН».

### **Примечание.**

*При проверке не следует обращать внимание на загорание лампочек на пульте ТС-1 и на отработку счетчика УЗС-1 и шкалы  $V_y$  на пульте ПВМ-1М.*

### 2.1.5. Проверка БВП-9 встроенными средствами контроля

Убедитесь, что:

- указатели УВ индицируют значение высоты  $0 \pm 45$  м (при установке на шкале давления УВ давления дня);
  - убирается бленкер отказа высоты на всех трех УВ;
  - указатели УМС индицируют (узкая стрелка) истинную скорость, равную  $150 \div 220$  км/ч, и число М (широкая стрелка), равное  $0,1 \div 0,2$ ;
  - убирается бленкер отказа истинной скорости на всех трех УМС;
  - на указателях УСИМ убираются бленкеры отказа числа М,  $V_{м.д.}$ ,  $V_{зад.}$ ;
  - стрелка приборной скорости индицирует значение скорости, близкое к нулю, стрелка  $V_{м.д.}$  – скорость  $670 \pm 5$  км/ч; счетчик числа М – то же, что и широкая стрелка УМС;
  - проверьте исправность ламп, нажав на трех блоках БВП-9 кнопку «Контроль ламп»;
  - поочередно проверьте каждый из трех БВП-9, нажав на них и не отпуская кнопку «Контроль» (начните с первого канала);
  - после отработки указателей УВ-75-15, УМС-1, УТ-1М-1, УСИМ-1 контрольных значений убедитесь в том, что:
    - указатели УВ-75-15 индицируют значения высоты –  $(5000 \pm 45)$  м;
    - указатели УМС-1 индицируют значение скорости  $V_{ист.}$  –  $(800 \pm 15)$  км/ч;
    - значение числа М –  $(0,693 \pm 0,15)$ ;
    - указатели УСИМ-1 индицируют значение числа М –  $(0,693 \pm 0,16)$ ; значение скорости  $V_{м.д.}$  –  $(670 \pm 5)$  км/ч;
    - указатели УТ индицируют значение температуры наружного воздуха  $T_H = (-17 \pm 5)^{\circ}C$ ;
    - указатель УЗС пульта ПЗС индицирует значение скорости  $(636 \pm 15)$  км/ч;
    - на блоках БВП-9 загораются контрольные лампы « $V_{пр.}$ » и « $H_{абс.}$ »;
  - отпустите на передней панели БВП-9 кнопку «Контроль».
- Повторите операцию для оставшихся двух блоков БВП-9.

## 2.2. Экспериментальная часть

### 2.2.1. Определение погрешностей канала высоты

Убедитесь в том, что включено электропитание комплекса и КПА.

Установите на счетчиках указателей УВ-75-15 давление  $P_3=760$  мм рт.ст. Положение переключателей измерителя ИВП и блока БП-СВС-72 установите по табл. 2.3.

Таблица 2.3

И В П		БП-СВС-72	
Переключатели	Положение	Переключатели	Положение
Проверка	R%	$V_{пр}, M, T_H, \Delta M$	1
Изделие	6	Параметр	$V_{пр}, M, T_H$
«Выходы 1»	11		
«Выходы 2»	5		
«Питание»	ВКЛ		

На пульте ППК-1 тумблеры «РсIк, РсIIк, РсIIIк, РдIк, РдIIк, РдIIIк» должны быть включены.

Убедитесь, что включен тумблер «Питание» на ИВД.

Установите переключатель В11 на ПКС в положение В10.

Подайте питание +27 В на блок насосов БН-М нажатием кнопки «БН-М дист.» на панели стенда.

Установите с помощью измерителя ИВД статическое давление  $P_{ст}$ , соответствующее первой проверяемой точке табл. 2.4.

Определите и занесите в табл. 2.4. фактические значения высоты трех указателей УВ.

Определите величину погрешности по визуальным выходам по высоте как разность между фактическим и номинальным значениями высоты.

Погрешность не должна превышать предела допускаемой погрешности, указанной в табл. 2.4.

Таблица 2.4

<b>Пределы допускаемой погрешности и номинальные значения <math>H_{отн}</math> по визуальному выходу системы СВС-1-72-1-86</b>									
H, м	$P_{ст}$ , мм рт.ст	Номинальное значение	Фактическое значение			Предел допускаемой погрешности, м	Фактическая погрешность $\Delta H$ , м		
			УВ, м	I УВ, м	II УВ, м		III УВ, м	I УВ, м	II УВ, м
0	760,00	0				$\pm 10$			
1500	634,22	1495				$\pm 20$			
3000	525,86	2990				$\pm 25$			
5100	399,80	5085				$\pm 30$			
8600	244,64	8580				$\pm 35$			

### 2.2.2. Определение погрешности выдачи разовых команд по высоте $H_{абс}$

Установите с помощью измерителя ИВД статическое давление  $P_{ст}$ , соответствующее первой проверяемой точке табл. 2.5.

Начните и прекратите изменять (в сторону уменьшения) статическое давление  $P_{ст}$  в тот момент, когда на ТС-1 загорятся лампочки «Н1500 БРК», «Н1500 КБ», зафиксируйте по I УВ-75-15 действительную величину высоты в момент выдачи разовой команды «Н1500».

Продолжайте изменять статическое давление  $P_{ст}$  и прекратите изменять давление в момент загорания лампочек «Н3000 БРК», «Н3000 КБ» на ТС-1 и определите действительную величину высоты по I УВ-75-15 при выдаче разовой команды «Н3000».

Продолжайте изменять статическое давление  $P_{ст}$  до момента загорания лампочек «Н8000 БРК», «Н8000 КБ» на ТС-1.

Определите действительное значение высоты при выдаче разовой команды «Н8000» по I УВ-75-15.

Определите значение погрешности выдачи разовых команд как разность между действительным значением высоты, зафиксированным по указателю I УВ-75-15, и номинальным значением.

Погрешность не должна превышать предела допускаемой погрешности, указанного в табл. 2.5.

Пределы допускаемой погрешности выдачи разовых сигналов высоты  $H_{абс}$ .

Таблица 2.5

Условное обозначение сигнала	Номинальное значение высоты $H_{абс}$ при выдаче разового сигнала, м	$P_{ст}$ , мм рт.ст.	Действительное значение высоты $H_{абс}$ при выдаче разового сигнала, м	Предел допускаемой погрешности высоты $H_{абс}$ при выдаче разового сигнала, м	Фактическая погрешность высоты $\Delta H_{абс}$ при выдаче разового сигнала, м
Н1500	1500	634,22		$\pm 85$	
Н3000	3000	525,86		$\pm 100$	
Н8000	8000	267,02		$\pm 120$	

### 2.2.3. Определение погрешности указателей УСИМ-1 канала $V_{пр}$

Установите с помощью измерителя ИВД статическое давление  $P_{ст}$ , равное давлению дня.

Установите с помощью ИВД динамическое давление  $P_{д}$ , соответствующее первой проверяемой точке по табл. 2.6.

Определите и занесите в табл. 2.6 фактические значения приборной скорости  $V_{пр}$  указателей I УСИМ, II УСИМ и ПЗС.

Аналогичным образом определите фактические значения приборной скорости  $V_{пр}$  указателей I УСИМ, II УСИМ и ПЗС для других точек табл. 2.4.

Определите величину погрешности  $\Delta V_{пр}$ , как разность между фактическим и номинальным значениями приборной скорости  $V_{пр}$ , которая не должна превышать предела допускаемой погрешности, указанной в табл. 2.6.

Таблица 2.6

$P_{д}$ , мм рт. ст.	Номи- нальное значе- ние $V_{пр}$ , км/ч	Фактическое значение $V_{пр}$ , км/ч			Пределы допуск. Погреш- ности $\Delta V_{пр}$ , км/ч	Фактическая погрешность $\Delta V_{пр}$ , км/ч		
		I УСИМ	II УСИМ	ПЗС		I УСИМ	II УСИМ	ПЗС
14,27	200				$\pm 10,0$			
58,25	400				$\pm 12,5$			
135,45	600				$\pm 15,0$			

### 2.2.4. Определение погрешности выдачи разовых команд по каналу $V_{пр}$

Установите с помощью измерителя ИВД статическое давление  $P_{ст}$ , равное давлению дня, и динамическое давление  $P_{д}$ , соответствующее величине приборной скорости  $270 \div 290$  км/ч по указателю I УСИМ.

Плавнo изменяйте динамическое давление  $P_{д}$  в сторону увеличения и прекратите изменение в тот момент, когда на пульте ТС-1 загорятся последовательно лампочки: «V310 БРК, V310 КБ, V320 БРК, V320 КБ, V340 БРК, V360 БРК, V360 КБ, V400 КБ, V430 БРК, V430 КБ».

Зафиксируйте действительные значения  $V_{пр}$  по указателям I УСИМ-1, II УСИМ-1 и ПЗС в момент загорания вышеуказанных лампочек на пульте ТС-1. Погрешность выдачи разовых команд канала  $V_{пр}$  не должна превышать предела допускаемой погрешности (при прямом ходе), указанного в табл. 2.7.

Установите с помощью измерителя ИВД исходное значение динамического давления  $P_{д}$ , равное 0 мм рт.ст., при этом:

- плавно изменяйте давление  $P_{д}$  в сторону уменьшения и прекратите изменять в тот момент, когда на пульте ТС-1 последовательно погаснут

лампочки: «V430 БРК, V430 КБ, V360 БРК, V360 КБ, V340 БРК, V320 БРК, V320 КБ, V310 БРК, V310 КБ»;

- зафиксируйте действительные значения  $V_{пр}$  по указателю I УСИМ-1 в момент погасания вышеуказанных лампочек на пульте ТС-1.

Величина разности между значениями  $V_{пр}$  (при прямом ходе) и значениями  $V_{пр}$  (при обратном ходе) не должна превышать предела допускаемого значения, указанного в табл. 2.7.

Таблица 2.7

Пределы допускаемой погрешности выдачи разовых команд  
по скорости  $V_{пр}$

Условное обозначение команды	Выдача команды при прямом ходе					
	Номинальное значение $V_{пр}$ , км/ч	Фактическое значение $V_{пр}$ , км/ч		Предел допуск. погрешн. $V_{пр}$ , км/ч	Фактическая погрешность $\Delta V_{пр}$ , км/ч	
		I УСИМ	II УСИМ		I УСИМ	II УСИМ
310	310			$\pm 10$		
320	320			$\pm 10$		
340	340			$\pm 10$		
360	360			$\pm 10$		
400	400			$\pm 10$		
430	430			$\pm 10$		

**Снятие команды при обратном ходе:**

Снятие команд V310, V320, V340, V360, V430 должны производиться при значениях скорости  $V_{пр}$  на  $10 \div 20$  км/ч меньше их действительных значений скорости при выдаче команды.

### 2.2.5. Определение погрешности выдачи разового сигнала $V_{\text{крит}}$

Установите на пульте ПКС переключатель В7 в положение «УМЕН. СКОР.».

Установите с помощью измерителя ИВД статическое давление  $P_{\text{ст}}$ , соответствующее проверяемой точке  $V_{\text{кр}}$  (табл. 2.8) на высоте  $H=5000$  м.

Плавно изменяйте давление  $P_{\text{д}}$  до давления, соответствующего проверяемой точке  $V_{\text{кр}}$  (табл. 2.8) по приборной скорости 670 км/ч.

Прекратите изменять давление  $P_{\text{д}}$  в тот момент, когда на пульте ТС-1 загорятся лампочки «УМЕНЬШИ СКОРОСТЬ».

Определите действительное значение скорости  $V_{\text{пр}}$  по указателям I УСИМ-1 и II УСИМ-1 при выдаче разовой команды « $V_{\text{крит}}$ ».

Определите погрешность как разность между действительным (фактическим) и номинальным значениями  $V_{\text{крит}}$ .

Погрешность не должна превышать предела допускаемой погрешности, указанного в табл. 2.8.

Таблица 2.8

Предел допускаемой погрешности выдачи разовой команды  $V_{\text{крит}}$   
по каналу  $V_{\text{пр}}$

Условное обозначение команды	Значение высоты, м	Номинальное значение $V_{\text{крит}}$ , км/ч	Фактическое значение $V_{\text{крит}}$ , км/ч		Предел допуск. погрешн. $V_{\text{крит}}$ , км/ч	Фактическая погрешность $\Delta V_{\text{крит}}$ , км/ч	
			I УСИМ	II УСИМ		I УСИМ	II УСИМ
$V_{\text{крит}}$	5000	670			$\pm 11$		

### 2.2.6. Определение погрешности канала числа М

На пульте ППК-1 должны быть включены все тумблеры.

Установите с помощью измерителя ИВД давления  $P_{\text{ст}}$  и  $P_{\text{д}}$ , соответствующие первой проверяемой точке табл. 2.9.

Произведите отсчет показаний числа М по трем указателям УМС-1ПБ и счетчику числа М указателей УСИМ-1.

Определите погрешность как разность между действительным (фактическим) и номинальным значениями числа М.

Погрешность не должна превышать предела допускаемой погрешности, указанного в табл. 2.9. Определите погрешности на других проверяемых точках табл. 2.9.



Предел допускаемой погрешности и номинальные значения визуальных выходов числа М

Значение высоты Н, м	Р <sub>д</sub> , мм рт.ст.	Номинальные значения М, ед. числа М		Фактическое значение М, ед. числа М					Предел допуск. погрешн. М, ед. числа М		Фактическая погрешность ΔМ, ед. числа М							
		УМС	УСИМ	І УМС	ІІ УМС	ІІІ УМС	І УСИМ	ІІ УСИМ	УМС	УСИМ	І УМС	ІІ УМС	ІІІ УМС	І УСИМ	ІІ УСИМ			
		0	14,30	0,163	0,163													
8000	95,70	0,676	0,676							± 0,01	± 0,01							
10000	100,50	0,789	0,789							± 0,005	± 0,005							
12000	76,10	0,800	0,800							± 0,005	± 0,005							

### 2.2.7. Определение погрешности выдачи разовых сигналов по каналу М

Установите статическое давление Р<sub>ст</sub> согласно первой проверяемой точке табл. 2.10 и начинайте увеличивать динамическое давление Р<sub>д</sub> с помощью измерителя ИВД до значения, соответствующего первой проверяемой точке табл. 2.10, при этом прекратите изменять давление Р<sub>д</sub> в тот момент, когда загорится лампочка «М<sub>0</sub>» на пульте ТС-1. Определите действительное значение числа М по указателям І УСИМ-1 и ІІ УСИМ-1 одновременно. Определите погрешность выдачи разового сигнала «М<sub>0</sub>» как наименьшую разность между действительным (фактическим) значением числа М, зафиксированным по указателям УСИМ-1, и номинальным значением. Погрешность не должна превышать предела допускаемой погрешности, указанного в табл. 2.10.

Начните изменять давление Р<sub>д</sub> с помощью измерителя ИВД до значения, соответствующего второй проверяемой точке табл. 2.10, при этом прекратите изменять давление Р<sub>д</sub> в тот момент, когда загорится лампочка «М<sub>кр</sub>» на пульте ТС-1. Определите действительное значение числа М по указателям І УСИМ-1 и

II УСИМ-1 одновременно. Определите погрешность выдачи разового сигнала « $M_{кр}$ » как наименьшую разность между действительным (фактическим) значением числа  $M$ , зафиксированным по указателям УСИМ-1, и номинальным значением. Погрешность не должна превышать предела допускаемой погрешности, указанного в табл. 2.10.

Таблица 2.10

Пределы допускаемой погрешности выдачи разовых сигналов по числу  $M$

Условное обозначение сигнала	Значение высоты, м	Номинальное значение числа $M$ , ед. числа $M$	Фактическое значение числа $M$ , ед. числа $M$		Предел допускаемой погрешности выдачи разового сигнала, ед. числа $M$	Фактическая погрешность выдачи разового сигнала, ед. числа $M$	
			I УСИМ	II УСИМ		I УСИМ	II УСИМ
$M_0$	10000	0,700			$\pm 0,015$		
$M_{кр}$	10000	0,880			$\pm 0,005$		

### 2.2.8. Определение погрешности канала $V_{ист}$

Установите с помощью измерителя ИВД давления  $P_{ст}$  и  $P_{д}$ , а с помощью магазинов Р33 сопротивление  $R_{ТТ}$ , соответствующие первой проверяемой точке табл. 2.11  $V_{ист} = 200$  км/ч.

Произведите отсчет действительного значения скорости  $V_{ист}$  по трем указателям УМС-1.

Определите погрешность как разность между действительным (фактическим) и номинальным значениями скорости.

Погрешность не должна превышать предела допускаемой погрешности, указанного в табл. 2.11.

Определите погрешности на других проверяемых точках табл. 2.11.

#### Примечание.

Значение  $R_{ТТ}$  на магазинах Р33 устанавливать с точностью 0,05 Ом.

Таблица 2.11

Предел допускаемой погрешности и номинальные значения визуальных выходов канала  $V_{ист}$

Значение $H$ , м	Значение $R_{д}$ , мм рт.ст.	Значение $R_{ТГ}$ , Ом	Номинальное значение $V_{ист}$ , км/ч	Фактическое значение $V_{ист}$ , км/ч			Предел допуск. погрешности $V_{ист}$ , км/ч	Фактическая погрешность $\Delta V_{ист}$ , км/ч		
				I УМС	II УМС	III УМС		I УМС	II УМС	III УМС
0	14,30	106,1	200				$\pm 10$			
8000	95,70	93,5	750				$\pm 10$			
10000	100,5	90,7	850				$\pm 10$			
12000	76,10	88,1	850				$\pm 10$			

### 2.2.9. Определение погрешности канала $T_H$

Установите с помощью измерителя ИВД давления  $R_{ст}$  и  $R_{д}$ , а с помощью магазинов Р33 сопротивление  $R_{ТГ}$ , соответствующие первой проверяемой точке табл. 2.12.

Таблица 2.12

Предел допускаемой погрешности и номинальные значения по выходам канала  $T_H$

Значение высоты $H$ , м	Значение $R_{д}$ , мм.рт.ст.	Значение $R_{ТГ}$ , Ом	Номинальное значение $T_H$		Фактическое значение $T_H$			Предел допускаемой погрешности $T_H$		Фактическая погрешность $\Delta T_H$		
			УТ, °С	%	I УТ, °С	II УТ, °С	ИВП, R%	УТ, °С	%	I УТ, °С	II УТ, °С	ИВП, R%
0	14,30	115,9	+ 40	87,5				$\pm 3$	$\pm 2,35$			
1000	52,90	114,0	+ 30	80,0				$\pm 3$	$\pm 2,35$			
3000	140,60	111,3	+ 10	65,0				$\pm 3$	$\pm 2,35$			
10000	100,50	95,2	- 40	27,5				$\pm 2$	$\pm 1,57$			
12000	57,20	84,1	- 60	12,5				$\pm 2$	$\pm 1,57$			

Установите переключатели В11 и В10 пульта ПКС в положения согласно табл. 2.13.

Установите переключатель «ПАРАМЕТР» блока БП-СВС-72 в положение « $V_{пр}$ ,  $M$ ,  $T_H$ ».

Таблица 2.13

Положение переключателей пульта ПКС при проверках  
потенциометрических выходов канала  $T_H$

Проверяемый параметр	Номер проверяемого подканала и выхода		Положение переключателя В11	Положение переключателя В10
	Подканал	Выход		
$T_H$	II подканал	2	В10	II $T_H$
	III подканал	-	В10	III $T_H$

Определите действительную величину  $T_H$  по двум указателям УТ-1М и одновременно по указателю измерителя ИВП действительное значение выходного сопротивления  $R\%$ .

Определите погрешность  $\Delta T_H$ , как разность между действительным (фактическим) и номинальным значениями  $T_H$ .

Погрешность не должна превышать допускаемой погрешности, указанной в табл. 2.12.

### 2.2.10. Определение погрешностей снятия сигналов исправности подканалов абсолютной высоты $H_{абс}$

Установите на счетчиках указателей УВ-75-15 давление  $P_3=760$  мм рт.ст.

Убедитесь, что на пульте ППК-1 включены тумблеры «РсIk, РсIk, РсIk, РдIk, РдIk, РдIk».

Нажмите и отпустите на пульте ПЗК кнопку «СБРОС».

Установите с помощью измерителя ИВД давление  $P_{ст}$ , соответствующее высоте  $H_{абс}=600$  м по указателю I УВ-75-15.

Введите отказ первого подканала  $H_{абс}$ .

На пульте ППК-1 выключите тумблеры «РсIk» и «РсIk».

Увеличивайте статическое давление  $P_{ст}$  с помощью измерителя ИВД до момента выпадения бленкера на указателе I УВ-75-15 и загорания на пульте ТС-1 лампочки «Нет резерва».

Определите действительную высоту  $H_{абс}$  по указателю I УВ-75-15 при снятии сигнала исправности первого подканала  $H_{абс}$  (в момент выпадения бленкера).

Определите погрешность высоты при снятии сигнала исправности первого подканала  $H_{абс}$  как разность между действительным значением высоты по указателю I УВ-75-15 (в момент выпадения бленкера) и номинальным значением высоты  $H_{абс}=600$  м.

Погрешность не должна превышать предела допускаемой погрешности  $\pm(35-200)$  м.

Установите с помощью ИВД давление  $P_{ст}$ , соответствующее высоте  $H_{абс}=600$  м по указателю I УВ-75-15. Бленкер отказа на указателе I УВ-75-15 должен исчезнуть.

На пульте ППК-1 включите тумблеры «РсIIк» и «РсIIIк», нажмите и отпустите на пульте ПЗК кнопку «СБРОС». На пульте ТС-1 лампочка «Нет резерва» должна погаснуть.

Аналогичным образом определите погрешность высоты при снятии сигнала исправности второго и третьего подканалов  $H_{абс}$ . При этом для ввода отказа второго подканала  $H_{абс}$  на пульте ППК-1 выключайте тумблеры «РсIк» и «РсIIIк», а для ввода отказа третьего подканала  $H_{абс}$  на пульте ППК-1 выключайте тумблеры «РсI» и «РсIIк».

### **2.2.11. Определение погрешности снятия сигнала исправности канала абсолютной высоты $H_{абс}$**

Убедитесь, что на пульте ППК-1 включены тумблеры «РсIк, РсIIк, РсIIIк, РдIк, РдIIк, РдIIIк».

Нажмите и отпустите на пульте ПЗК кнопку «СБРОС».

Установите с помощью измерителя ИВД статическое давление  $P_{ст}=707,5$  мм рт.ст., соответствующее абсолютной высоте  $H_{абс}=600$  м. При этом все три указателя УВ-75-15 должны индицировать высоту  $(600\pm 20)$  м.

Введите отказ первого подканала  $H_{абс}$ .

На пульте ППК-1 выключите тумблеры «РсIIк» и «РсIIIк».

Увеличивайте статическое давление  $P_{ст}$  с помощью измерителя ИВД до момента появления бленкера на указателе I УВ-75-15 и загорания на пульте ТС-1 лампочки «Нет резерва».

На пульте ППК-1 выключите тумблер «РсIк».

Установите с помощью измерителя ИВД давление  $P_{ст}=707,5$  мм рт.ст.

На пульте ППК-1 включите тумблеры «РсIIк» и «РсIIIк».

Не нажимая кнопки «СБРОС» на пульте ПЗК, введите отказ второго подканала, для чего на пульте ППК-1 выключите тумблер «РсIIIк» и начните с помощью ИВД изменять давление  $P_{ст}$  в сторону меньших значений до момента выпадения бленкера на указателе II УВ-75-15.

Определите действительную высоту  $H_{абс}$  по указателю II УВ-75-15 при снятии сигнала исправности канала  $H_{абс}$  (в момент выпадения бленкера).

Определите погрешность высоты при снятии сигнала исправности канала  $H_{абс}$  как разность между действительным значением высоты по указателю II УВ-75-15 (в момент выпадения бленкера) и номинальным значением высоты  $H_{абс}=600$  м.

Погрешность не должна превышать предела допускаемой погрешности  $\pm(35-200)$  м.

Установите с помощью ИВД статическое давление  $P_{ст}=707,5$  мм рт.ст., соответствующее высоте  $H_{абс}=600$  м. Бленкер отказа на указателе II УВ-75-15 должен исчезнуть.

На пульте ППК-1 включите тумблер «РсIIIк».

Измените давление  $P_{ст}$  до значения, соответствующего высоте, при которой произошел отказ первого подканала. После чего на пульте ППК-1 включите тумблер «РсIк». Нажмите и отпустите на пульте ПЗК кнопку «СБРОС». Бленкеры отказа на всех трех указателях УВ-75-15 должны исчезнуть.

### **2.2.12. Определение погрешностей снятия сигналов исправности подканалов по отклонению от заданной высоты $\Delta H^*$**

Убедитесь, что на пульте ППК-1 включены тумблеры «РсIк, РсIIк, РсIIIк, РдIк, РдIIк, РдIIIк». Нажмите и отпустите на пульте ПЗК кнопку «СБРОС».

Установите на пульте ПЗК тумблер «ГОТ Нэ» в положение «РУЧН».

Установите на счетчике пульта ПВМ-1М заданное значение высоты эшелона  $H_{э}=600$  м.

Установите с помощью измерителя ИВД статическое давление  $P_{ст}=707,5$  мм рт.ст., соответствующее абсолютной высоте  $H_{абс}=600$  м. При этом все три указателя УВ-75-15 должны индицировать высоту  $(600\pm 20)$  м.

Введите отказ первого подканала  $\Delta H^*$ .

На пульте ППК-1 выключите тумблеры «РсIIк» и «РсIIIк». Нажмите и отпустите на пульте ПЗК кнопку «СБРОС» и зафиксируйте действительное значение высоты по указателю I УВ-75-15.

Увеличивайте статическое давление  $P_{ст}$  с помощью измерителя ИВД до момента выпадения бленкера на указателе I УВ-75-15, погасания на пульте ТС-1 лампочки «ИСПР.П.  $\Delta H^*$ » и загорания лампочки «Нет резерва».

Определите действительное значение высоты  $H_{абс}$  по указателю I УВ-75-15 при снятии сигнала исправности первого подканала  $\Delta H^*$ .

Определите погрешность высоты при снятии сигнала исправности первого подканала  $\Delta H^*$  как разность между действительными значениями высоты по указателю I УВ-75-15, зафиксированными до изменения давления  $P_{ст}$  и после изменения давления  $P_{ст}$  в момент снятия сигнала исправности первого подканала  $\Delta H^*$ .

Погрешность не должна превышать предела допускаемой погрешности  $\pm(65-204)$  м.

Установите с помощью ИВД давление  $P_{ст}=707,5$  мм рт.ст., соответствующее высоте  $H_{абс}=600$  м. Бленкер отказа на указателе I УВ-75-15 должен исчезнуть.

На пульте ППК-1 включите тумблеры «РсIIк» и «РсIIIк», нажмите и отпустите на пульте ПЗК кнопку «СБРОС», при этом лампочка «ИСПР.П.  $\Delta H^*$ » должна гореть, а лампочка «Нет резерва» погаснуть.

Аналогичным образом определите погрешность высоты при снятии сигнала исправности второго и третьего подканалов  $\Delta H^*$ . При этом для ввода отказа второго подканала на пульте ППК-1 выключайте тумблеры «РсIк» и «РсIIIк», а для ввода отказа третьего подканала на пульте ППК-1 выключайте тумблеры «РсI» и «РсIIк».

### 2.2.13. Определение погрешности снятия сигнала исправности канала по отклонению от заданной высоты $\Delta H^*$

Убедитесь, что на пульте ППК-1 включены тумблеры «РсІк, РсІк, РсІІк, РдІк, РдІк, РдІІк».

Нажмите и отпустите на пульте ПЗК кнопку «СБРОС».

Установите на пульте ПЗК тумблер «ГОТ Нэ» в положение «РУЧН».

Установите на счетчике пульта ПВМ-1М заданное значение высоты эшелона  $H_{э}=600$  м.

Установите с помощью измерителя ИВД давление  $P_{ст}=707,5$  мм рт.ст., соответствующее абсолютной высоте  $H_{абс}=600$  м. При этом все три указателя УВ-75-15 должны индицировать высоту  $(600\pm 20)$  м.

Введите отказ первого подканала  $\Delta H^*$ .

На пульте ППК-1 выключите тумблеры «РсІІк» и «РсІІІк».

Уменьшайте давление  $P_{ст}$  с помощью измерителя ИВД до момента выпадения бленкера на указателе I УВ-75-15 и погасания на пульте ТС-1 лампочки «ИСПР.І.  $\Delta H^*$ » и загорания лампочки «Нет резерва».

На пульте ППК-1 выключите тумблер «РсІк».

Установите с помощью измерителя ИВД давление  $P_{ст}=707,5$  мм рт.ст.

На пульте ППК-1 включите тумблеры «РсІІк» и «РсІІІк».

Не нажимая кнопки «СБРОС» на пульте ПЗК, введите отказ второго подканала  $\Delta H^*$ , для чего на пульте ППК-1 выключите тумблер «РсІІІк».

Зафиксируйте действительное значение высоты по указателю II УВ-75-15.

Начните с помощью ИВД изменять давление  $P_{ст}$  в сторону больших значений до момента выпадения бленкера на указателе II УВ-75-15 и погасания на пульте ТС-1 лампочки «ИСПР.  $\Delta H^*$ ».

Определите действительное значение высоты  $H_{абс}$  по указателю II УВ-75-15 при снятии сигнала исправности канала  $\Delta H^*$  в момент погасания на пульте ТС-1 лампочки «ИСПР.  $\Delta H^*$ ».

Определите погрешность высоты при снятии сигнала исправности канала  $\Delta H^*$  как разность между действительными значениями высоты по указателю II УВ-75-15, зафиксированными до ввода второго отказа и после ввода второго отказа при снятии сигнала исправности канала  $\Delta H^*$  в момент погасания на пульте ТС-1 лампочки «ИСПР.  $\Delta H^*$ ».

Погрешность не должна превышать предела допускаемой погрешности  $\pm(65-204)$  м.

Установите с помощью ИВД давление  $P_{ст}=707,5$  мм рт.ст., соответствующее высоте  $H_{абс}=600$  м. На пульте ППК-1 включите тумблер «РсІІІк».

Измените с помощью измерителя ИВД давление  $P_{ст}$  до значения, соответствующего высоте, при которой произошел отказ первого подканала. После чего на пульте ППК-1 включите тумблер «РсІк». Бленкеры отказа на всех трех указателях УВ-75-15 должны исчезнуть.

Нажмите и отпустите на пульте ПЗК кнопку «СБРОС», при этом на пульте ТС-1 лампочки «ИСПР.П. ΔН\*» и «ИСПР. ΔН\*» должны гореть, а лампочка «Нет резерва» погаснуть.

#### **2.2.14. Определение погрешностей снятия сигналов исправности подканалов истинной воздушной скорости $V_{ист}$**

Убедитесь, что на пульте ППК-1 включены тумблеры «РсIk, РсIk, РсШк, РдIk, РдШк, РдШк».

Установите с помощью ИВД статическое давление  $P_{ст}=760$  мм рт.ст. и динамическое давление  $P_{д}=92,4$  мм рт.ст., а с помощью магазинов сопротивлений РЗЗ сопротивление  $R_{ТТ}=109,3$  Ом (на трех магазинах сопротивлений РЗЗ с обозначениями I УМС, II УМС и III УМС).

При этом номинальное значение истинной воздушной скорости  $V_{ист}=500$  км/ч и показания узких стрелок всех трех УМС должны быть в диапазоне  $(500\pm 10)$  км/ч.

Нажмите и отпустите на пульте ПЗК кнопку «СБРОС».

Введите отказ первого подканала  $V_{ист}$ .

На пульте ППК-1 выключите тумблеры «РсIk», «РсШк», «РдIk» и РдШк».

Измените динамическое давление  $P_{д}$  с помощью измерителя ИВД в сторону больших значений до момента выпадения бленкера на указателе I УМС, погасания на пульте ТС-1 лампочки «ИСПР.П.  $V_{ист}$ » и загорания лампочки «Нет резерва».

Определите действительное значение истинной воздушной скорости  $V_{ист}$  по указателю I УМС в момент снятия сигнала исправности первого подканала  $V_{ист}$ .

Определите погрешность скорости при снятии сигнала исправности первого подканала  $V_{ист}$  как разность между действительным значением истинной воздушной скорости  $V_{ист}$  в момент снятия сигнала исправности первого подканала  $V_{ист}$  по указателю I УМС и номинальным значением истинной воздушной скорости  $V_{ист}=500$  км/ч.

Погрешность не должна превышать предела допустимой погрешности  $\pm(21-68)$  км/ч.

Установите с помощью ИВД динамическое давление  $P_{д}=92,4$  мм рт.ст.

На пульте ППК-1 включите тумблеры «РсIk, РсIk, РсШк, РдIk, РдШк, РдШк».

Нажмите и отпустите на пульте ПЗК кнопку «СБРОС», при этом на пульте ТС-1 лампочка «ИСПР.П.  $V_{ист}$ » должна загореться, а лампочка «Нет резерва» погаснуть.

Аналогичным образом определите погрешность скорости при снятии сигнала исправности второго и третьего подканалов  $V_{ист}$ .

#### **2.2.15. Определение погрешности снятия сигнала исправности канала истинной воздушной скорости $V_{ист}$**

Убедитесь, что на пульте ППК-1 включены тумблеры «РсIk, РсIk, РсШк, РдIk, РдШк, РдШк».



Установите с помощью ИВД статическое давление  $P_{ст}=760$  мм рт.ст. и динамическое давление  $P_{д}=92,4$  мм рт.ст., а с помощью магазинов сопротивлений Р33 сопротивление  $R_{ТТ}=109,3$  Ом (на трех магазинах сопротивлений Р33 с обозначениями I УМС, II УМС и III УМС).

При этом номинальное значение истинной воздушной скорости  $V_{ист}=500$  км/ч и показания узких стрелок всех трех УМС должны быть в диапазоне  $(500\pm 10)$  км/ч.

Нажмите и отпустите на пульте ПЗК кнопку «СБРОС».

Введите отказ первого подканала  $V_{ист}$ .

На пульте ППК-1 выключите тумблеры «РсIIк», «РсIIIк», «РдIIк» и РдIIIк».

Измените с помощью измерителя ИВД динамическое давление  $P_{д}$  в сторону больших значений до момента выпадения бленкера на указателе I УМС, погасания на пульте ТС-1 лампочки «ИСПР.П.  $V_{ист}$ » и загорания лампочки «Нет резерва».

Установите с помощью ИВД исходные значения статического давления  $P_{ст}=760$  мм рт.ст. и динамического давления  $P_{д}=92,4$  мм рт.ст.

На пульте ППК-1 включите тумблеры «РсIIк», «РсIIIк», «РдIIк» и РдIIIк».

Введите отказ второго подканала  $V_{ист}$ .

На пульте ППК-1 выключите тумблеры «РсIк», «РсIIIк», «РдIк» и РдIIIк».

Измените с помощью измерителя ИВД динамическое давление  $P_{д}$  в сторону меньших значений до момента выпадения бленкера на указателе II УМС и погасания на пульте ТС-1 лампочки «ИСПР.  $V_{ист}$ ».

Зафиксируйте действительное значение истинной воздушной скорости  $V_{ист}$  по указателю II УМС в момент снятия сигнала исправности канала  $V_{ист}$ , (момент выпадения бленкера на указателе II УМС и погасания на пульте ТС-1 лампочки «ИСПР.  $V_{ист}$ »).

Определите погрешность скорости при снятии сигнала исправности канала  $V_{ист}$  как разность между действительным значением истинной воздушной скорости  $V_{ист}$ , зафиксированным по указателю II УВ-75-15 в момент снятия сигнала исправности канала  $V_{ист}$ , и номинальным значением истинной воздушной скорости  $V_{ист}=500$  км/ч.

Погрешность не должна превышать предела допустимой погрешности  $\pm(21-68)$  км/ч.

Установите с помощью ИВД статическое давление  $P_{ст}=760$  мм рт.ст. и динамическое давление  $P_{д}=92,4$  мм рт.ст.

На пульте ППК-1 включите тумблеры «РсIк, РсIIк, РсIIIк, РдIк, РдIIк, РдIIIк».

Нажмите и отпустите на пульте ПЗК кнопку «СБРОС», при этом на пульте ТС-1 должны загореться лампочки «ИСПР.П.  $V_{ист}$ » и «ИСПР  $V_{ист}$ ».

## 2.2.16. Порядок выключения лабораторного стенда

1. На измерителе ИВД открыть краны «Вакуум», «Давление», «Соединительный», «АТМ-В» и «АТМ-Д». Убедитесь, что указатель динамического давления (избыточного) ИВД показывает значение, близкое к

нулю, а указатель статического (абсолютного) давления – значение, близкое к давлению дня.

2. Выключить электропитание лабораторного стенда в обратной последовательности, изложенной в пункте 2.1.2.

### **ВНИМАНИЕ!**

**По окончании лабораторных работ, выключив питание стенда, НЕОБХОДИМО СНЯТЬ ВАКУУМНЫЙ ШЛАНГ С БЛОКА НАСОСОВ во избежание попадания масла в пневматическую систему стенда.**

### **2.3. Требования к отчету**

Отчет по лабораторной работе должен содержать:

1. Функциональную схему СВС-1-72-1-86.
2. Таблицы и параметры, указанные в разделе 2.2.
3. Выводы.

### **2.4. Контрольные вопросы**

1. Объясните принцип попарного сравнения сигналов подканалов на примере схемы канала высоты.
2. Объясните принцип сравнения с кворумированным сигналом на примере канала отклонения от высоты эшелона.
3. Состав ИКВСП-1-1, назначение, принцип действия.
4. Состав КПА-1, назначение блоков и пультов.
5. Методика имитации отказов по каналам скорости, высоты и числа М.

### **2.5. Литература**

1. Авиационные приборы, информационно-измерительные системы и комплексы: учебник для вузов / под ред. В.Г. Воробьева. – М.: Транспорт, 1992.
2. Воробьев В.Г., Константинов В.Д. Надежность и эффективность авиационного оборудования. – М.: Транспорт, 1995.
3. Техническая эксплуатация авиационного оборудования: учебник для вузов / под ред. В.Г. Воробьева. – М.: Транспорт, 1990.
4. Руководство по технической эксплуатации ИКВСП-1-1. 6Г1.482.000.РЭ-ЛУ.
5. Майоров А.В., Янковский Б.Ф. Авиационное оборудование летательных аппаратов: справочник. – М.: Транспорт, 1993.
6. Зыль В.П., Соловьев Ю.С. Информационный комплекс высотно-скоростных параметров ИКВСП-1-1 с контрольно-проверочной аппаратурой КПА-1. – М.: МГТУ ГА, 2007.

### Лабораторная работа №3

#### ИЗУЧЕНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ АВТОПИЛОТА АП-28-Л1

**Целью работы** является закрепление полученных знаний по автопилотам, а также изучение и экспериментальное исследование конкретного автопилота – АП-28-Л1 (АП).

##### 3.1. Описание лабораторной установки

В состав аппаратуры, используемой при экспериментальном исследовании автопилота, входят (рис. 3.1):

- 1) комплект автопилота АП-28-Л1, смонтированный на лабораторном стенде;
- 2) поворотный стол КПА-5, на котором установлены авиагоризонт АГД-1 и гироскоп ГПК-52АП;
- 3) установка УПГ-48 (МПУ-1) с закрепленным на ней блоком датчиков угловых скоростей ДУС-970В;
- 4) установка КПУ-3, обеспечивающая откачку воздуха из корректора высоты КВ-11;
- 5) высотомер ВД-20;
- 6) самописец Н-327/1;
- 7) рабочий пульт.

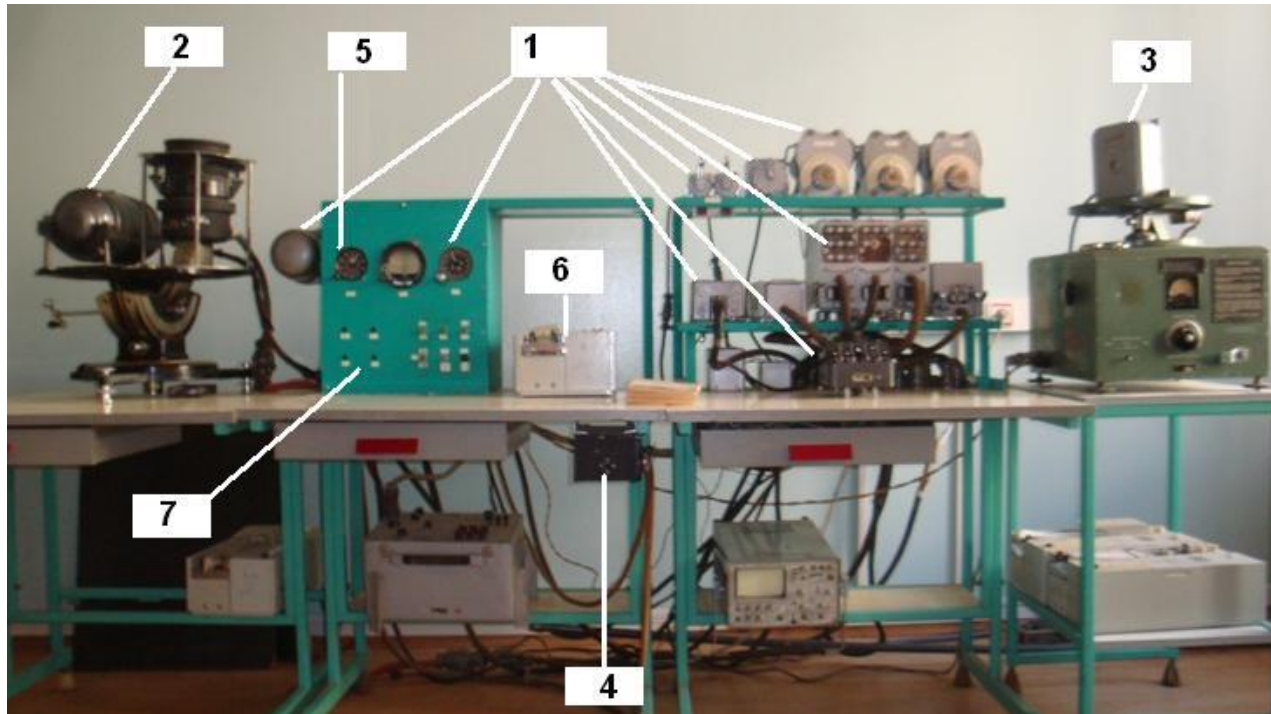


Рис. 3.1. Лабораторная установка для исследования АП-28-Л1

На рабочем пульте размещены:

- выключатель В1 "27В", предназначенный для подачи напряжения постоянного тока 27В в лабораторный стенд;
- выключатель В2 "36В 400Гц", предназначенный для подачи напряжения 36В 400Гц в лабораторный стенд;
- выключатель В3 "115В 400Гц", предназначенный для подачи напряжения 115В 400Гц в лабораторный стенд;
- выключатель В4 "v", предназначенный для отключения сигнала, пропорционального углу тангажа, поступающего с АГД-1 на вход суммирующего магнитного усилителя канала руля высоты;
- клеммы Кл1 и Кл2 "СИГНАЛ МС", предназначенные для снятия сигнала, поступающего с потенциометра механизма согласования канала руля высоты на вход суммирующего магнитного усилителя этого канала;
- клемма Кл3 "δв", предназначенная для снятия сигнала, пропорционального углу поворота вала рулевой машинки канала руля высоты;
- клемма Кл4 "-", предназначенная для подсоединения вилки "-" самописца Н-327/1 к средней точке потенциометра обратной связи рулевой машины, канала руля высоты;
- кнопка Кн1 "СОВМЕЩЕННОЕ УПРАВЛЕНИЕ", предназначенная для включения соответствующего режима работы АП;
- кнопка Кн2 "ОТКЛЮЧЕНИЕ АП", предназначенная для отключения АП.

На рис. 3.2 приведена упрощенная электрическая схема сервопривода канала руля высоты автопилота АП-28-Л1, на которой указаны выключатели и клеммы, используемые при экспериментальном исследовании автопилота.

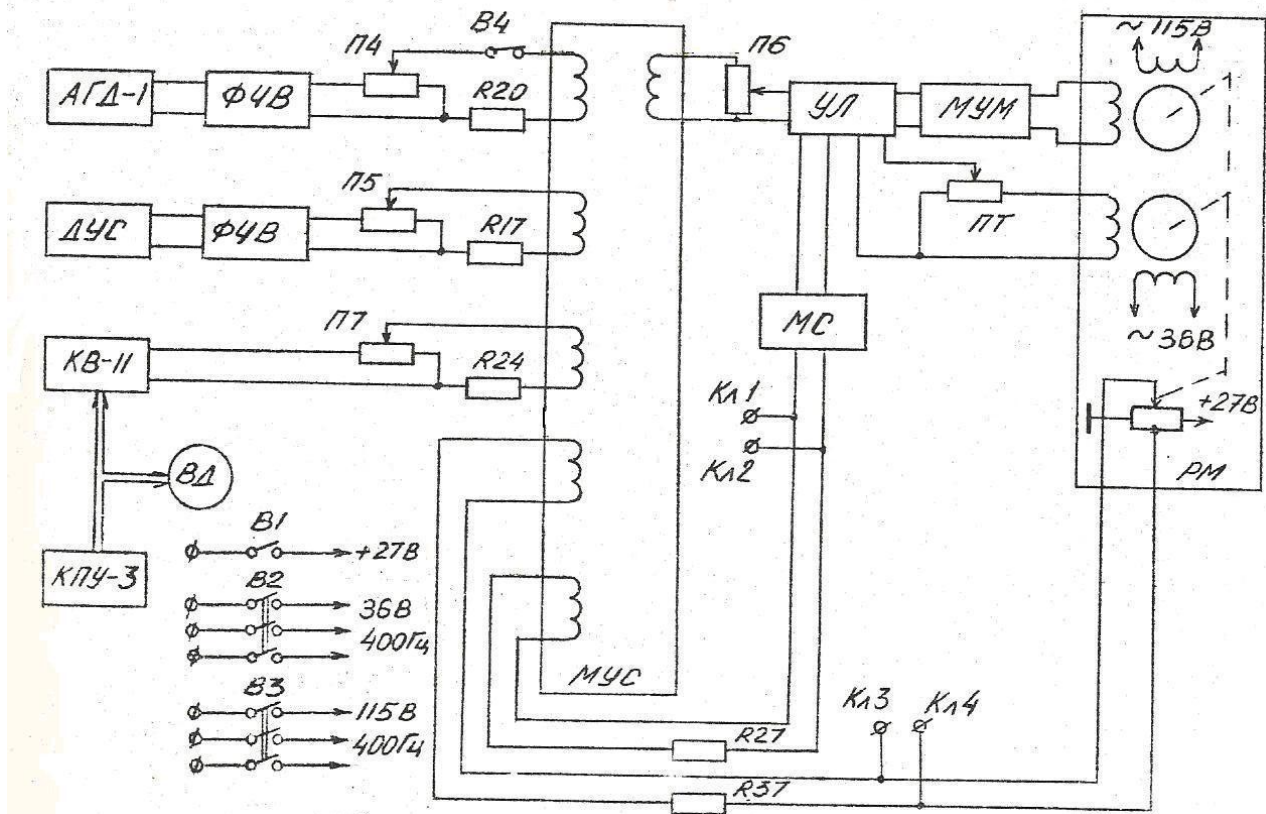


Рис. 3.2. Упрощенная электрическая схема сервопривода канала тангажа автопилота АП-28-Л1 с элементами управления и индикации стенда

## 3.2. Порядок выполнения работы

### 3.2.1. Подготовка автопилота к включению

Перед включением лабораторной установки должно быть выполнено следующее:

- поворотный стол КПА-5, рулевые машины и рычаги датчиков предельных отклонений рулей установить в нулевые положения;

- выключатель В4 "в" устанавливается в положение "ВКЛ.";

- выключатели В1 "27В", В2 "36В 400Гц", "115В 400Гц" устанавливаются в положение "ОТКЛ.";

- на пульте управления АП установить рукоятку "РАЗВОРОТ" в нейтральное положение, выключатели "ПИТАНИЕ" и "АВТОТРИММЕР" в положение "ОТКЛ.", выключатель "ТАНГАЖ" в положение "ВКЛ.", а переключатель "ГИК-ГПК-РАЗВОРОТ" в положение "ГПК";

- в cassette "ТАНГАЖ" агрегата управления установить:

$K_{п4} = K_{п5} = K_{п6} = K_{п7} = 10; K_{п12} = 5;$

- в блоке усилителя рулевых машин установить  $K_{пт} = 10;$

- на самописце Н-327/1 кнопки управления должны соответствовать отключенному состоянию.

### 3.2.2. Определение времени готовности автопилота к включению

1. Выключатели В1 "27В", В2 "36В 400Гц" и В3 "115В 400Гц" установить в положение "ВКЛ.";

2. После включения В3 "115В 400Гц", не менее, чем через 2 минуты одновременно включить секундомер и выключатель "ПИТАНИЕ" пульта управления АП. В момент загорания желтой лампочки "ГОТОВ" пульта управления, фиксирующей окончание режима согласования, остановить секундомер и записать зафиксированное время.

### 3.2.3. Определение углов включения автопилота

При эксперименте определяются максимально возможные углы крена и тангажа, при которых возможно включение автопилота:

а) нажать кнопку "ГОРИЗОНТ" пульта управления, при этом должны загораться зеленые лампочки "КВ" и "ВКЛЮЧЕН";

б) с помощью потенциометров "К" и "Т", расположенных соответственно на левой и правой стенке пульта управления АП, установить валы рулевой машины элеронов (РМЭ) и руля высоты (РМВ) в нулевое положение. Нажать кнопку Кн2 "ОТКЛЮЧЕНИЕ АП", после чего должна загореться желтая лампочка "ГОТОВ" пульта управления АП, а горевшие лампочки "КВ" и "ВКЛЮЧЕН" погаснут;

в) медленно отклонить платформу КПА-5 в направлении пикирования до момента погасания лампочки "ГОТОВ". Записать угол тангажа (угол поворота платформы). Нажать кнопку "ВКЛЮЧЕНИЕ АП". Автопилот не должен включаться. Вернуть платформу КПА-5 в горизонтальное положение. Отклонить платформу КПА-5 в направлении кабрирования до погасания лампочки "ГОТОВ". Записать максимально возможный угол тангажа при кабрировании. Вернуть платформу в горизонтальное положение;

г) повторить эксперимент для случаев установки  $K_{п12}$  в положение  $K_{п12} = 1$  и  $K_{п12} = 10$ ;

д) вернуть платформу КПА-5 в горизонтальное положение, а потенциометр  $K_{п12} = 5$ ;

е) поставить в кассете "Крен"  $K_{п12} = 5$  и провести аналогичный эксперимент для канала элеронов, отклоняя КПА-5 в направлении левого и правого крена. Записать максимально возможные углы включения автопилота при правом и левом крене;

ж) установить платформу КПА-5 в горизонтальное положение.

### 3.2.4. Снятие статических характеристик сервопривода канала руля высоты

#### 3.2.4.1. По углу:

а) установить в кассете "ТАНГАЖ" агрегата управления  $K_{п4} = 5$ ;

б) включить автопилот нажатием кнопки "ВКЛЮЧЕНИЕ АП" на пульте управления АП;

в) отклоняя КПА-5 по тангажу, записать в табл. 3.1 значения углов поворота вала рулевой машины канала руля высоты;

г) установить КПА-5 в нулевое положение.

Повторить эксперимент для случаев установки потенциометра  $K_{п4}$  в положения:  $K_{п4} = 1$ ;  $K_{п4} = 10$ ;

д) установить потенциометр  $K_{п4}=5$ .

### 3.2.4.2. По угловой скорости:

а) установить в кассете "ТАНГАЖ" агрегата управления  $K_{п5} = 5$ ;

б) задавая платформе установки УПГ-48 различные скорости вращения, записать в табл. 3.2 значения углов поворота вала рулевой машины канала руля высоты;

в) установить платформу УПГ-48 в исходное положение;

г) повторить эксперименты для случаев установки потенциометра  $K_{п5}$  в положения:  $K_{п5} = 1$ ;  $K_{п5} = 10$ ;

д) установить потенциометр  $K_{п5} = 5$ .

Таблица 3.1

Значения  $K_{п4}=5$

Параметр	Размерность	Величина				
		1	2	3	4	5
$\psi$	град					
$\delta_{рмв}$	град					

Значения  $K_{п4}=1$

Параметр	Размерность	Величина				
		1	2	3	4	5
$\psi$	град					
$\delta_{рмв}$	град					

Значения  $K_{п4}=10$

Параметр	Размерность	Величина				
		1	2	3	4	5
$\psi$	град					
$\delta_{рмв}$	град					

Таблица 3.2

Значение  $K_{п5}=5$

Параметр	Размерность	Величина				
		1	2	3	4	5
$\dot{\psi}$	град/с					
$\delta_{рмв}$	град					

Значение  $K_{п5}=1$

Параметр	Размерность	Величина				
		1	2	3	4	5
$\dot{\psi}$	град/с					
$\delta_{рмв}$	град					

Значение  $K_{п5}=10$

Параметр	Размерность	Величина				
		1	2	3	4	5
$\dot{\psi}$	град/с					
$\delta_{рмв}$	град					

**3.2.4.3. По высоте:**

- а) установить в кассете "ТАНГАЖ" агрегата управления  $K_{п7} = 5$ ;
- б) произвести с помощью КПУ-3 "ПОДЪЕМ" на высоту  $H_0 = 3000$  м. Контроль "ПОДЪЕМА" на заданную высоту осуществлять по ВД-20;
- в) нажатием кнопки "КВ" на пульте управления АП включить автопилот в режим стабилизации барометрической высоты;
- г) поворотом рукоятки крана КПУ-3 задавать приращение высоты полета и записать в табл. 3.3 значения углов поворота вала рулевой машины канала руля высоты;
- д) отключить режим стабилизации барометрической высоты путем кратковременного нажатия на кнопку "ВКЛЮЧЕНИЕ АП", расположенную на пульте управления автопилота, или кратковременным нажатием на переключатель "СПУСК-ПОДЪЕМ".
- Повторить эксперимент для случаев установки потенциометра  $K_{п7}$  в положения  $K_{п7} = 1$ ;  $K_{п7} = 10$ ;
- е) установить потенциометр  $K_{п7} = 5$ .

Таблица 3.3

Значение  $K_{п7} = 5$ 

Параметр	Размерность	Величина				
$\Delta H$	м	10	20	30	40	50
$\delta_{РМВ}$	град					

Значение  $K_{п7} = 1$ 

Параметр	Размерность	Величина				
$\Delta H$	м	10	20	30	40	50
$\delta_{РМВ}$	град					

Значение  $K_{п7} = 10$ 

Продолжение таблицы 3

Параметр	Размерность	Величина				
$\Delta H$	м	10	20	30	40	50
$\delta_{РМВ}$	град					

**3.2.5. Проверка работы автопилота от переключателей "СПУСК-ПОДЪЕМ":**

- а) отклонить в любую сторону один из переключателей "СПУСК-ПОДЪЕМ" и отпустить его при повороте вала РМВ приблизительно на  $30^\circ$ ;
- б) отклонить переключатель в другую сторону и отпустить его при установке вала РМВ в нулевое положение;
- в) аналогичную проверку провести с другим переключателем.

**3.2.6. Проверка работы автопилота в режиме приведения к горизонту:**

- а) отклонить ручку "РАЗВОРОТ" до 1-го упора в любую сторону. Вал РМЭ должен отклониться;



б) нажать кнопку "ГОРИЗОНТ". Вал РМЭ должен встать в положение, близкое к нулю;

в) установить рукоятку "РАЗВОРОТ" в нулевое положение и нажать кнопку "ВКЛЮЧЕНИЕ АП".

### **3.2.7. Проверка работы автопилота в режиме совмещенного управления:**

а) нажать кнопку "ГОРИЗОНТ";

б) нажать и держать нажатой кнопку Кн1 "СОВМЕЩЕННОЕ УПРАВЛЕНИЕ" на лицевой панели стенда. Должна погаснуть лампочка "КВ" пульта управления. Поочередно, прикладывая усилия к валам рулевых машин, убедиться, что они отключены (валы рулевых машин должны свободно перемещаться);

в) установить валы рулевых машин в нулевое положение;

г) отпустить кнопку "СОВМЕЩЕННОЕ УПРАВЛЕНИЕ". Убедиться, что рулевые машины снова включены.

### **3.2.8. Проверка работы триммерной машины и сигнализации триммирования:**

а) переключатель "АВТОТРИММЕР" на пульте управления АП установить в положение "ВКЛ.";

б) медленно отклонять на кабрирование КПА-5 на угол до  $5^\circ$ . При этом должна начать вращаться звёздочка триммерной машины. Установить КПА-5 в нулевое положение. Повторить проверку, отклоняя КПА-5 на пикирование;

в) отключить автопилот нажатием на кнопку Кн2 "ОТКЛЮЧЕНИЕ АП";

г) обесточить стенд, установив выключатели В1 "27В", В2 "36В 400Гц" и В3 "115В 400Гц" в положение "ОТКЛ."

## **3.3. Требования, предъявляемые к отчету**

Отчет по лабораторной работе должен содержать:

- состав и назначение блоков АП; законы управления АП в канале тангажа; графики статических характеристик  $\delta_{рмв} = f(\vartheta)$ ;  $\delta_{рмв} = f(\dot{\vartheta})$ ;  $\delta_{рмв} = f(\Delta H)$ ;

$\delta_{рмв} = f(\gamma)$ ;  $\delta_{рмв} = f(\Delta \Psi)$ ;

- анализ полученных результатов и выводы.

## **3.4. Вопросы для самопроверки:**

1. Как уменьшить статическую ошибку АП по высоте?

2. Как уменьшить статическую ошибку АП по тангажу?

3. Каким потенциометром можно изменить угол отклонения руля высоты при управлении самолетом от ручки "РАЗВОРОТ"?

4. Проанализируйте по электрической принципиальной схеме выход из строя различных блоков АП.

5. Нарисовать структурную схему сервопривода.

6. Режим согласования в канале тангажа.
7. Режим автоматического триммирования.
8. Режим стабилизации тангажа.

### **3.5. Литература**

1. Кузнецов С.В. Системы автоматического управления полетом: пособие по подготовке к лабораторной работе «Изучение и исследование автопилота АП-28-Л1». – М.: МГТУ ГА, 2010.
2. Автопилот АП-28-Л1. Техническое описание, 1971.
3. Агаджанов П.А., Воробьев В.Г. и др. Автоматизация самолетовождения и управление воздушным движением. – М.: Транспорт, 1980.
4. Зыль В.П., Кузнецов С.В., Демченко А.Г. Электро- и приборное оборудование: пособие по выполнению лабораторной работы «Изучение и исследование автопилота АП-28-Л1». – М.: МГТУ ГА, 2010.

## СОДЕРЖАНИЕ

Лабораторная работа №1. «ИССЛЕДОВАНИЕ ОСНОВНЫХ СВОЙСТВ ГИРОСКОПА».....	3
1.1. Описание лабораторной установки .....	3
1.2. Задание к лабораторной работе.....	4
1.3. Порядок выполнения лабораторной работы.....	5
1.3.1. Поведение гироскопа при разгоне ротора.....	5
1.3.2. Определение направления вектора кинетического момента $H$ и наблюдение характера движения гироскопа в различных случаях.....	6
1.3.3. Определение величины кинетического момента $H$ гироскопа, скорости прецессии и величины момента трения $M_{\text{тру}}$ .....	7
1.4. Требования, предъявляемые к отчету.....	9
1.5. Вопросы для самопроверки.....	9
1.6. Литература.....	9
Лабораторная работа №2. «ИНФОРМАЦИОННЫЙ КОМПЛЕКС ВЫСОТНО-СКОРОСТНЫХ ПАРАМЕТРОВ ИКВСП-1-1 С КОНТРОЛЬНО-ПРОВЕРОЧНОЙ АППАРАТУРОЙ КПА-1».....	10
2.1. Подготовка лабораторного стенда к работе.....	11
2.1.1. Исходное положение органов управления стендом.....	11
2.1.2. Последовательность включения электропитания стенда проверки системы ИКВСП-1-1.....	14
2.1.3. Проверка комплекса с помощью встроенных средств контроля.....	16
2.1.4. Проверка встроенными средствами контроля блоков БС-1М и БФК комплекса.....	18
2.1.5. Проверка БВП-9 встроенными средствами контроля.....	19
2.2. Экспериментальная часть.....	19
2.2.1. Определение погрешностей канала высоты.....	19
2.2.2. Определение погрешности выдачи разовых команд по высоте $H_{\text{абс}}$ .....	21
2.2.3. Определение погрешности указателей УСИМ-1 канала $V_{\text{пр}}$ .....	22
2.2.4. Определение погрешности выдачи разовых команд по каналу $V_{\text{пр}}$ .....	22
2.2.5. Определение погрешности выдачи разового сигнала $V_{\text{крит}}$ .....	24
2.2.6. Определение погрешности канала числа $M$ .....	24
2.2.7. Определение погрешности выдачи разовых сигналов по каналу $M$ .....	25
2.2.8. Определение погрешности канала $V_{\text{ист}}$ .....	26

2.2.9. Определение погрешности канала $T_n$ .....	27
2.2.10. Определение погрешностей снятия сигналов исправности подканалов абсолютной высоты $H_{абс}$ .....	28
2.2.11. Определение погрешности снятия сигнала исправности канала абсолютной высоты $H_{абс}$ .....	29
2.2.12. Определение погрешностей снятия сигналов исправности подканалов по отклонению от заданной высоты $\Delta H^*$ .....	30
2.2.13. Определение погрешности снятия сигнала исправности канала по отклонению от заданной высоты $\Delta H^*$ .....	31
2.2.14. Определение погрешностей снятия сигналов исправности подканалов истинной воздушной скорости $V_{ист}$ .....	32
2.2.15. Определение погрешности снятия сигнала исправности канала истинной воздушной скорости $V_{ист}$ .....	32
2.2.16. Порядок выключения лабораторного стенда.....	33
2.3. Требования к отчету.....	34
2.4. Контрольные вопросы.....	34
2.5. Литература.....	34
Лабораторная работа №3. «ИЗУЧЕНИЕ И ИССЛЕДОВАНИЕ АВТОПИЛОТА АП-28-Л1».....	35
3.1. Описание лабораторной установки.....	35
3.2. Порядок выполнения работы.....	37
3.2.1. Подготовка автопилота к включению.....	37
3.2.2. Определение времени готовности автопилота к включению.....	38
3.2.3. Определение углов включения автопилота.....	38
3.2.4. Снятие статических характеристик сервопривода канала руля высоты.....	38
3.2.4.1. По углу.....	38
3.2.4.2. По угловой скорости.....	39
3.2.4.3. По высоте.....	40
3.2.5. Проверка работы автопилота от переключателей «СПУСК-ПОДЪЕМ».....	40
3.2.6. Проверка работы автопилота в режиме приведения к горизонту.....	40
3.2.7. Проверка работы автопилота в режиме совмещенного управления.....	41
3.2.8. Проверка работы триммерной машины и сигнализации триммирования.....	41
3.3. Требования, предъявляемые к отчету.....	41
3.4. Вопросы для самопроверки.....	41
3.5. Литература.....	42