

МИНИСТЕРСТВО ВЫСШЕГО И СРЕДНЕГО СПЕЦИАЛЬНОГО  
ОБРАЗОВАНИЯ РСФСР

КУЙБЫШЕВСКИЙ ОРДЕНА ТРУДОВОГО КРАСНОГО ЗНАМЕНИ  
АВИАЦИОННЫЙ ИНСТИТУТ им. С. П. КОРОЛЕВА

---

**ИССЛЕДОВАНИЕ  
ДОПЛЕРОВСКОГО ИЗМЕРИТЕЛЯ  
СКОРОСТИ И УГЛА СНОСА ДИСС-3**

КУЙБЫШЕВ 1982

Министерство высшего и среднего специального  
образования Р С Ф С Р

Куйбышевский ордена Трудового Красного Знамени  
авиационный институт имени С.П.Королева

ИССЛЕДОВАНИЕ ДОПЛЕРОВСКОГО ИЗМЕРИТЕЛЯ СКОРОСТИ  
И УГЛА СНОСА ДИСС-3

Лабораторная работа № 9

Куйбышев 1982



## ИССЛЕДОВАНИЕ ДОПЛЕРОВСКОГО ИЗМЕРИТЕЛЯ СКОРОСТИ И УГЛА СНОСА ДИСС-3

Ц е л ь р а б о т ы - ознакомление с принципом действия и устройством измерителя ДИСС-3, экспериментальное исследование измерителя.

### 1. Теоретические сведения о доплеровских измерителях вектора скорости

Доплеровские измерители предназначены для измерения путевой скорости летательного аппарата (ЛА), т.е. скорости относительно земли, и угла сноса (угла между продольной осью ЛА и вектором путевой скорости, измеренного в горизонтальной плоскости). Для измерения указанных величин используется эффект Доплера.

Принцип действия доплеровских измерителей удобно рассмотреть на примере простейшего однолучевого измерителя. Такой измеритель облучает подстилающую поверхность узконаправленным лучом (рис. 1, а). Вследствие движения ЛА относительно подстилающей поверхности частота отраженного сигнала отличается от частоты падающего на величину частоты Доплера, значение которой (применительно к рис. 1, а) составляет:

$$f_g = \frac{2V_c}{\lambda} \cos \gamma, \quad (1)$$

где  $\lambda$  - длина волны зондирующего колебания;  
 $V_c$  - скорость самолета,  
 $\gamma$  - угол между вектором скорости и направлением луча измерителя.

Используя известные из геометрии соотношения, формулу (1) можно привести к виду

$$f_g = \frac{2|V_c|}{\lambda} \cos \beta \cos(\theta - \alpha) = \frac{2V_c}{\lambda} \cos \beta \cos(\theta - \alpha) \quad (2)$$

Значения частот Допплера, получаемых по каждому из лучей системы, определяются выражениями:

$$f_{g_1} = \frac{2|V_2|}{\lambda} \cos \beta \cos(\theta - \alpha) - \frac{2V_0}{\lambda} \sin \beta ;$$

$$f_{g_2} = \frac{2|V_2|}{\lambda} \cos \beta \cos(\theta + \alpha) - \frac{2V_0}{\lambda} \sin \beta ;$$

$$f_{g_3} = -\frac{2|V_2|}{\lambda} \cos(\theta - \alpha) - \frac{2V_0}{\lambda} \sin \beta ;$$

$$f_{g_4} = -\frac{2|V_2|}{\lambda} \cos(\theta + \alpha) - \frac{2V_0}{\lambda} \sin \beta . \quad (4)$$

Установочные углы  $\beta$  и  $\theta$  в формулах (4) полагаются известными (с некоторой точностью).

Рассмотрим свойства четырехлучевой системы более подробно.

1. Система позволяет измерить отдельно горизонтальную  $V_0$ , вертикальную  $V_0$  составляющие скорости и угол сноса  $\alpha$  (или продольную и поперечную составляющие горизонтальной скорости и вертикальную составляющую). Искомые величины можно определить, если образовать сигналы с частотами:

$$F_{p_1} = f_{g_1} - f_{g_2} = \frac{4|V_2|}{\lambda} \cos \beta \cos(\theta - \alpha) ; \quad (5)$$

$$F_{p_2} = f_{g_2} - f_{g_4} = \frac{4|V_2|}{\lambda} \cos \beta \cos(\theta + \alpha) ;$$

$$F_{c_3} = f_{g_1} + f_{g_3} = \frac{-4V_0}{\lambda} \sin \beta .$$

2. Система обладает более высокой точностью измерения угла сноса по сравнению с однолучевой системой [1, с. 227].

3. Четырехлучевая система в меньшей степени чем однолучевая подвержена ошибкам, возникающим из-за неточного определения установочных углов (угла  $\beta$ , в частности). Неучтенные изменения установочных углов возникают вследствие изменения положения ДА относи-

тельно его центра масс в полете, т.е. изменений углов тангажа и крена самолета.

Приращения доплеровских частот при изменении угла  $\beta$  практически компенсируются при их вычитании по формулам (5). В самом деле, положим в выражении (4), что угол  $\beta$  определен с ошибкой  $\Delta\beta$  и  $V_{\beta} = 0$ . Тогда

$$\begin{aligned} F_{D1} &= f_{g1} - f_{g2} = \frac{2|V_2|}{\lambda} \cos(\theta - \alpha) [\cos(\beta - \Delta\beta) + \cos(\beta + \Delta\beta)] = \\ &= \frac{4|V_2|}{\lambda} \cos\beta \cos(\theta - \alpha) \cos\Delta\beta. \end{aligned} \quad (6)$$

Для относительной ошибки измерения скорости согласно формулам (5), (6) получим:

$$\frac{\Delta V_2}{V_2} = \frac{F_{D1} - F_{D1}'}{F_{D1}} = 1 - \cos\Delta\beta \approx \frac{\Delta\beta^2}{2}.$$

Для однолучевой системы [1, с. 285]

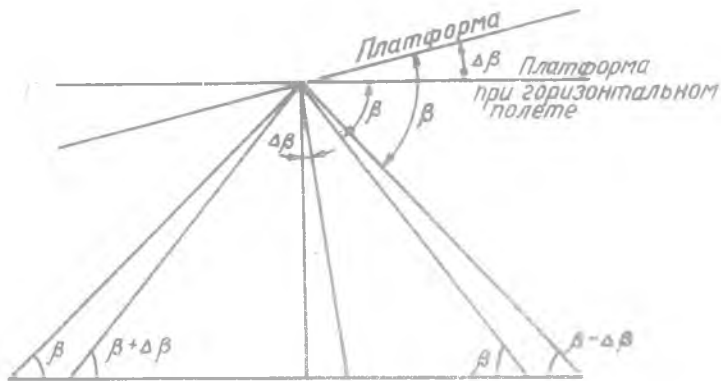
$$\frac{\Delta V_2}{V_2} = \Delta\beta \operatorname{tg}\beta.$$

Рассматриваемое предположение становится очевидным, если учесть, что на практике выполняются условия

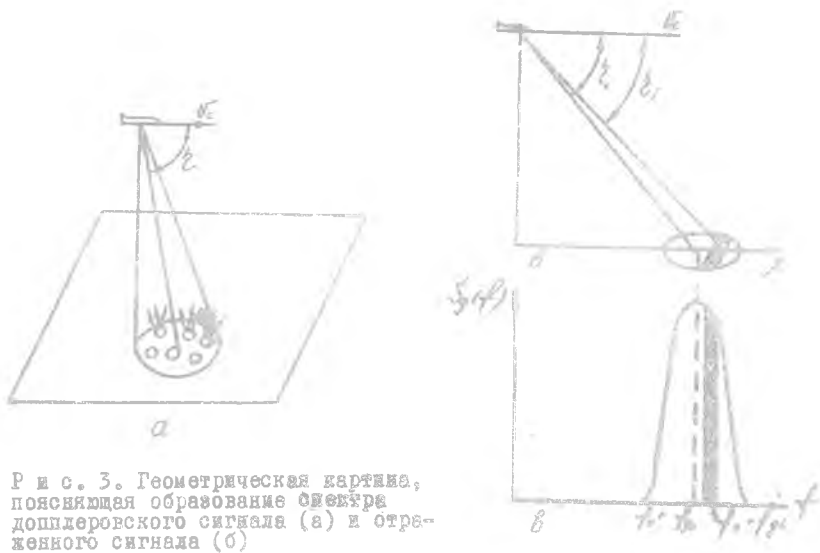
$$\operatorname{tg}\beta > 1 \text{ и } \Delta\beta < 1.$$

Рассмотренное обстоятельство можно объяснить следующим образом: при двустороннем расположении лучей, что имеет место в четырехлучевой системе, погрешность  $\Delta\beta$  ведет к изменению установочных углов в противоположных направлениях: если один угол увеличивается, то другой уменьшается (рис. 2). При этом доплеровская частота с увеличением угла, принятого по одному лучу, уменьшается, а по другому — увеличивается. Средняя доплеровская частота обоих лучей остается практически постоянной. Луч антенны измерителя подсвечивает на подстилающей поверхности площадку конечных размеров (рис. 3, а). Отраженный сигнал можно представить в виде совокупности элементарных сигналов, создаваемых отдельными отражателями, находящимися в пределах отражающей площадки.

Интенсивность элементарного сигнала и начальная фаза случайны. Частота сигнала зависит от ориентации отражателя относительно



Р и с. 2. Двустороннее расположение лучей

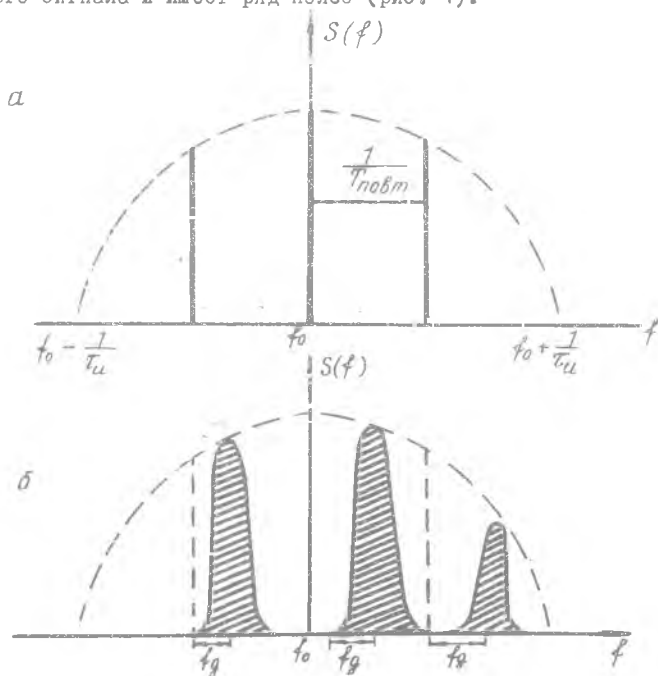


Р и с. 3. Геометрическая картина, поясняющая образование спектра доплеровского сигнала (а) и среженного сигнала (б)

ЛА (угла  $\eta_0$  на рис. 3,б). Для элементарной полоски, для которой выполняется условие  $\eta_0 = const$ , значение частоты можно считать постоянной. Так как отражающая площадка имеет конечные размеры, то при гармоническом падающем сигнале отраженный сигнал будет иметь спектр конечной ширины и не будет гармоническим.

Состав элементарных отражателей в пределах отражающей площадки при полете самолета меняется случайным образом, поэтому совокупный отраженный сигнал представляет собой шумоподобный случайный процесс. Значения доплеровских частот в приведенных выше формулах относятся к средним частотам спектра доплеровского сигнала.

Если падающий сигнал модулированный, то доплеровский спектр образуется относительно каждой из гармонической составляющей зондирующего сигнала и имеет ряд полос (рис. 4).



Р и с. 4. Спектр модулированного (импульсного) зондирующего сигнала (а) и спектр отраженного сигнала (б)



Построение доплеровских измерителей в значительной степени определяется выбранным видом излучаемого сигнала. Применяются системы непрерывного излучения без модуляции и с ЧМ, а также системы с импульсным излучением.

В измерителе ДИСС-3 используется непрерывное немодулированное излучение. При непрерывном излучении без модуляции энергия отраженного сигнала используется наиболее полно, в то время как при применении модулированного сигнала используется только одна спектральная полоса. Преимуществом систем с непрерывным немодулированным излучением является сравнительно простое устройство приемника и передатчика, отсутствие так называемого эффекта слепых высот. Существенным недостатком таких систем является сильное влияние помех со стороны собственного передатчика; помех, вызванных отражениями от вибрирующих частей фюзеляжа, обтекателя антенной системы и турбулентных потоков, созданных работой двигателей. Благодаря низкочастотной модуляции мешающие сигналы содержат составляющие, лежащие в полосе спектра полезного сигнала, которые приводят к ошибкам в определении средней частоты доплеровского сигнала. Для уменьшения влияния перечисленных факторов в системах с непрерывным немодулированным излучением применяют отдельные передающую и приемную антенны, жестко скрепленные с фюзеляжем самолета, что создает трудности в размещении аппаратуры на ЛА.

Системы с непрерывным немодулированным излучением выполняются как системы с внутренней когерентностью. В таких устройствах выделение сигнала доплеровской частоты происходит путем сравнения принятого отраженного сигнала с опорным колебанием внутреннего когерентного гетеродина. В качестве опорного напряжения может использоваться сигнал передатчика.

В таких системах предъявляются весьма жесткие требования к "быстрой" нестабильности частоты передатчика, так как уход частоты передатчика за время распространения электромагнитной волны от ЛА до подстилающей поверхности и обратно целиком входит в измеренное значение доплеровской частоты. Поэтому должны быть приняты специальные меры для обеспечения стабильности частоты.

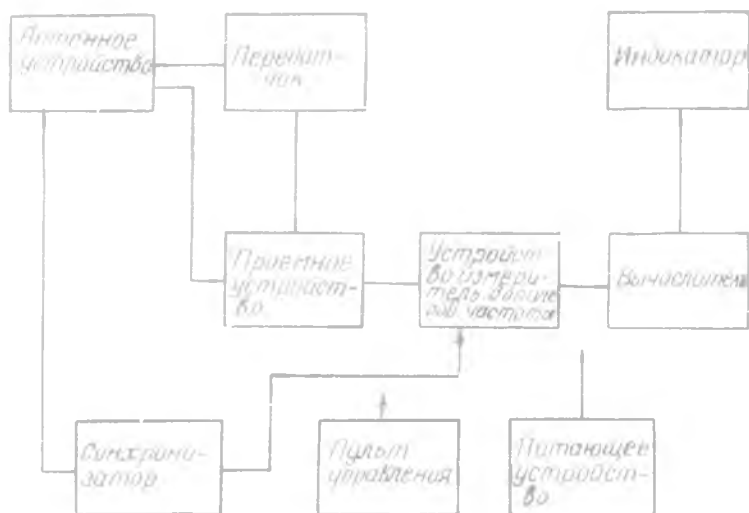
### Функциональная схема измерителя ДИСС-3

Измеритель ДИСС-3 является четырехлучевым устройством и, как указывалось выше, с непрерывным немодулированным излучением. Отметим, что непрерывность излучения является условной. В каждый момент времени излучение производится только парой лучей 1,3 или 2,4 (см.рис.1,б).

Пары лучей периодически переключаются. Время излучения одной пары лучей выбирается существенно большим длительности переходных процессов в системе и времени распространения сигнала до Земли и обратно.

Укрупненная функциональная схема доплеровского измерителя ДИСС-3 приведена на рис. 5. Измеритель состоит из следующих основных функциональных узлов:

а) антенны; б) передатчика; в) приемного устройства; устройства измерения доплеровской частоты; д) синхронизатора; е) вычислителя; ж) питающего устройства; з) пульта управления; и) индикатора.



Р и с. 5. Функциональная схема ДИСС-3

Антенное устройство измерителя состоит из двух неподвижных идентичных волноводно-целевых антенн (приемной и передающей). Каждая антенна формирует в пространстве две пары широко разнесенных диагональных лучей с одного раскрытия с попарным переключением. В любой момент времени каждая из антенн формирует одну пару лучей (например, лучи 1,3 или 2,4). Пары лучей переключаются с частотой 5 Гц. Переключение лучей осуществляется с помощью ферритовых коммутаторов.

Характеристики антенны позволяют частично скомпенсировать погрешности измерителя, возникающие вследствие нестабильности частоты излучаемого колебания.

Согласно формулам (1), (2) при горизонтальном полете и при совпадении продольной оси самолета с вектором скорости (т.е. при  $\alpha = 0$ ) для частоты Допплера можно написать:

$$f_g = \frac{2V_2}{\lambda} \cos \beta \cos \theta = \frac{2V_2}{\lambda} \cos \gamma$$

где  $\gamma$  - угол между вектором  $V_2$  и осью луча.

Компенсация погрешности происходит вследствие того, что при изменении длины волны излучаемого колебания происходит также изменение направления луча в пространстве таким образом, чтобы отношение  $\frac{2V_2}{\lambda} \cos \gamma$  оставалось приблизительно постоянным.

Применение отдельных приемной и передающей антенн обусловлено необходимостью развязки приемного и передающего трактов измерителя. Развязка составляет не менее 75 дБ.

Передающее устройство. Основными элементами его являются магнетронный генератор, узел питания и узел стабилизации частоты.

Для доплеровского измерителя важна кратковременная стабильность излучаемой частоты. Уход частоты за время распространения сигнала до отражающей поверхности и обратно входит в измеренное значение доплеровской частоты. Кратковременная стабильность частоты обеспечивается с помощью узла стабилизации, основным элементом которого является объемный резонатор.

Объемный резонатор связан с магнетроном. Работа системы стабилизации основана на принципе затягивания частоты.

Приемное устройство осуществляет обработку принятых отраженных сигналов и выделение доплеровской частоты.

Упрощенная функциональная схема приемника измерителя приведена на рис. 6.

Приемное устройство представляет собой двухканальный супергетеродинный приемник, имеющий каналы принимаемого и опорного сигналов. Как указывалось выше, антенное устройство измерителя ДИСС-3 формирует пару лучей (передний и задний лучи с одного раскрыва антенны). Поэтому сигналы, принятые по двум лучам одной пары, не могут быть разделены и поступают на вход приемного устройства совместно.

Принимаемые сигналы частот  $f_0 + f_g$  и  $f_0 - f_g$ , получаемые от лучей антенны, направленных вперед и назад, соответственно преобразуются в балансном смесителе в сигналы промежуточной частоты  $f_0 - f_{мг} + f_g$  и  $f_0 - f_{мг} - f_g$ . Аналогично в канале опорного сигнала образуется сигнал частоты  $f_0 - f_{мг}$ . Эти сигналы после усиления в УПЧ I и УПЧ 2 подаются в смеситель 3, на выходе которого образуется сигнал доплеровской частоты  $f_d$ . Доплеровский сигнал выделяется и усиливается с помощью усилителя низкой частоты (УНЧ). УНЧ охвачен АРУ. АРУ поддерживает постоянство амплитуды выходного сигнала, например, при изменении высоты полета самолета.

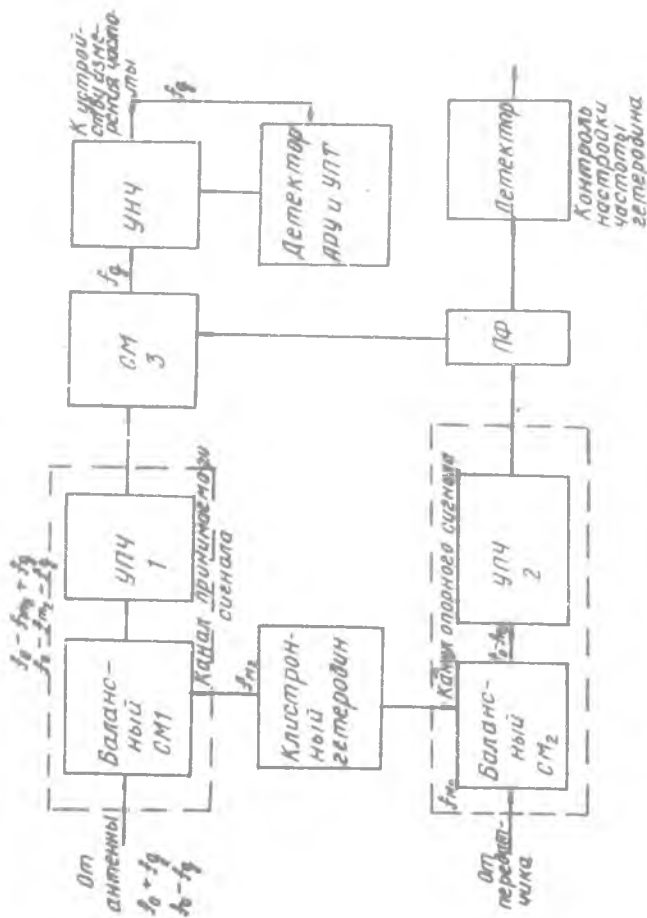
Заметим, что выделение сигнала доплеровской частоты возможно осуществить с помощью простейшего приемника, функциональная схема которого изображена на рис. 7.

Применение супергетеродинного метода приема, реализованного в приемнике измерителя ДИСС-3, позволяет ослабить влияние шумов диодов смесителя. Шумы диодов смесителя имеют большую интенсивность в диапазоне ультразвуковых частот. В этом диапазоне находятся частоты доплеровских сигналов.

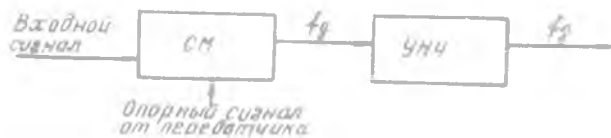
Для контроля правильности настройки частоты клистронную гетеродина относительно частоты передатчика служат полосовой фильтр и детектор.

Устройство измерений доплеровской частоты состоит из схемы узкополосной фильтрации и частотомера и представляет собой замкнутую следящую систему. Упрощенная функциональная схема устройства приведена на рис. 8.

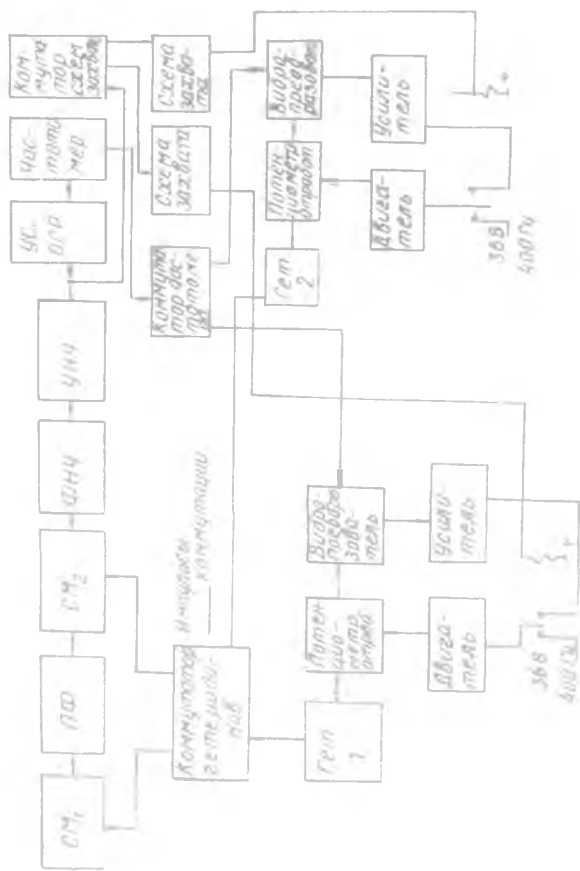
Полоса пропускания УНЧ приемника выбирается равной частотному диапазону доплеровского сигнала. Ширина спектра доплеровского сигнала существенно меньше полосы пропускания УНЧ. Для повышения отношения сигнал / помеха осуществляется фильтрация доплеровского сигнала узкополосным фильтром. При этом подавляются спектральные



Р и с. 6. Функциональная схема приемника ДСС-3



Р и с. 7. Простейший приемник для выделения сигнала доплеровской частоты



Р и с. 8. Функциональная схема устройства измерения доплеровской частоты

компоненты шума, лежащие вне полосы пропускания фильтра. Для обеспечения возможности измерения различных значений доплеровских частот (т.е. различных скоростей) схема узкополосной фильтрации осуществляет слежение за средней частотой спектра доплеровского сигнала.

Слежение производится следующим образом: доплеровский сигнал и колебание местного гетеродина в смесителе I образуют сигнал промежуточной частоты (рис. 8):

$$f_{np} = f_2 - f_d, \quad (8)$$

Частота гетеродина подбирается таким образом, чтобы выполнилось условие  $f_{np} = f_{cp} = 70$  кГц, где  $f_{cp}$  — средняя частота настройки узкополосного фильтра. В смесителе 2 восстанавливается сигнал доплеровской частоты  $f_d$ . Широкополосный фильтр подавляет колебания частот  $f_2$ ,  $f_2 + f_{np}$ . Первоначально настройка частоты гетеродина для выполнения условия (8) производится с помощью схемы поиска. Затем частота гетеродина подстраивается автоматически под воздействием напряжения, выдаваемого частотомером, измеряющим частоту доплеровского сигнала. Переход из режима поиска в режим слежения осуществляется с помощью схемы захвата.

В режиме слежения через частотомер замыкается петля обратной связи следящей системы. С выхода интегратора частотомера снимается постоянное напряжение, пропорциональное частоте доплеровского сигнала, и подается на вибропреобразователь. На вибропреобразователь подается также напряжение с потенциометра отработки. Вибропреобразователь выдает переменное напряжение (сигнал ошибки), амплитуда которого определяется значением разности входных напряжений, а фаза-знаком этой разности. Это напряжение подается на двигатель отработки, вращающий движок потенциометра отработки. Направление вращения двигателя определяется фазой напряжения сигнала ошибки.

Система сфазирована таким образом, что двигатель вращает потенциометр отработки в направлении, при котором сигнал ошибки уменьшается.

Двигатель останавливается при равенстве напряжений, подаваемых на вибропреобразователь.

Гетеродин представляет собой генератор с электронным управлением частотой. Характеристика управления частотой гетеродина линейная:  $\Delta f_2 = \kappa U$ ,

где  $\varphi$  — угол поворота потенциометра обработки;  
 $K$  — коэффициент пропорциональности.

Таким образом, одновременно с вращением потенциометра обработки перестраивается частота гетеродина. Нулевому значению сигнала ошибки соответствует условие  $f_{др} = 70 \text{ кГц}$ . При этом частота преобразованного сигнала равна средней частоте настройки узкополосного фильтра.

Усилитель-ограничитель преобразует доплеровский сигнал в последовательность импульсов, частота следования которых равна частоте доплеровского сигнала.

Частотомер представляет собой счетчик импульсов. Он выдает постоянное напряжение, пропорциональное среднему числу импульсов в единицу времени (частоте Допплера).

Значения доплеровских частот, принимаемых по каждой паре лучей антенны, при их коммутации различны. Поэтому измеритель имеет две следящие системы, каждая из которых имеет отдельные гетеродины и схемы захвата. Смесители, узкополосный и широкополосный фильтры, усилитель-ограничитель, частотомер — общие для обоих каналов.

Следящие системы управления частотой гетеродинов работают в прерывистом режиме. Коммутация гетеродинов, схем захвата, выхода частотомера производится синхронно с переключением антенн. Для устранения влияния переходных процессов в приемном устройстве, возникающих при переключении каналов, в моменты переключения на частотомер подаются короткие по сравнению с периодом коммутации строб-импульсы. Во время действия этих импульсов частотомер отключается.

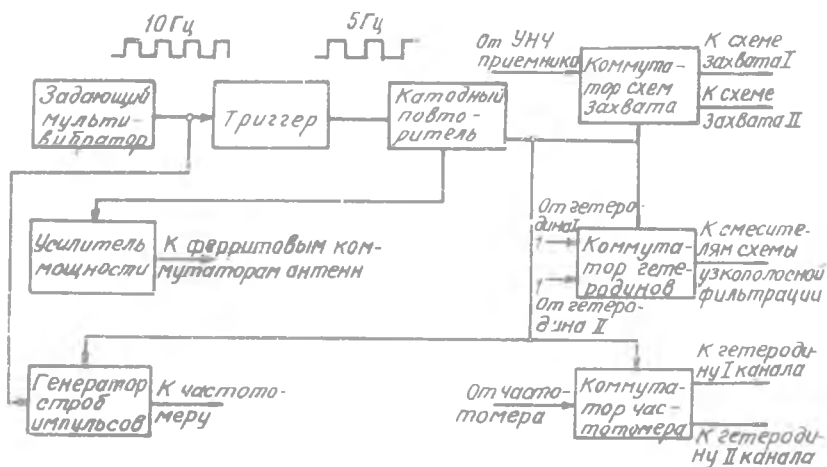
Напряжения, пропорциональные измеренным значениям доплеровских частот, с выхода частотомеров поступают в вычислитель.

Синхронизирующее устройство (узел 3-3) осуществляет коммутацию лучей антенны измерителя, а также гетеродинов, схем захвата, выхода частотомера в устройстве измерения доплеровской частоты с частотой 5 Гц. Упрощенная функциональная схема синхронизирующего устройства приведена на рис. 9.

Кроме коммутирующих импульсов синхронизирующее устройство формирует строб-импульсы длительностью 5-6 мс, запирающие частотомер одновременно с началом коммутации цепей измерителя.

Вычислитель представляет собой электромеханическое устройство аналогового типа. В системе навигации, в которой





Р и с. 9. Функциональная схема синхронизирующего устройства

используется измеритель ДИСС-3, вертикальной составляющей скорости пренебрегают (полагается, что подъем и спуск самолета кратковременно по сравнению с общей длительностью полета).

Из рассмотренного выше способа функционирования приемного устройства следует, что на выходе смесителя 3 приемника образуется сигнал, представляющий собой сумму двух компонентов. Частота каждого слагаемого сигнала равна частоте Допплера, полученной по соответствующему лучу антенны. При горизонтальном полете частоты обоих слагаемых одинаковы и, согласно формулам (4), для каждой пары антенн соответственно равны:

$$f_I = f_{g_1} = f_{g_3} = \frac{2|V_2|}{\lambda} \cos \beta \cos(\theta - \alpha);$$

$$f_{II} = f_{g_2} = f_{g_4} = \frac{2|V_2|}{\lambda} \cos \beta \cos(\theta + \alpha).$$

Используя выражения (9), можно определить величины горизонтальной скорости и угла сноса по формулам:

$$V_2 = \frac{\lambda(f_I + f_{II})}{4 \cos \beta \cos \theta \cos \alpha} = K_1 (f_I + f_{II}) \sec \alpha;$$

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{f_0 - f_1}{f_0 + f_1} \operatorname{tg} \theta = \kappa_2 \frac{f_0 - f_1}{f_0 + f_1},$$

где  $\kappa_1 = \lambda / 4 \cos \beta \cos \theta$  и  $\kappa = \operatorname{tg} \theta$  — постоянные величины.  
 На выходе устройства измерения доплеровской частоты вырабатываются и подаются в вычислитель два напряжения, пропорциональные частотам  $f_1$  и  $f_2$ ;

$$U_1 = \rho \frac{4|V_2|}{\lambda} \cos \beta \cos(\theta - \alpha);$$

$$U_2 = \rho \frac{4|V_2|}{\lambda} \cos \beta \cos(\theta + \alpha),$$

где  $\rho$  — коэффициент пропорциональности.  
 Вычислитель измерителя решает следующие уравнения:

$$U \sec \alpha = \frac{V_2}{m}; \quad U_1 = \frac{U \cdot U \operatorname{tg} \alpha}{m}, \quad U = U_1 + U_2, \quad (10)$$

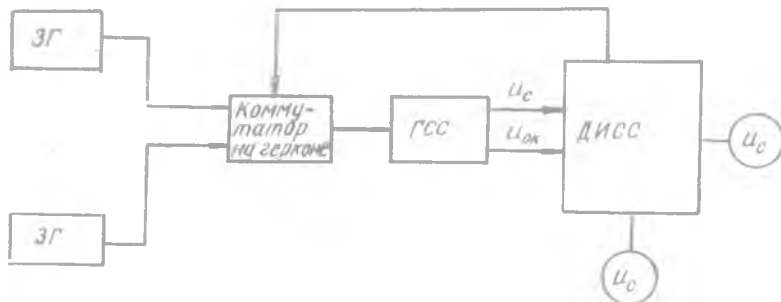
где  $m$  — масштабный коэффициент.  
 Полученные в результате решения уравнений (10) значения  $V_2$  и  $\alpha$  выдвигаются в индикатор и навигационный вычислитель.

#### Основные тактико-технические характеристики измерителя ДИСС-3

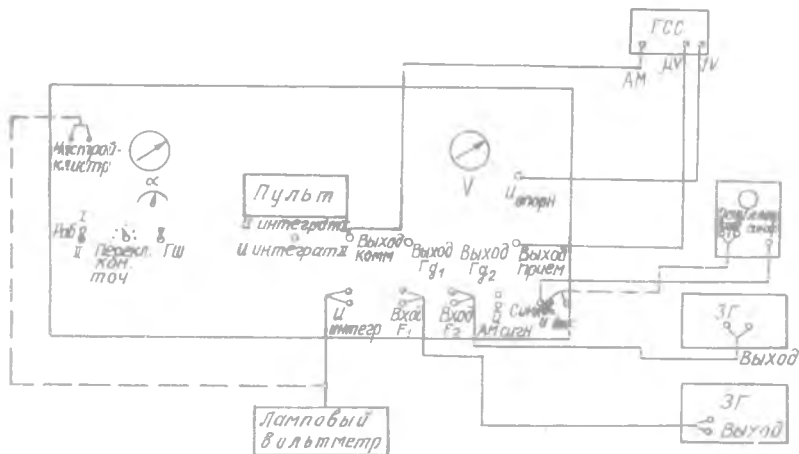
Частота излучаемых колебаний	20 мГц
Мощность передатчика	5 Вт
Чувствительность (по захвату)	103 дБ/мВт
Полоса пропускания приемного тракта по низкой частоте	1,2-27 кГц
Диапазон высот полета	20-2000 км/ч
Диапазон измеряемых углов сноса	$\pm 25^\circ$
Диапазон измеряемых скоростей	300-2000 км/ч
Потребление электроэнергии по цепи	
И15 400 Гц	6,5 а
+27	6 а
Частота коммутации антенны	5-0,2 Гц
Вес аппаратуры без кабелей	67 кг

Экспериментальная установка включает в себя доплеровский измеритель ДИСС-3 (приемное устройство, устройство измерения доплеровской частоты, синхронизирующее устройство, вычислитель), генератор сигналов высокой частоты (ГС), два звуковых генератора (ЗГ1 и ЗГ2), осциллограф, вольтметр, пульт управления (ПУ).

Структурная схема экспериментальной установки изображена на рис. 10, схема соединения аппаратуры - на рис. 11.



Р и с. 10. Структурная схема экспериментальной установки



Р и с. 11. Схема соединений аппаратуры

В установке задействована часть блоков ДИСС-3: приемное устройство (без СВЧ части), устройство узкополосной фильтрации, частотомер и вычислитель измерителя. Передающее устройство и СВЧ тракт приемника в установке не задействованы. Сигналы в приемник подаются в тракт промежуточной частоты.

Генератор сигналов является имитатором опорного и "отраженного от Земли" сигналов. Напряжение генератора частоты — 20 мГц, снимаемое с выхода "ГВ", подается на вход усилителя промежуточной частоты (УПЧ) канала опорного сигнала. Опорный сигнал является гармоническим колебанием.

Сигналы, отраженные от земной поверхности, имитируются следующим образом: напряжение ГС с выхода "МкВ" модулируется по амплитуде сигналами низкой частоты ЗГ, для этого на вход "АМ" ГС подается сигнал от пульта с точки "Вых.коммутатора"; при амплитудной модуляции образуется сигнал, спектр которого имеет несущую и две боковые составляющие; в приемнике ДИСС-3 происходит преобразование (супергетеродинирование) амплитудно-модулированного сигнала, в котором в качестве опорного (гетеродинного) сигнала используется немодулированный сигнал ГС; выделенный при этом преобразовании сигнал низкой частоты имитирует доплеровский сигнал, величина доплеровской частоты определяется частотой сигнала ЗГ.

В установке используются два ЗГ, подключаемых ко входу "АМ" ГС через коммутатор. Последний управляется от измерителя ДИСС-3 сигналом коммутации лучей антенн. Таким образом обеспечивается возможность имитации сигналов, принимаемых по двум парам лучей антенны измерителя.

Величина скорости определяется средней частотой сигналов ЗГ. Величина угла сноса определяется разностью доплеровских частот, получаемых по каналам, а в эксперименте разностью частот звуковых генераторов.

Для контроля сигналов в тракте промежуточной частоты приемника ДИСС-3 используется осциллограф, подключаемый согласно схеме соединений (рис. II) к точкам "Синхр", "Вых." и "Земля" пульта управления.

Для измерения напряжений в контрольных точках измерителя ДИСС-3 используется вольтметр, включаемый к выходу пульта "U интегр". Кроме того, вольтметр используется для настройки ГС на нужную частоту, для чего он подключается к гнездам "Настр. книстра".

## 2. Экспериментальная часть

**ВНИМАНИЕ!** Допплеровский измеритель ДИСС-3 питается от сети 115 В, 400 Гц. Измерительная аппаратура питается от сети 220 В, 50 Гц. Подключение ДИСС-3 к сети 220 В, 50 Гц выводит его из строя. Включение экспериментальной установки производится только с разрешения преподавателя!

1. Ознакомиться с установкой и схемой соединений пульта управления с приборами. Переключатель "Работа" установить в положение "Г".

2. С разрешения преподавателя включить аппаратуру. После прогрева аппаратуры подать сигнал ГС с выхода "IV" на вход УПЧ опорного канала (вход "U опорное" ПУ). Частота сигнала ГС устанавливается ориентировочно 20 мГц, уровень сигнала 3-5 мВ. Проверить правильность настройки ГС. Для этого подключить вольтметр к гнездам "Настр. клистрона" и, плавно перестраивая частоту ГС, добиться максимума показаний вольтметра. Регулируя выход генератора, установить напряжение на гнездах "Настр. клистрона" в пределах (0,5 - - 1,5 В).

3. Установить на звуковых генераторах частоту сигнала порядка 5 кГц и уровень  $\approx 0,3$  В. Подключить выходы ЗГ к входам коммутатора (гнезда "Вход  $F_{g1}$ " и "Вход  $F_{g2}$ " на ПУ). Выход коммутатора соединить с клеммой "АМ" ГС. Сигнал с выхода "мкВ" подать на вход приемника ДИСС-3 (гнездо "Вход приемника" на ПУ). Варьируя напряжением звуковых генераторов, установить по осциллографу уровень модуляции сигнала ГС порядка 80%.

4. Проверить работоспособность измерителя. Для этого сигнал ЗГ подать на вход "АМ" ГС помимо коммутатора (соединить вход "АМ" ГС с соответствующим гнездом "Вых.  $F_{g1}$ " или "Вых.  $F_{g2}$ "). При этом второй ЗГ отключить. Измеритель должен перейти в режим захвата (по обоим каналам), т.е. индикаторы должны показывать некоторые значения скорости и угла сноса. При снижении уровня сигнала ЗГ измеритель должен переходить в режим поиска.

5. Провести измеритель ДИСС-3 в режим захвата, повышая уровень сигнала, подключенного к пульту ЗГ. Изменяя частоту ЗГ в пределах от 2 до 10 кГц, снять зависимость скорости (по индикатору) и напряжений на интеграторах от частоты сигнала.

Для этого вольтметр подключить к выходу пульта "  $U$  интегр".  
Построить график и дать объяснение полученному результату.

6. Подключить второй ЗГ к свободному гнезду "Вход  $f_0$ ".  
Вход "АМ" ГС подключить к выходу коммутатора ПУ. Проверить наличие коммутации выходных напряжений модуляции с помощью осциллографа (переключатель контрольных точек в положении 2). Установить на звуковых генераторах близкие значения частот в диапазоне (6-8) кГц. Разность частот ЗГ контролировать по шкалам генераторов. Проверить наличие режима захвата по обоим каналам. Затем, изменяя частоту сигнала одного из ЗГ от 2 кГц до 10 кГц, снять зависимости значений угла сноса (по индикатору) и напряжений на интеграторах (по вольтметру) от разницы частот сигналов ЗГ. Построить график и дать объяснение полученному результату. По полученным данным рассчитать угол сноса  $\alpha$  при  $\theta = 40^\circ$  (по формуле 9) и построить график.

7. Показать результаты преподавателю.

8. Выключить измеритель ДИСС-3 и все приборы.

### 3. С о д е р ж а н и е о т ч е т а

1. Краткое изложение назначения и принципа действия измерителя ДИСС-3.

2. Упрощенная функциональная схема измерителя. Схему составить, используя подробную функциональную схему измерителя и упрощенные схемы отдельных узлов. Схему составить заранее.

3. Таблицы и графики экспериментальных данных.

4. Выводы по работе.

### 4. К о н т р о л ь н ы е в о п р о с ы

1. В чем заключается принцип действия однолучевого и четырехлучевого доплеровских измерителей вектора скорости ДА?

2. Какими свойствами обладает четырехлучевой измеритель?

3. Какова структура спектра сигнала, отраженного от Земли?

4. Какими свойствами обладают доплеровские измерители с непрерывным немодулированным излучением? Измеритель ДИСС-3?

5. Какими особенностями обладает антенное устройство измерителя ДИСС-3? Передатчик?

6. Начертите функциональную схему приемника измерителя и объясните его работу.
7. Каким образом производится измерение частоты Допплера в измерителе ДИСС-3?
8. В чем состоит назначение и принцип действия устройства узкополосной фильтрации?
9. Начертите функциональную схему системы автоматического управления частотой гетеродина устройства.

#### Л и т е р а т у р а

1. К а з а р и н о в Ю.И. и др. Радиотехнические системы. - М.: Советское радио, 1968.
2. Б е л а в и н О.В. Основы радионавигации. - М.: Советское радио, 1967.

Составитель Виктор Дмитриевич Кузенков

ИССЛЕДОВАНИЕ ДОПЛЕРОВСКОГО ИЗМЕРИТЕЛЯ СКОРОСТИ  
И УГЛА СНОСА ДИСС-3

Лабораторная работа № 9

Редактор Н.В. К а с а т к и н а  
Техн. редактор Н.М. К а л е н ю к  
Корректор Н. К у п р и я н о в а

Подписано в печать 1.03.82 г.  
Формат 60x84 1/16. бумага оберточная белая.  
Печать оперативная. Усл.п.л. 1,4. Уч.-изд.л. 1,3.  
Тираж 250 экз. Заказ № 2691 Бесплатно.

Куйбышевский ордена Трудового Красного Знамени  
авиационный институт им. С.П.Королева.г.Куйбышев,  
Молодогвардейская, 151.

Областная тип. им. В.И.Мяги, г. Куйбышев, ул.Венцека, 60.