

Московский государственный технический университет
имени Н.Э. Баумана

Факультет «Информатика и системы управления»
Кафедра «Приборы и системы ориентации,
стабилизации и навигации»

А.В.Быковский, Л.М.Селиванова

**ГИРОСТАБИЛИЗИРОВАННАЯ ПЛАТФОРМА
ИНЕРЦИАЛЬНОЙ НАВИГАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ И-11.**

*Методические указания к выполнению лабораторных работ
по дисциплинам «Инерциальные навигационные системы» и
«Автоматическое управление летательными аппаратами и инерциальные
навигационные системы»*

Москва

(С) 2014 МГТУ им. Н.Э. БАУМАНА

УДК 629.7

Рецензент:

Быковский А.В., Селиванова Л.М.

Гиростабилизированная платформа инерциальной навигационной системы И-11. - М.:МГТУ имени Н.Э. Баумана, 2014. 20 с.

В методических указаниях даны сведения о конструкции, кинематической схеме, принципе действия и технических характеристиках гиростабилизированной платформы ПГ-1В. Приводятся структурные схемы каналов стабилизации и управления гироплатформой, схемы функционирования преобразователя координат и усилителя арретирования. Дано описание конструкции, принципа действия и технические характеристики гироскопа ГПА-20 и датчика акселерометра ДА-1.

Для студентов 4-го и 5-го курсов, обучающихся по специальности «Приборы и системы ориентации, стабилизации и навигации» на факультетах ИУ и ПС. Могут быть также полезны студентам старших курсов при курсовом и дипломном проектировании.

*Рекомендовано учебно-методической комиссией факультета
«Информатика и системы управления» МГТУ им. Н.Э. Баумана*

**Быковский Александр Владимирович
Селиванова Людмила Михайловна**

**ГИРОСТАБИЛИЗИРОВАННАЯ ПЛАТФОРМА
ИНЕРЦИАЛЬНОЙ НАВИГАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ И-11.**

© 2014 МГТУ имени Н.Э. Баумана

Введение.

Инерциальные системы полуаналитического типа, используемые в авиации, предназначены для физического построения на борту летательного аппарата (ЛА) горизонтального сопровождающего трехгранника. Эта задача решается с помощью гиросtabilизированной платформы с интегральной (шулеровской) коррекцией. Углы ориентации ЛА (тангаж и крен) измеряются датчиками углов, установленными по осям карданового подвеса гиросtabilизированной платформы. Стабилизация и управление платформой осуществляется по показаниям чувствительных элементов навигационной системы – гироскопов и акселерометров. В лабораторной работе рассмотрены принципы функционирования, конструкция и технические характеристики гиросtabilизированной платформы ПГ-1В, гироскопа ГПА-20 и акселерометра ДА-1. Представлены основные сведения о режимах стабилизации и управления гиросtabilизированной платформой.

Цель лабораторных работ:

- ознакомление с кинематической схемой и принципом действия гироскопической платформы самолетной инерциальной навигационной системы (ИНС) И-11;
- изучение особенностей функционирования гиросtabilизированной платформы в режимах стабилизации и управления;
- ознакомление с конструкциями гиросtabilизированной платформы ПГ-1В, гироскопа ГПА-20 и акселерометра ДА-1

После выполнения лабораторной работы студенты смогут:

- обосновать принцип построения инерциальных навигационных систем полуаналитического типа с интегральной коррекцией;
- объяснить особенности конструкции трехосного индикаторного стабилизатора, включающего в свой состав два трехстепенных гироскопа;
- проиллюстрировать на лабораторном макете принципы стабилизации и управления гиросtabilизированной платформой
- объяснить особенности конструкции трехстепенного поплавкового астатического гироскопа ГПА-20 и маятникового поплавкового акселерометра ДА-2;

Назначение гиروطформы ИНС И-11

Гиروطформа предназначена для:

- стабилизации осей чувствительности акселерометров по осям горизонтального сопровождающего трехгранника;
- выдачи сигналов, пропорциональных углам отклонения объекта по гироскопическому курсу ψ_r , крену γ и тангажу ϑ .

Кинематическая схема. Принцип действия.

Кинематическая схема гироскопической платформы ПГ-1В показана на рис. 1. ПГ-1В представляет собой четырехрамочную гиросtabilизированную платформу с двумя трехстепенными астатическими гироскопами.

Гиروطформа устанавливается на объекте так, что ось вращения Y_n наружной рамы карданового подвеса 1, называемой рамой наружного крена, параллельна продольной оси самолета X_c , то есть оси крена; ось вращения X рамы 2, называемой тангажной, перпендикулярна оси Y_n ; ось вращения рамы внутреннего крена 3 параллельна оси Y_n рамы наружного крена, а ось вращения Z рамы курса 4 перпендикулярна осям X и Y . Углы поворота рам наружного крена и курса не ограничены. Углы поворота рам внутреннего крена и тангажа ограничены до 14° и 110° соответственно упорами, устанавливаемыми на тангажной раме и раме наружного крена.

На раме курса 4 (собственно стабилизированной платформе) закреплены три датчика акселерометров ДА-1 с ортогональными осями чувствительности – A_x , A_y , A_z и два гироскопа ГПА-20 – М1, М2. Акселерометры A_x и A_y с горизонтальными осями чувствительности используются для решения навигационной задачи, т.е. для определения составляющих путевой скорости и координат местоположения, а акселерометр A_z служит только для выдачи сигналов, пропорциональных вертикальному ускорению.

Гироскопы являются чувствительными элементами систем стабилизации платформы по трем осям. Гироскоп М1, оси прецессии которого параллельны осям X и Z , а вектор кинетического момента H_1 ориентирован по оси Y , называется условно "северным". Гироскоп М2 с осями прецессии, параллельными осям Y и Z , и ориентацией вектора кинетического момента H_2 по оси x называют "восточным".

Исполнительными элементами систем стабилизации платформы являются двигатели

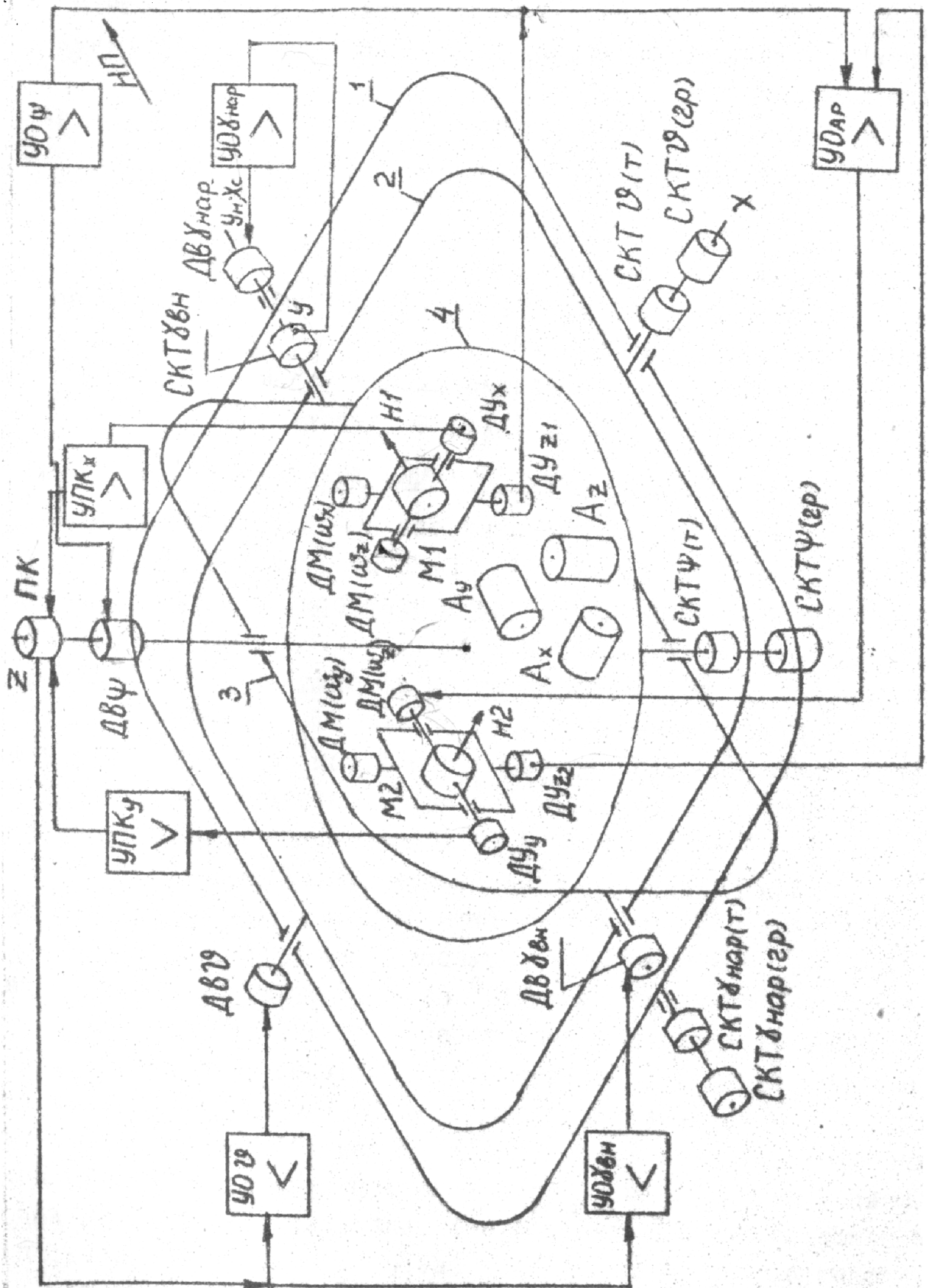


Рис.1. Кинематическая схема гироскопической платформы ПГ-1В

($Dв_{\gamma_{вн}}$, $Dв_{\vartheta}$, $Dв_{\psi}$), установленные на осях вращения рам внутреннего крена, тангажа и курса соответственно. Усилители систем стабилизации всех трех каналов расположены в специальном вычислительно-усилительном блоке, входящем в комплекс И-11.

В соответствии с используемым типом гироскопа ПГ-1В является гиросtabilизатором индикаторного типа. Принцип действия всех трех каналов стабилизации одинаков, поэтому рассмотрим его на примере канала курса. В работе каналов стабилизации можно выделить два режима: режим стабилизации и режим управления. В режиме стабилизации любое отклонение платформы под действием возмущающих моментов M_Z^B относительно оси Z приводит к рассогласованию датчика угла DU_{Z1} , установленного на наружной оси карданова подвеса гироскопа М1, так как трехстепенный астатический гироскоп в соответствии с основным свойством сохраняет неизменным направление вектора HI в пространстве. Выходной сигнал с DU_{Z1} через усилитель отработки канала курса (УО ψ) поступает на обмотку управления двигателя $Dв_{\psi}$, который разворачивает платформу вокруг оси Z до обнуления выходного сигнала с DU_{Z1} .

В режиме управления на моментный датчик ДМ(ω_Z), установленный на внутренней оси карданова подвеса гироскопа М1, непрерывно поступает электрический сигнал, пропорциональный заданной абсолютной угловой скорости вращения опорной системы координат вокруг оси Z .

Под действием момента, создаваемого ДМ (ω_Z), гироскоп М1 прецессирует вокруг оси своей наружной рамки, возникает рассогласование датчика угла DU_{Z1} , выходной сигнал с которого через усилитель УО ψ поступает на двигатель $Dв_{\psi}$, разворачивающий платформу вокруг оси Z с требуемой скоростью (в установившемся режиме).

Для обеспечения стабилизации и управления относительно осей X и Y при любых значениях угла ψ_r используется преобразователь координат ПК, осуществляющий синусно-косинусное преобразование выходных сигналов датчиков углов DU_X и DU_Y гироскопов М1 и М2 при изменении ориентации осей карданова подвеса платформы X и Y относительно стабилизированной платформы с гироскопами.

Более точно ПК можно определить как преобразователь сигналов датчиков углов между координатными системами. А именно, между системой координат, связанной с рамой курса 4, на которой установлены гироскопы с DU_X и DU_Y , и системой координат, связанной с рамами карданова подвеса, на котором установлены двигатели $Dв_{\vartheta}$ и $Dв_{\gamma_{вн}}$.

Преобразование осуществляется через синус и косинус гироскопического курса – угла поворота рамы курса ψ относительно карданового подвеса (корпуса гироплатформы). Преобразователь координат представляет собой синусно-косинусный трансформатор, статор которого укреплен на стабилизированной платформе, а ротор связан с рамой внутреннего крена зубчатой передачей с передаточным отношением 1:1. Преобразованные сигналы с ПК через усилители отработки $УО_{\psi}$ и $УО_{\gamma_{вн}}$ попадают на двигатели стабилизации $Дв_{\psi}$ и $Дв_{\gamma_{вн}}$, установленные на соответствующих осях карданова подвеса.

Структурные схемы каналов стабилизации по осям ψ , ϑ и $\gamma_{вн}$ представлены на рис. 2 и 3, где $УПК_X$, $УПК_Y$ — усилители преобразователя координат, ГСП - гиросtabilizированная платформа.

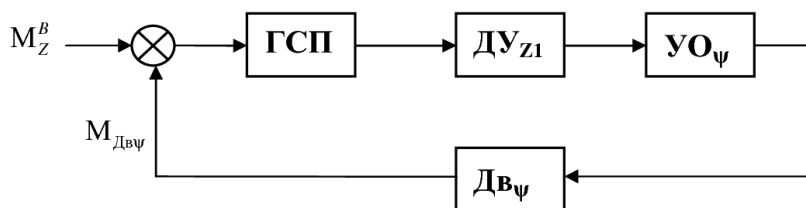


Рис.2 Структурная схема канала стабилизации по оси ψ

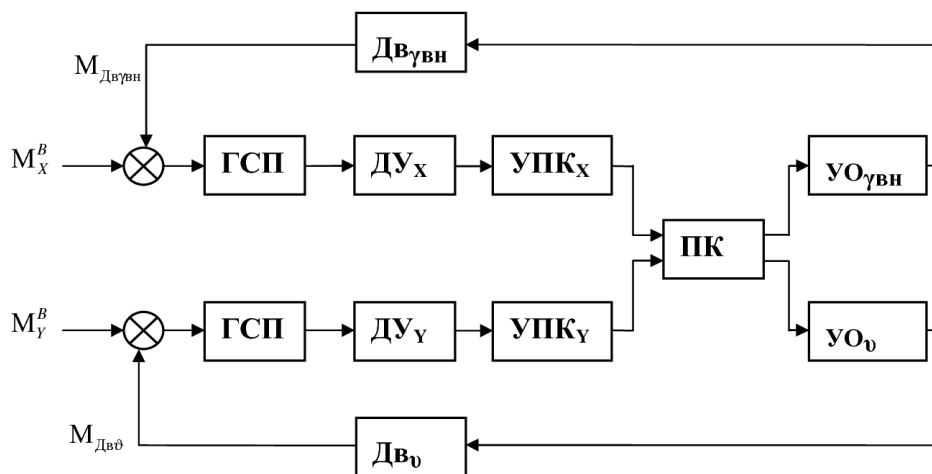


Рис.3 Структурные схемы каналов стабилизации по осям ϑ и $\gamma_{вн}$

Два трехстепенных гироскопа M_1 , M_2 в сумме обладают четырьмя осями чувствительности, что является избыточным для трехосного гиросtabilizатора. Избыточность в канале курса используется для обеспечения перпендикулярности осей кинетических моментов гироскопов.

Для этого в ПГ-1В предусмотрена цепь электрического арретирования, структурная схема которой представлена на рис. 4. На вход усилителя арретирования $УО_{Ар}$ подаются выходные сигналы с датчиков угла $ДУ_{Z2}$, и $ДУ_{Z1}$ гироскопов M_2 и M_1 . При наличии

рассогласования выходной сигнал с $УО_{АР}$ поступает на датчик момента $ДМ(\omega_z)$, установленный на внутренней оси гироскопа $M2$, и гироскоп $M2$ прецессирует вокруг азимутальной оси, устраняя рассогласование. При этом перпендикулярность осей кинетических моментов обеспечивается даже при неточной работе системы стабилизации по оси курса.

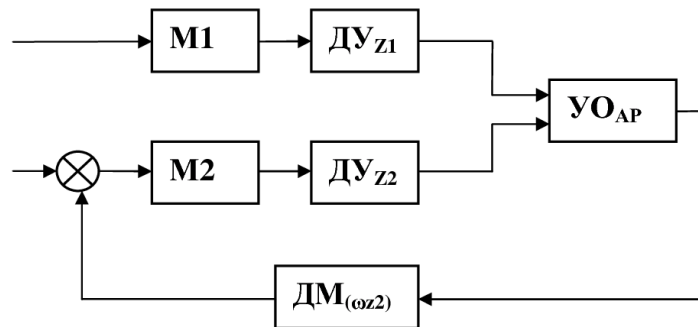


Рис. 4 Структурная схема электрического арретирования кинетических моментов гироскопов.

Применение дополнительной рамы – рамы наружного крена – в подвесе ПГ-IV обеспечивает работоспособность платформы при любых эволюциях самолета, исключая возможность "сложения рам", т.е. совмещения осей X и Z . Следящая система канала наружного крена, предназначенная для поддержания перпендикулярности осей X и Z , включает в себя (рис. 5) датчик угла $СКТ_{\gamma_{ВН}}$ (чувствительный элемент), усилитель $УО_{\gamma_{НАР}}$ и $ДВ_{\gamma_{НАР}}$ (исполнительный элемент).

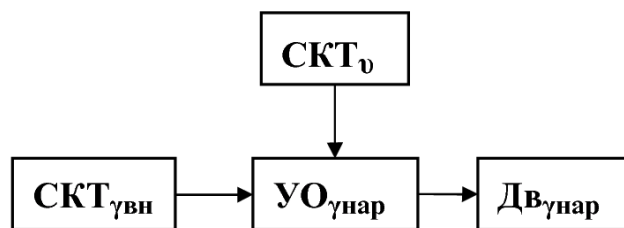


Рис. 5 Следящая система канала наружного крена

Статор $СКТ_{\gamma_{ВН}}$ жестко связан с рамой тангажа, а ротор – с рамой внутреннего крена, так что выходной сигнал пропорционален углу $\gamma_{ВН}$ отклонения от перпендикулярности осей X и Z . Для сохранения динамических характеристик следящей системы в усилителе $УО_{\gamma_{НАР}}$ предусмотрена автоматическая регулировка коэффициента усиления по закону $1/\cos \vartheta$, так как при увеличении угла тангажа ϑ при одном и том же $\gamma_{ВН}$ требуется больший угол отработки $\gamma_{НАР}$. Сигнал, пропорциональный ϑ , поступает на $УО_{\gamma_{НАР}}$ с

СКТ_ϑ. Если объект выполняет маневр типа "петля", то при переходе угла тангажа через значение $\vartheta = 90^\circ$ рама наружного крена автоматически разворачивается на 180° , что обеспечивает правильность отсчета углов курса и крена. Ускоренный поворот рамы обеспечивается введением в закон управления $D\gamma_{\text{НАР}}$ сигнала по производной от угла $\gamma_{\text{НАР}}$. Во всех трех каналах стабилизации. (ψ_r , ϑ , $\gamma_{\text{ВН}}$) и в следящей системе канала наружного крена $\gamma_{\text{НАР}}$ с целью увеличения вращающего момента и устранения люфта в редукторе используются по два исполнительных двигателя.

Информация об углах поворота объекта снимается с грубых и точных синусно-косинусных трансформаторов (СКТ), установленных на соответствующих осях карданова подвеса ПГ-1В.

С целью создания необходимых температурных условий для работы элементов гироплатформы в ПГ-1В предусмотрена система термостатирования, состоящая из четырех каналов: канала термостатирования гироскопа М1, канала термостатирования гироскопа М2, канала термостатирования корпуса и кожуха, канала форсированного обогрева корпуса и кожуха. Основными элементами первых трех каналов являются термодатчик (ТД), усилитель термостатирования (УТ), блок диодов-тиристоров (БД) и нагревательный элемент.

Работа системы термостатирования состоит в следующем. Сигналы термодатчиков после усиления в УТ управляют тиристорами блока диодов: при температуре ниже требуемой (большой сигнал ТД) тиристор открыт, при температуре равной или выше требуемой (малый сигнал ТД) - закрыт. Включение и выключение нагревательных элементов, питание которых осуществляется через тиристоры, происходит одновременно с изменением состояния тиристора.

Для уменьшения времени обогрева на корпусе и кожухе платформы установлены дополнительные нагревательные элементы, работающие ограниченное время. Эти нагревательные элементы, называемые форсированными, отключаются по команде с усилителя термостатирования при достижении корпусом температуры $+46 \pm 4^\circ\text{C}$.

Для обеспечения требуемой точности измерения ускорений предусмотрен обогрев акселерометров. Нагревательные элементы этих приборов входят в группу элементов канала гироскопа М1 и отключаются при нагреве этого гироскопа до рабочей температуры.

Термодатчиками системы термостатирования являются термочувствительные мосты, два плеча которых (медное и константановое сопротивления) находятся на

обогреваемом узле, а два других (обычные сопротивления) - в усилителе термостатирования, расположенном в вычислительно-усилительном блоке ВУБ-2В вне ПГ-1В.

При требуемой температуре мост сбалансирован и сигнал на выходе усилителя равен нулю; при температуре, не равной требуемой, равновесие моста нарушается и в усилитель поступает сигнал, пропорциональный отклонению температуры узла от требуемой.

Создание равномерного температурного поля внутри гиروطформы достигается установкой в ней вентилятора. Конструкция кожуха ПГ-1В предусматривает обдув платформы от воздушной сети самолета.

Конструкция гиروطформы ПГ-1В

При изучении конструкции гиروطформы следует использовать ПГ-1Г со съемным кожухом и обозначенными элементами конструкции.

В ПГ-1В выделяют следующие основные конструктивные узлы: основание (рама курса); рама наружного крена; кожух; общая сборка с узлом амортизации.

Узел основания (рамы курса) состоит из верхнего основания, нижнего фланца и соединительных деталей. Верхнее основание и нижний фланец установлены на внутренней оси центрального коллектора и закреплены гайками. Внутренняя ось подвешена в наружной оси центрального коллектора, закрепленной на фланце рамы внутреннего крена, на четырех шарикоподшипниках, обеспечивающих вращение рамы курса относительно рамы внутреннего крена.

Узел центрального коллектора (на макете не виден) предназначен для осуществления электрической связи между рамами курса и внутреннего крена и состоит из 64 колец, смонтированных на внутренней оси, и трех блоков щеток, закрепленных под углом 120° друг к другу на фланце. Для предохранения колец и щеток от повреждения узел коллектора закрыт щитками.

На внешней стороне верхнего основания установлен гироскоп ГПА-20 (М1) и наклеены два отопителя, на внутренней - три датчика акселерометра ДА-1, плата с двумя двигателями ДМ-0,4 (двигателями разгрузки по курсу) и редукторами с передаточным отношением $i=100$, усилитель преобразователя координат УПК и плата с тремя СКТ.

Два датчика типа СКТ-225-2Д используются в качестве преобразователя координат (ПК) и датчика грубого отсчета угла курса, а третий, типа СКТ-220-1Д, - в качестве датчика точного отсчета угла Ψ_r . Статоры всех СКТ связаны с рамой курса, а роторы – зубчатой передачей с рамой внутреннего крена с передаточным отношением $i=1$ для СКТ-225-2Д и $i=32$ для СКТ-220-1Д.

На нижнем фланце основания установлен второй гироскоп ГПА-20 (М2).

Датчики акселерометров ДА-1 и гироскопы ГПА-20 выставляются с требуемой точностью по базовым поверхностям, которые имеются на верхнем основании и нижнем фланце.

Узел основания (рамы крена) смонтирован в узле рамы наружного крена.

Узел рамы наружного крена (карданова подвеса) включает в себя рамы внутреннего крена, тангажа и наружного крена.

Рама внутреннего крена подвешена в раме тангажа на двух шарикоподшипниках, размещенных в ее фланцах. На оси подвеса рамы внутреннего крена закреплен статор датчика угла $\gamma_{вн}$ -СКТ-265Д, ротор которого установлен на раме тангажа. На этой же раме установлены два двигателя ДМ-0,4 (двигатели разгрузки по внутреннему крену) с редукторами ($i=100$), выходные трибки которых 10 введены в зацепление с зубчатым колесом рамы внутреннего крена. Угол поворота рамы внутреннего крена ограничен до 14° упорами, закрепленными на раме тангажа. Для электрической связи рам внутреннего крена и тангажа используются гибкие жгуты, имеющие благодаря специальной распайке очень малый момент тяжения.

Рама тангажа подвешена в раме наружного крена на четырех шарикоподшипниках, размещенных во фланцах. Угол поворота рамы тангажа ограничен до 110° упорами, установленными на раме наружного крена. На приливах рамы наружного крена укреплены два двигателя ДМ-0,4 (двигатели разгрузки по тангажу) с редукторами ($i=100$). Выходные трибки редукторов введены в зацепление с шестернями тангажной рамы. Во фланцах рамы наружного крена установлены роторы датчиков угла тангажа СКТ-265Д ("грубый отсчет") и СКТ 646 5Д ("точный отсчет") и коллекторы, необходимые для электрической связи между рамами тангажа и наружного крена. Статоры СКТ – датчиков угла тангажа установлены на раме тангажа.

Рама наружного крена подвешена в корпусе гироплатформы на четырех шарикоподшипниках, смонтированных во фланцах. Электрическая связь между рамой наружного крена и корпусом обеспечивается двумя коллекторами, выполненными в

виде отдельных узлов, имеющих по 42 кольца каждый. На раме наружного крана имеются также катушки термодатчика.

Узел кожуха предназначен для обеспечения герметизации платформы и подачи охлаждающего воздуха. Он состоит из наружного кожуха, внутреннего кожуха и накладки. Оба кожуха крепятся к накладке винтами и приклеены клеем К-400, что обеспечивает достаточную механическую прочность и герметичность. Кроме того, кожухи в нескольких местах соединены между собой заклепками. В зазорах между кожухами установлены направляющие, по которым воздух, поступающий через штуцер, проходит с двух сторон платформы и выходит наружу через сетчатое отверстие. На внутренней поверхности кожуха приклеены 12 плоских утеплителей. Вентилятор смонтирован на кронштейне, который прикреплен к стенке внутреннего кожуха. Электропитание к элементам, расположенным на кожухе, подводится через разъем РПММ-1-8.

Общая оборка с узлом амортизации включает в себя: узел корпуса с установленными на нем деталями и элементами; узел рамы наружного крана с установленным в нем узлом основания; узел кожуха; два теплоизоляционных кожуха и узел амортизации.

Узел корпуса содержит следующие конструктивные элементы.

Во фланцах корпуса на двух шарикоподшипниках подвешен узел рамы наружного крана. На левом фланце установлены два двигателя ДМ-1 (двигатели отработки по наружному крану) с редукторами, имеющими передаточное число $i=150$. Выходные трибки редукторов находятся в зацеплении с шестерней рамы наружного крана. В узлах подвеса наружной рамы установлены датчики угла $\gamma_{\text{НАР}}$: СКТ-265Д ("грубый отсчет") и СКТ-645 5Д ("точный отсчет"). На боковых стенках корпуса наклеены десять утеплителей.

На корпусе также расположены: кронштейн с разъемом для подключения жгута, идущего от кожуха; два гермоввода, к которым припаяны два жгута длиной 800 мм с разъемами типа 2РМ. Гермовводы и жгуты закрыты дополнительным кожухом, который через прокладку крепится к пластине, установленной на корпусе.

Защита платформы от резких колебаний температуры окружающего воздуха обеспечивается двумя теплоизоляционными кожухами, состоящими из двух слоев прочной защитной ткани, между которыми помещен поролон толщиной 20 мм.

Собранная платформа подвешена в узле амортизации, состоящем из:

рамы; четырех кронштейнов, посредством которых узел амортизации крепится к корпусу; амортизаторов типа АП; болтов специальной конструкции для обеспечения регулировки положения платформы в горизонте и крепления ее к объекту. На раме амортизации установлены четыре неподвижные втулки, обеспечивающие горизонтальное положение платформы на объекте, и две втулки с отверстием 8 мм, обеспечивающие выставку гиropлатформы вдоль продольной оси самолета.

Гироскоп ГПА-20

При изучении принципиальной схемы и конструкции гироскопа ГПА-20 рекомендуется использовать демонстрационный стенд "Гироблок ГПА-20" и плакат.

ГПА-20 представляет собой трехстепенный астатический поплавковый гироскоп. Принцип действия его основан на свойствах трехстепенного астатического гироскопа сохранять при отсутствии внешних моментов неизменное направление вектора кинетического момента и прецессировать при наложении внешних моментов.

Гироскоп ГПА-20 состоит из следующих основных конструктивных узлов: гиpоузла с кардановым кольцом, корпуса, кожуха.

Гиpоузел представляет собой герметичную сферу – поплавков, в котором на шарикоподшипниках установлен гиpомотор синхронный гистерезисный ГМС-1Б. С целью уменьшения вентиляционных моментов и обеспечения теплоотвода поплавков заполняется смесью водорода с гелием. На поплавке с каждой стороны укреплены кронштейны с рамками двух датчиков угла (ДУ) и двух датчиков момента (ДМ). Статоры ДУ и ДМ размещены в корпусе гиpоблока.

Датчики угла ДУ2-ДУ4, ДУ1-ДУ3 предназначены для выдачи сигналов, пропорциональных углам отклонения гиpоузла относительно корпуса по двум осям (горизонтальной и вертикальной). В ГПА-20 применены индукционные ДУ трансформаторного типа. Сигнальные обмотки пары датчиков для увеличения крутизны характеристики соединены последовательно, катушки возбуждения всех четырех датчиков соединены параллельно.

В состав ДУ входят: статор, пакет магнитопровода, две катушки возбуждения и рамка, состоящая из двух последовательно соединенных чечевицевидных катушек. Сигнал, пропорциональный углу отклонения гиpоузла, возникает за счет изменения потокосцепления встречно включенных катушек.

Датчики момента ДМ1-ДМ2 и ДМ3-ДМ4 предназначены для наложения моментов управления, вызывающих необходимое изменение положения гиpоузла в

пространстве, и моментов, компенсирующих систематическую составляющую скорости дрейфа. В ГПА-20 применены магнитоэлектрические ДМ. Момент создается в результате взаимодействия постоянного тока, протекающего по рамке, с полем постоянного магнита. Статор ДМ состоит из магнитопровода и постоянного магнита с башмаком. Обмотки датчиков, установленных по одной оси, соединены параллельно. Для регулировки крутизны ДМ и компенсации перекрестного влияния обмоток в схему включены резисторы, плата о которых закреплена на обойме кожуха гироблока.

На поплавке также укреплены балансировочные устройства для балансировки гиروزла в окончательно собранном приборе.

Гиروزел с помощью двух камневых опор, состоящих из цапфы и подшипника скольжения, устанавливается в кардановом кольце, которое, в свою очередь, при помощи второй пары камневых опор закрепляется в корпусе гироблока.

Корпус гироблока, состоящий из двух частей, в средней части имеет сферическую внутреннюю поверхность, в которой центрируется гиروزел. В торцах корпуса установлены статоры ДУ и ДМ.

Корпус ГПА-20 закрывается кожухом, состоящим из обоймы и двух крышек с смонтированными сильфонами.

Гироскоп через трубки, впаянные в крышки, заполняется жидкостью Б1-П, после чего трубки запаиваются. Гиروزел оказывается взвешенным в жидкости при температуре $+70...+75^{\circ}\text{C}$.

Для поддержания постоянной температуры в ГПА-20 служит система термостатирования. Чувствительным элементом системы является термодатчик, выполненный по мостовой схеме, два одинаковых плеча которого (сопротивления из константана и меди) расположены в гироскопе, а два других – в усилителе. Исполнительным элементом системы обогрева являются два обогревателя, наклеенных на кожухе гироблока. При изменении температуры жидкости меняется сопротивление резисторов термодатчика, установленных внутри гироблока, равновесие моста нарушается и сигнал с него поступает на усилитель термостатирования, расположенный вне гироплатформы, и далее на обогреватели. Мост отрегулирован так, что его равновесие наступает при рабочей температуре прибора (температура балансировки гиروزла).

Основные технические характеристики ГПА-20 приведены на демонстрационном стенде.

Датчик акселерометра ДА-1

При изучении принципа действия и конструкции ДА-1 используется демонстрационный стенд.

Датчик акселерометра предназначен для измерения линейных ускорений, действующих вдоль его оси чувствительности. Датчик акселерометра ДА-1 и усилитель датчика УДА-1 составляют компенсационный маятниковый поплавковый акселерометр.

Основными элементами ДА-1 являются: маятник (поплавок), датчик угла (два), датчик момента (два), заполняющая жидкость, корпус прибора.

Чувствительным элементом прибора является поплавок, взвешенный в жидкости для уменьшения сил трения в осях подвеса. Центр тяжести поплавок находится ниже оси подвеса, поэтому поплавок имеет маятниковость. При действии ускорения вдоль оси чувствительности, перпендикулярной плоскости, проходящей через ось подвеса и центр масс поплавок, возникает инерционный момент относительно оси подвеса. Под действием этого момента поплавок отклоняется от своего первоначального положения, что вызывает появление сигнала датчика угла. Этот сигнал поступает на усилитель датчика акселерометра, который питает обмотки датчиков момента. Ток, протекающий по обмоткам датчиков момента, взаимодействует с полем постоянных магнитов и создает момент, компенсирующий действие инерционного момента. При равновесии этих моментов ток, протекающий по обмоткам датчиков момента и нагрузочному сопротивлению, пропорционален действующему ускорению, а падение напряжения на нагрузке является мерой этого ускорения. Направление тока в обмотках датчиков момента зависит от направления измеряемого ускорения.

Наличие жидкостного демпфирования в датчике и корректирующих цепей в усилителе позволяет получить требуемые динамические характеристики в заданном диапазоне частот.

Для сведения к минимуму погрешностей от перекрестных ускорений, связанных с отклонением маятника, датчик с усилителем работают в замкнутой системе с высоким коэффициентом усиления в цепи обратной связи.

Поплавок ДА-1 имеет форму параллелепипеда. Он взвешен в тяжелой жидкости БЛП. При рабочей температуре $+67^{\circ}\text{C}$ он имеет нулевую плавучесть, чем достигается уменьшение трения в опорах. Цапфы поплавок имеют диаметр 0,3 мм. В качестве подшипников использованы часовые и рубиновые камни. Радиальный люфт

в опорах $5\div 8$ мкм, осевой – $22\div 25$ мкм. Магнитная экранировка прибора обеспечивается изготовлением корпуса и крышки из сплава 36 КНМ.

Датчиками угла в ДА-1 служат два индукционных датчика угла трансформаторного типа, состоящие из статора и якоря. Якорные катушки размещены на поплавке и соединены последовательно, что позволяет получить датчик акселерометра, не чувствительный к перемещениям поплавка, обусловленным радиальным и осевым люфтами. Статор датчика угла может перемещаться относительно якорных катушек по направляющим стойкам при помощи микрометрических винтов, что обеспечивает регулировку нулевого сигнала датчика угла.

Катушки датчика момента, закрепленные на поплавке, находятся в поле постоянных магнитов. Выводы катушек соединены с гермовводами через медные токоподводы.

Изменение объема жидкости в зависимости от температуры компенсируется сильфоном. Время готовности прибора сокращается применением обогревателей. На корпусе установлена печатная плата с резисторами, необходимыми для регулировки крутизны выходной характеристики и температурной компенсации.

Основные технические характеристики ДА-1 приведены на демонстрационном стенде.

Основные технические характеристики ПГ-1В

Скорость дрейфа гиropлатформы на неподвижном основании:

- систематическая составляющая по каждой оси ≤ 2 град/ч,
- изменение систематической составляющей от запуска к запуску относительно осей крена и тангажа $\leq 0,2$ град/ч,
оси курса $\leq 0,5$ град/ч,
- среднеквадратическое значение (σ) в одном запуске относительно осей крена и тангажа $\leq 0,03$ град/ч,
оси курса $\leq 0,1$ град/ч.

Предельные скорости отработки рам:

- по курсу 45 ± 5 град/с,
- по тангажу 20 град/с,
- по крену 90 град/с.

Ошибка следящей системы арретирования гироскопов в азимуте ≤ 3 угл.мин.

Габариты 492x386x330 мм.

Масса ≤ 25 кг.

Источники электропитания:

- гиromоторов трехфазный, 3 ~ 375 Гц, 36 В,
- возбуждение датчиков угла гироскопов, акселерометров, СКТ $\gamma_{ВН}$ ~ 15 В 4500 Гц,
- возбуждение двигателей отработки трехфазный, 3 ~ 400 Гц, 36 В,
- возбуждение СКТ ψ , СКТ ϑ , СКТ $\gamma_{НАР}$ трехфазный, 3 ~ 400 Гц, 36 В,
- цепей обогрева, вентилятора- ~ 400 Гц, 115 В от генератора трехфазного напряжения 3 400 Гц, 208 В с нулевой точкой,
- УПК - 8 ± 9 В.

ГПА-20 (дополнительно к стенду):

- крутизна ДМ 15 град/ч /мА ,
- нулевой сигнал ДУ ≤ 20 мВ,
- крутизна характеристики ДУ $2,16 \pm 0,2$ В/град.

Двигатели отработки.

Для отработки рам карданова подвеса в ПГ-1В применены двухфазные асинхронные теплостойкие двигатели двух типов: два ДМ-1 и шесть ДМ-0,4, технические характеристики которых приведены в табл. 1.

Таблица 1

Параметры	Размерность	Тип двигателя	
		ДМ-1	ДМ-0,4
Напряжение питания обмоток:			
возбуждения	В	36	36
управления(тах)	В	30	30
Частота	Гц	400	400
Сопротивление обмоток:			
возбуждения 1-3	Ом	58±8	120±17
управления 2-4, 5-6	Ом	15±3	40±7
Скорость холостого хода	об/мин	5500	6000
Номинальная мощность	Вт	1	0,4
Пусковой момент	Н·м	не менее 0,005	не менее 0,002
Пусковой ток:			
возбуждения	мА	240	125
управления	мА	290	150
Напряжение трогания	В	2	2

Технические характеристики СКТ, используемых в ПГ-1В, приведены в табл. 2.

Таблица 2.

Параметры	Тип СКТ			
	СКТ-225-1Д класс 0,2	СКТ-220Д класс 0,2	СКТ-265Д класс 0,2	СКТ-6465Д класс 0,2
Напряжение питания, В	12	36	36	36
Частота питания, Гц	400	400	400	400
Максимальное выходное напряжение, В	12	8,5	3	8,5
Потребляемый ток, мА	30	21	45	170
Крутизна выходного напряжения, мВ/мин	5	2,2	1	74,5

Содержание отчета

Кинематическая схема ПГ-1В (см. рис. 1).

Структурные схемы каналов стабилизации

Основные технические характеристики ПГ-1В, ГПА-20, ДА-1.

Контрольные вопросы

1. Как работает канал стабилизации ПГ-1В (ψ , ϑ , $\gamma_{вн}$) (по указанию преподавателя)?

Показать функциональные связи по схеме рис. 1 и конструктивное исполнение элементов канала на демонстрационных стендах.

2. С какой целью в ПГ-1В применена дополнительная рама наружного крена?

Проследить работу следящей системы рамы наружного крена по схеме рис.1 и указать входящие в нее элементы на демонстрационной платформе.

3. Каково назначение следящей системы "арретирования" гироскопов в ПГ-1В?

Какие каналы включает система термостатирования ПГ-1В? Каков принцип их работы?

Показать элементы системы термостатирования на демонстрационных стендах.

Рекомендуемая литература

1. Инерциальная система И-11. Руководство по технической эксплуатации.6В1.623.055 РЭ: 1975 г.

2. П.В. Бромберг. Теория инерциальных систем навигации. – М.:Наука, 1979, –296с.

3. Селезнев В.П. Навигационные устройства. Учебное пособие М. «Машиностроение»

Оглавление

Введение	3
Кинематическая схема. Принцип действия	4
Конструкция гироскопа ПГ-1В	10
Гироскоп ГПА-20	13
Датчик акселерометра ДА-1	15
Основные технические характеристики ПГ-1В	
Содержание отчета	19
Контрольные вопросы	19
Рекомендуемая литература	19