



(19) **RU** <sup>(11)</sup> **2 062 503** <sup>(13)</sup> **C1**  
(51) МПК<sup>6</sup> **G 05 D 1/04, B 64 C 19/00**

РОССИЙСКОЕ АГЕНТСТВО  
ПО ПАТЕНТАМ И ТОВАРНЫМ ЗНАКАМ

(12) ОПИСАНИЕ ИЗОБРЕТЕНИЯ К ПАТЕНТУ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

(21), (22) Заявка: 93035188/09, 06.07.1993

(46) Дата публикации: 20.06.1996

(56) Ссылки: Справочник по радиоэлектронике Под ред. А.А.Куликовского т.3, М., Энергия, 1970, с. 557, рис.97-1. Там же, с. 559, рис.97-2.

(71) Заявитель:  
Центральный научно-исследовательский институт "Гранит",  
Завод "Северный пресс"

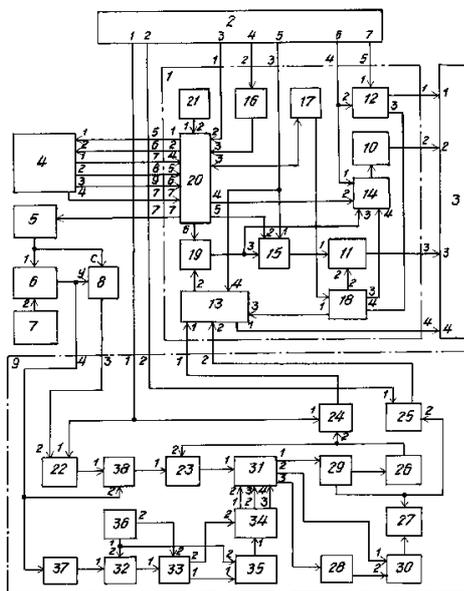
(72) Изобретатель: Андриевский В.Р.,  
Бессаев Н.С., Богданов В.С., Войнов Е.А., Жигальцов Л.Н., Мясников В.Н., Навиндовский В.Н., Никольцев В.А., Подвальных А.С.

(73) Патентообладатель:  
Центральный научно-исследовательский институт "Гранит",  
Завод "Северный пресс"

(54) СИСТЕМА УПРАВЛЕНИЯ ДВИЖЕНИЕМ БЕСПИЛОТНОГО ЛЕТАТЕЛЬНОГО АППАРАТА

(57) Реферат:

Использование: изобретение относится к системам автоматического управления и может быть использовано при проектировании автономных систем управления движением беспилотных летательных аппаратов, например авиационных моделей, мишеней и т.п. Цель изобретения - повышение точности движения управляемого объекта в вертикальной плоскости. Система содержит устройство формирования сигналов управления, измеритель координат и параметров движения управляемого объекта, исполнительное устройство, радиолокационный визир, радиовысотомер, блок сравнения, блок задания порога, ключ устройство коррекции высоты и вертикальной скорости. 1 з.п. ф-лы, 1 ил.



RU 2 062 503 C1

RU 2 062 503 C1



(19) **RU** <sup>(11)</sup> **2 062 503** <sup>(13)</sup> **C1**  
 (51) Int. Cl.<sup>6</sup> **G 05 D 1/04, B 64 C 19/00**

RUSSIAN AGENCY  
 FOR PATENTS AND TRADEMARKS

(12) **ABSTRACT OF INVENTION**

(21), (22) Application: 93035188/09, 06.07.1993

(46) Date of publication: 20.06.1996

(71) Applicant:  
 Tsentral'nyj nauchno-issledovatel'skij  
 institut "Granit",  
 Zavod "Severnyj press"

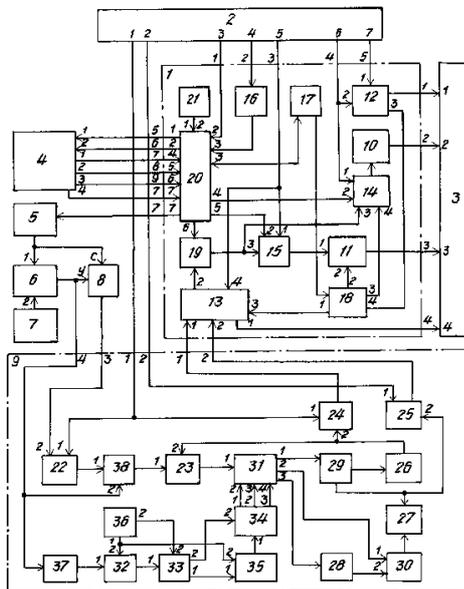
(72) Inventor: Andrievskij V.R.,  
 Bessaev N.S., Bogdanov V.S., Vojnov  
 E.A., Zhigal'tsov L.N., Mjasnikov  
 V.N., Navindovskij V.N., Nikol'tsev  
 V.A., Podval'nykh A.S.

(73) Proprietor:  
 Tsentral'nyj nauchno-issledovatel'skij  
 institut "Granit",  
 Zavod "Severnyj press"

(54) CONTROL SYSTEMS OF PILOTLESS VENICALS MOTION

(57) Abstract:

FIELD: automatic control systems.  
 SUBSTANCE: device has unit which generates control signals, unit for measuring coordinates and motion characteristics of controlled object, final-control unit, radio drift indicator, radio altimeter, comparison unit, threshold setting unit, gate, unit for correction of height and vertical speed. Device may be used in design of autonomous control systems for drone air vehicles such as aviation simulators, targets, and so on.  
 EFFECT: increased precision of control in vertical direction. 2 cl, 1 dwg



RU 2 062 503 C1

RU 2 062 503 C1

Изобретение относится к системам автоматического управления и может быть использовано при проектировании автономных систем управления движением беспилотных летательных аппаратов, например авиационных моделей, мишеней и т.д.

Известны системы управления, в частности рассмотренные в кн. Справочник по радиоэлектронике, том 3. Под общей ред. проф. д.т.н. А.А.Куликовского. Москва, Энергия, 1970.

Одна из таких систем приведена на рис.97-1, с557 и содержит координатор, один из входов которого подключен к устройству задания программы движения управляемого объекта, а другой к управляемому объекту, а конкретно к установленному на управляемом объекте измерителю координат его движения. Выход координатора соединен с устройством формирования и передачи команд управления, подключенным выходом к входу исполнительного устройства, управляющего движением управляемого объекта /УО/.

В приведенной система программно заданные координаты /параметры траектории движения/ управляемого объекта сравниваются в координаторе с действительными текущими координатами УО, разностный сигнал поступает в устройство формирования команд управления /УФ КУ/, которые выдаются на исполнительное устройство для коррекции пространственного положения управляемого объекта.

В качестве измерителя координат управляемого объекта используется система инерциальной навигации, которой, как известно, присущ тот недостаток, что вырабатываемые ею данные содержат накапливающиеся со временем ошибки, вследствие чего действительная траектория движения УО будет существенно отличаться от программно заданной, что и составляет основной недостаток приведенной системы.

Указанный недостаток существенно снижен в системе управления, структурная схема которой приведена в том же источнике на с.559, рис. 97-2 и которая принята в качестве прототипа.

Система-прототип содержит измеритель координат и параметров движения управляемого объекта, радиолокационный визир /измеритель координат и параметров движения объекта назначения/, выход которого подключен к входу кинематического звена, подключенного выходом к одному из входов координатора, к другому входу которого подключен измеритель координат УО.

Выход координатора связан с входом исполнительного устройства /ИУ/, связанного с управляемым объектом.

В указанной системе сигналы, пропорциональные координатам движения управляемого объекта и объекта назначения, поступают на входы кинематического звена, которое вырабатывает сигналы, пропорциональные параметрам движения линии между объектом назначения и УО, которые выдаются на один из входов координатора, на другой вход которого поступают сигналы, пропорциональные действительным текущим координатам УО.

Выходными сигналами координатора

являются сигналы, характеризующие несоответствие между реальным направлением продольной оси управляемого объекта или вектора его продольной скорости и тем направлением, которое должно быть и которое однозначно связано с законом движения линии визирования, т.е. сигналы рассогласования, которые выдаются на исполнительное устройство.

В данной системе в качестве измерителя координат управляемого объекта также применяется инерциальное устройство, которому присущи указанные выше недостатки аналога, что приведет к ошибкам в управлении УО, хотя эти ошибки будут меньше, чем у аналога за счет использования в системе-прототипе радиолокационного визира.

Недостаток прототипа существенно снижен в предлагаемом техническом решении, сущность которого заключается в том, что в систему управления, содержащую измеритель координат управляемого объекта, радиолокационный визир /измеритель координат объекта назначения/, устройство формирования сигналов управления, подключенный входами к соответствующим выходам устройства формирования сигналов управления, первая группа входов которого подключена к соответствующим выходам радиолокационного визира, а двумя выходами к соответствующим входам радиолокационного визира, введены устройство коррекции высоты и вертикальной скорости, радиовысотомер, блок сравнения, блок задания порога и ключ, при этом радиовысотомер, подключенный входом к одному из выходов устройства формирования сигналов управления, выходом соединен с сигнальным входом ключа и с первым входом блока сравнения, второй вход которого подключен к выходу блока задания порога, выход блока сравнения соединен с соответствующим входом /четвертым/ устройства коррекции высоты и вертикальной скорости и с управляющим входом ключа, выход которого подключен к третьему входу устройства коррекции высоты и вертикальной скорости, первый и второй входы которого соединены соответственно с первым и вторым выходами измерителя координат управляемого объекта, а первый и второй его выходы подключены к соответствующим входам устройства формирования сигналов управления.

Благодаря введению в систему радиовысотомера и связанного с ним и с измерителем координат и параметров движения управляемого объекта /УО/, устройства коррекции высоты и вертикальной скорости обеспечивается коррекция высоты и вертикальной скорости инерционного измерителя координат по данным радиовысотомера как более точного инструмента измерения, причем от радиовысотомера используются только достоверные данные. Контроль достоверности данных с радиовысотомера обеспечивается введением в систему блока сравнения, связанного с выходом радиовысотомера, с выходом блока задания порога, с ключом и устройством коррекции высоты и вертикальной скорости, при этом в случае отказа радиовысотомера, с выходом блока задания порога, с ключом и устройством

коррекции высоты и вертикальной скорости, при этом в случае отказа радиовысотомера в процессе работы в система осуществляется коррекция высоты и вертикальной скорости инерциального измерителя координат УО по запомненному значению последней корректуры.

В совокупности это позволяет существенно повысить точность движения управляемого объекта в вертикальной плоскости, близкой к заданной.

Сущность изобретения поясняется чертежом, на котором представлена функциональная схема предлагаемой системы, на которой обозначены: 1 - устройство формирования сигналов управления /УФСУ/, 2 измеритель координат и параметров движения управляемого объекта /ИК ПУО/, 3 исполнительное устройство /ИУ/, 4 радиолокационный визир /РЛВ/, 5 радиовысотомер /РД/, 6 блок сравнения /Бл. Ср. /, 7 блок задания порога /БЗП/, 8 ключ /Кл/, 9 - устройство коррекции высоты и вертикальной скорости /УКВ и ВС/ 10 13 блоки выработки сигналов управления соответственно по курсу, тангажу, крену и высоте/ БВСУ  $\psi_y$  БВСУ  $V_y$ , БВСУ  $\gamma_y$  БВСУ  $N_y$ /, 11-15 - управляемые переключатели /Упр ПК<sub>1</sub>, Упр ПК<sub>2</sub>/, 16-17 компараторы /К-р<sub>1</sub> К-р<sub>2</sub>/, 18 программный блок, 19 элемент И, 20 - устройство обмана информацией /УОИ/, 21 таймер /Т-Р/, 22-25 блоки разности /БР<sub>1</sub>, БР<sub>2</sub>, БР<sub>3</sub>, БР<sub>4</sub>/, 26-28 интеграторы /S<sub>1</sub>, S<sub>2</sub>, S<sub>3</sub>/, 29-30 сумматоры / $\Sigma_1$ ,  $\Sigma_2$ / 31 блок умножителей /Бл.умн./, 32 блок пороговых элементов /БПЭ/, 33 блок ключей /Бл.Кл./, 34 - блок сумматоров /Бл.Σ/, 35 умножитель /Умн./, 36 блок памяти /БП/, 37 таймер /Т-Р/, 38 управляемый ключ /У кл./,

В системе управления радиолокационный визир 4 выходами с первого до четвертый соединен соответственно с шестым, седьмым, восьмым и девятым входами устройства 1 формирования сигналов управления, а его первый и второй входы подключены соответственно к пятому и шестому выходам устройства 1 формирования сигналов управления, выходы которого с первого по четвертой соединены с соответствующими входами исполнительного устройства 3, при этом первые пять выходов устройства 1 УФСУ соединены соответственно с третьим, четвертым, пятым, шестым и седьмым выходами измерителя 2 координат и параметров движения управляемым объектом, первый и второй выходы которого подключены соответственно к первому и второму входам устройства 9 УКВ и ВС, третий вход которого связан через ключ 8 с выходом радиовысотомера 5, подключенного входом к седьмому выходу УФСУ 1 и к первому входу блока 6 сравнения, выход которого подключен к выходу блока 7 задания порога, а его выход связан с управляющим входом ключа 8 и с четвертым входом УКВ и ВС 9, первый и второй выходы которого подключены соответственно к десятому и к одиннадцатому входам устройства 1 УФСУ. В устройстве 1 формирования сигналов управления первый вход устройства 20 обмена информацией подключен к выходу таймера 21, второй его вход соединен с первым входом устройства 1 УФСУ, а его третий вход связан через компаратор 16 с

вторым входом УФСУ 1, входы устройства 20 обмена информацией с четвертого по седьмой соединены соответственно с входами с шестого по девятый устройства 1 УФСУ первый и второй выходы УОИ 20 связаны соответственно с пятым и шестым выходами УФСУ 1, седьмым выходом которого является седьмой выход УОИ 21. Третий выход УОИ 20 связан через компаратор 17 с входом программного блока 18, первый выход которого подключен к третьему входу блока 13 выработки сигналов по высоте, выход которого соединен с четвертым выходом УФСУ 1, второй выход программного блока 18 подключен к второму входу блока 11 выработки сигнала управления по тангажу, выход которого соединен с третьим выходом УФСУ 1, третий выход программного блока 18 подключен к третьему входу блока 12, выход которого соединен с первым выходом УФСУ 1, а четвертый выход программного блока 18 подключен к четвертому выходу управляемого ключа 14, подключенного выходом к входу блока 10 выработки сигнала управления по курсу, выход которого соединен с вторым выходом УФСУ 1, первый вход первого управляемого переключателя 14 соединен с четвертым входом УФСУ 1 и вторым входом блока 12, первый вход которого связан с пятым входом УФСУ 1, второй вход переключателя 14 подключен к четвертому выходу УОИ 20, а его третий вход соединен с выходом элемента И 19 и с третьим входом второго управляемого переключателя 35, выход которого подключен к первому входу блока 11 выработки сигнала управления по тангажу, второй вход переключателя 15 подключен к пятому входу УОИ 20, подключенного шестым выходом к первому входу элемента И, а первый вход переключателя 15 соединен с третьим входом УФСУ 1 и с четвертым входом блока 13, подключенного вторым выходом к второму входу элемента И 19, при этом первый и второй выходы блока 13 соединены соответственно с десятым и одиннадцатым входами УФСУ 1.

Устройство 9 коррекции высоты и вертикальной скорости содержит последовательно соединенные блок 22 разности, управляемый ключ 38, второй блок 23 разности и блок 31 умножителей, первый выход которого подключен к первому входу сумматора 29, второй выход соединен с первым выходом сумматора 30, а третий связан через интегратор 28 с вторым входом сумматора 30, выход которого связан через интегратор 27 с вторым входом блока 25 разности и с вторым входом второго сумматора 29, выход которого через интегратор 26 связан с вторым входом блока 23 разности и с вторым входом 24 разности, выход которого является вторым выходом устройства УКВ и ВС 9, а первый вход, являющийся первым входом УКВ и ВС 9, подключен к первому входу блока 22 разности, второй вход которого является третьим входом УКВ и ВС 9. Четвертый вход УКВ и ВС 9 подключен к второму входу ключа 38 и связан через таймер 37 с первым входом блока 32 пороговых элементов, второй вход которого соединен с первым выходом блока 36 памяти и с вторым входом умножителя 35. Выход блока 32 соединен с первым входом

блока 33 ключей, второй вход которого подключен к второму выходу блока 36 памяти, второй выход блока 33 ключей соединен с вторым входом блока 34 сумматоров, а первый его выход подключен к первому входу умножителя 35, выход которого соединен с первым входом блока 34 сумматоров, три выхода которого подключены соответственно к второму, третьему и четвертому входам блока 31 умножителей. Первый вход блока 25 разности подключен в второму входу УКВ и ВС 9, а его выход соединен с вторым выходом УКВ и ВС 9.

Предлагаемая система работает следующим образом.

Перед началом полета в программный блок 18 устройства 1 формирования сигналов управления /УФСУ/ вводят данные о параметрах траектории движения управляемого объекта /УО/, а именно: курсовой угол  $\gamma_{пр}$ , высота полета  $H_{пр}$ , угол тангажа  $V_{пр}$  и допустимый угол крена  $\gamma_{пр}$ .

В начальный момент времени до набора определенной высоты, определяемого таймером 37 УФСУ, радиовысотомер 5 выключен, поэтому при выработке сигнала управления по высоте используется значение высоты, вырабатываемое измерителем 2 /ИКПУО/, т.к. в начале полета эти данные достаточно точные.

Программные значения углов  $\psi_{пр}$ ,  $V_{пр}$ ,  $\gamma_{пр}$  и высоты  $H_{пр}$  из блока 18 поступают соответственно в блоки 10,11,12,13 выработки сигналов управления по курсу  $\psi_y$ , тангажу  $V_y$ , крену  $\gamma_y$  и высоте  $H_y$ , которые поступают на исполнительное устройство 3 /ИУ/. На другие входы упомянутых блоков 10,11,12,13 из измерителя 2 /ИКПУО/ поступают текущий значения указанных координат  $\psi_c$ ,  $V_c$  и  $\gamma_c$ , а из устройства 9 коррекции высоты и вертикальной скорости /УКВ и ВС/ поступает значение высоты  $H_k$ .

Выработка сигналов управления осуществляется путем решения известных математических зависимостей, а именно:

для управления продольным движением УО

$$\rho \delta_B = (K + \epsilon \cdot p + \eta p^2) V_c - K V_{пр}, \quad (1.1),$$

где  $V_c$  текущее значение угла тангажа,

$V_{пр}$  - программное значение угла тангажа,  $K$ ,  $\epsilon$ ,  $\eta$  - передаточные числа системы управления по цепи тангажа,

для управления движением по крену

$$\delta_\alpha = (K_{11} + \epsilon_{11} \cdot p) \gamma_c + (K_{12} + \epsilon_{12} \cdot p) \psi_c - K_{12} \cdot \gamma_{пр} \quad (1.2)$$

по курсу

$$\delta_\beta = (K_{21} + \epsilon_{21}) \gamma_c + (K_{22} + \epsilon_{22}) \psi_c - K_{22} \cdot \psi_{пр} \quad (1.3),$$

где  $K_{11}$ ,  $\epsilon_{11}$ ,  $K_{22}$ ,  $\epsilon_{22}$  передаточные числа прямых связей,

$K_{12}$ ,  $\epsilon_{12}$ ,  $K_{21}$ ,  $\epsilon_{21}$  передаточные числа перекрестных связей между каналами курса и крана

$\gamma_c$  текущее значение угла крена

$\psi_c$  текущее значение угла курса.

Для управления движением по высоте

$$\delta_B = q_{21}(p) H_k + q_{22}(p) V_c H_{пр} \quad (1.4),$$

где  $q_{21}(p)$ ,  $q_{22}(p)$  передаточные числа канала управления,

$V_c$  текущее значение угла тангажа,

$H_k$  текущее значение высоты,  $H_{пр}$  - программное значение высоты.

Техническая реализация устройства

выработки указанных сигналов управления и стабилизации движения УО известна в технической литературе, в частности в кн. Н.Г. Кузовнов. Системы стабилизации летательных аппаратов /баллистических и зенитных ракет/, М. Высшая школа, 1976, с 78, рис. 4.4, а также в кн. В.Д. Андреев. Теория инерционной навигации. Корректируемые системы, М. Наука, 1967, с. 38-45.

Допустим, что заданная траектория полета

УО состоит из четырех участков:

участок набора высоты,

участок горизонтального полета,

участок снижения,

участок горизонтального подлета к назначенному объекту.

Для набора заданной высоты на первом участке по сигналу с таймера 21 УФСУ 1 включается высотомер 5 /РВ/. Для исключения использования в системе недостоверных показаний РВ 5, связанных с возможностью частичного просачивания электромагнитного излучения антенной РВЛ 4 на антенну РВ 5, в систему введены блок 6 сравнения, блок 7 задания порога /БЗП/ и ключ 8.

В блоке 6 сравнения значение измеренной РВ 5 высоты сравнивается с заданным пороговым уровнем, соответствующим значению высоты, связанной с указанным нежелательным эффектом, и если измеренное значение высоты будет равно или меньше установленного порога, то сигнал с РВ 5 через ключ 8 в устройство 9 коррекции /УКВ и ВС/ не пройдет. В противном случае текущее значение высоты с РВ 5 поступит в устройство 9, где будет использоваться для коррекции высоты и вертикальной скорости, полученных из измерителя 2 /ИКПУО/. Работа устройства будет рассмотрена ниже.

При полете летательного аппарата /ЛА/ на втором /горизонтальном/ участке траектории измеренное значение дальности  $D_c$  из измерителя 2 поступает на компаратор 16 /К-р1/, где сравнивается с заданным порогом при достижении которого компаратор 16 через устройство 20 обмена информацией /УОИ/ выдает на РЛВ 4 сигнал на включение последнего. Кроме того, из ИКПУО 2 на РЛВ 4 поступает значение скорости  $V_{доп}$  движения управляемого объекта, которое используется для компенсации доплеровского сдвига частоты/ РЛВ 4 измеряет дальность до объекта назначения /ОН/  $D_{он}$  и значение углов рассогласования  $\Delta\psi, \Delta V_y$ , а также вырабатывает сигнал сопровождения /С/.

Значение измеренной РЛВ 4 дальности через УОИ 20 поступает на другой компаратор 17 /К-р2/, где также сравнивается с пороговым уровнем, при достижении которого компаратор 17 вырабатывает сигнал, выдаваемый в программный блок 18, по которому последний переводится в режим выработки данных на перевод УО на участок

снижения высоты. При наличии сигнала сопровождения и при достижении высоты снижения заданного значения с элемента И 19 на управляемые переключатели 14, 15 выдается сигнал, по которому последние вместо сигналов  $\psi_c$  и  $V_c$  выдают в блоки 10,11 выработки сигналов управления  $\psi_y$  и  $V_y$  сигналы углов рассогласования  $\Delta\psi$  и  $\Delta V_y$ , поступающие из РЛВ 4. В результате управления УО на четвертом участке полета

осуществляется по сигналам  $\Delta\psi$ ,  $Dv$ ,  $\gamma_c$  и  $H_k$  вплоть до приведения УО к объекту назначения.

Рассмотрим теперь работу устройства 9 коррекции высоты и вертикальной скорости /УКВ и ВС/. После включения РВ 5 его показания будут иметь погрешности, которые могут быть представлены в виде белого шума известной интенсивности в ограниченном диапазоне частот.

Для обеспечения наибольшей точности коррекции показаний измерителя 2 /ИКПУО/ по цепям  $H_c$  и  $\dot{H}_c$  в устройстве 9 коррекции

формируются переменные во времени коэффициенты  $K_1/t$ ,  $K_2/t$  и  $K_3/t$ . Закон изменения указанных коэффициентов получен путем решения нелинейного уравнения Риккати с учетом дисперсии начальных значений погрешностей измерителя 2 и дисперсий случайной погрешности РВ5 /см. Ю.П.Иванов и др. Комплексирование информационно-измерительных устройств летательных аппаратов. Под ред. Б.А.Бодхора. М. Машиностроение, 1984 г. с 73 /.

Ошибки измерителя 2 по высоте  $\Delta H_c$  и вертикальной скорости  $\dot{\Delta H}_c$  могут быть

аппроксимированы полиномом второй степени со случайными коэффициентами  $h_{10}$ ,  $h_{20}$ ,  $h_{30}$ :

$$\Delta H = h_{10} + h_{20}t + h_{30} \frac{t^2}{2},$$

$$\dot{\Delta H} = h_{20} + h_{30}t.$$

При выработке оценки  $y_1/t$  погрешности измерителя 2 по координате  $h_{10}$  коэффициент  $K_1/t$  в начальный момент времени имеет максимальное значение  $K_1/O/ = 1,0$  а затем быстро убывает, обеспечивая фильтрацию флуктуационных составляющих радиовысотомера.

Коэффициенты  $K_2/t$  и  $K_3/t$  используемые при выработке оценок  $y_2/t$  и  $y_3/t$  составляющих погрешности измерителя 2 координат и параметров управляемого объекта /ИКПУО/ по скорости  $h_{20}$  и ускорению  $h_{30}$ , в начальный момент времени равны 0  $K_2/O/ = 0$  и  $K_3/O/ = 0$ , а затем возрастают со временем до максимального значения, после чего убывают до нуля по окончании переходного процесса.

При выработке указанных коэффициентов в устройстве 9 коррекции высоты и вертикальной скорости используется кусочно-линейная аппроксимация вида:

$$K_1(t) = a_{1K} + b_{1K} \cdot \Delta t_{1K},$$

$$K_2(t) = a_{2N} + b_{2N} \cdot \Delta t_{2N},$$

$$K_3(t) = a_{3F} + b_{3F} \cdot \Delta t_{3F},$$

где  $K, N, F$  число участков аппроксимации каждого коэффициента  $a_{1K}$ ,  $a_{2N}$ ,  $a_{3F}$ ,  $b_{1K}$ ,  $b_{2N}$ ,  $b_{3F}$  постоянные величины.

Рассмотрим процесс коррекции высоты и вертикальной скорости в устройстве 9. Сигналы высоты  $H_c$  и вертикальной скорости

$\dot{\Delta H}_c$  с первого и второго выходов измерителя 2 ИКПУО поступает на первый и второй входы

устройства 9 коррекции, на третий и четвертый входы которого с ключа 8 и блока 6 сравнения поступают соответственно сигнал  $H_{PB}$  и достоверности информации. В блоке 22 разности сигнал  $H_{PB}$  вычитается из сигнала  $H_c$  и при наличии на втором входе управляемого ключа 8 сигнала достоверности разностный сигнал

$$\Delta H_{H_c H_{PB}}$$

через открытый ключ 38 поступает на первый вход второго блока 23 разности. Одновременно с этим по сигналу достоверности запускается таймер 37, сигналы с которого поступают на блок 32 портовых элементов. В начальный момент коррекции  $\Delta t_{11} = \Delta t_{21} = \Delta t_{31} = 0$  блок 32 пороговых элементов по сигналу с таймера 37 подключает к первому и второму входам блока 33 управляемых ключей первый и второй выходы блока 36 памяти, с которых снимаются значения коэффициентов  $a_{11}$ ,  $a_{21}$ ,  $a_{31}$  и  $b_{11}$ ,  $b_{21}$ ,  $b_{31}$ . В начальный момент времени значения коэффициентов с второго выхода блока 36 памяти соответственно равны:  $a_{11} 1,0$ ;  $a_{21} a_{31} 0$ .

Указанные сигналы с выходов блока 33 ключей поступают соответственно на входы блока умножения 35 и блока 34 сумматоров. На выходе блока 34 сумматоров формируется начальное значение коэффициента  $K_1 a_{11}$ , а значения коэффициентов  $K_2$  и  $K_3$  при этом будут равны 0. При этом в блоке 31 умножителей осуществляется умножение полученного в блоке 23 сигнала разности  $\Delta H_{H_c H_{PB}}$  на коэффициент  $K_1$

В результате с первого выхода блока 31 будет сниматься сигнал, пропорциональный произведению:

$$y_1/t/ K_1(H_c H_{PB})/t/.$$

На втором и третьем выходах блока 31 умножителей при этом будут сниматься сигналы нулевого уровня. Сигнал с первого выхода блока 31 поступает на первый вход сумматора 29, с выхода которого сигнал выдается на интегратор 26, на выходе которого сформируется сигнал, пропорциональный значению  $y/t/ K_1/ H_c H_{PB}/$ , который в свою очередь поступит на входы второго и третьего блоков 23,24 разности. В третьем блоке 24 разности этот сигнал вычитается из сигнала  $H_c$ , а т.к. в начальный момент  $K_1/t/ = 1,0$  то с выхода третьего блока 24 разности снимается сигнал, пропорциональный разности  $H_k H_c / H_c H_{PB}/ H_{PB}$ , т. е. в начальный момент времени коррекция сводится к замещению сигнала  $H_c$  сигналом  $H_{PB}$  как более точным. Этот сигнал и используется при выработке блоком 13 устройства 1 /УФСУ/ сигнала управления высотой  $H_y$ . В следующий момент времени на выходах блока 34 сумматоров будут сформированы сигналы, пропорциональные значения коэффициентов:

$$K_1(t) = a_{11} + b_{11} \cdot \Delta t,$$

$$K_2(t) = a_{21} + b_{21} \cdot \Delta t,$$

$$K_3(t) = a_{31} + b_{31} \cdot \Delta t,$$

которые поступают из входы блока 31 умножителей. В этом случае с первого выхода блока 31 умножителей будет сниматься сигнал, пропорциональный произведению выходного сигнала  $\varepsilon$  с второго блока 23 разности на коэффициент  $K_1$ , т. е.

$[K_1(t) \cdot \epsilon]$ .

С второго выхода блока 31 снимается сигнал, пропорциональный произведению

$[K_2(t) \cdot \epsilon]$ , а с третьего выхода сигнал, пропорциональный значению

$[K_3(t) \cdot \epsilon]$ .

Сигнал, пропорциональный  $K_3/t \cdot \epsilon$ , после интегрирования в интеграторе 28 становится пропорциональным оценке  $y_3$  ошибки измерителя 2 /ИКПУО/ по ускорению, в результате на выходе второго сумматора 30 формируется сигнал  $y_2 K_2 \cdot \epsilon + U_3$ , который после интегрирования во втором интеграторе преобразуется в сигнал, пропорциональный значению оценки  $y_2 y_{20} + U_3$  ошибки измерителя 2 по скорости. Сигнал с выхода второго интегратора 27 поступает на вторые входы первого сумматора 29 и четвертого блока 25 разности.

Выходной сигнал с сумматора 25 после его интегрирования в первом интеграторе 26 преобразуется в сигнал, пропорциональный значению ошибки по координате

$$y_1(t) = y_{10} + y_2(t) + y_3 \frac{t^2}{2}.$$

Сигнал  $y_2$ , поступающий на второй вход четвертого блока 25 разности, вычитается из сигнала  $\dot{H}_c$  вертикальной скорости,

поступающего на второй вход устройства 9 коррекции. В результате с выхода блока 25 разности будет сниматься сигнал, пропорциональный значению

$$\dot{H}_k = \dot{H}_c - y_2.$$

Сигнал  $y_1/t$  при этом поступит на второй вход третьего блока 24 разности, где он вычитается из сигнала  $H_c$ . Поэтому на выходе блока 24 сформируется сигнал, пропорциональный разности  $H_k H_c U_1$ .

Таким образом, с выходов устройства 9 будут сниматься значения откорректированных сигналов высоты  $H_k$  и вертикальной скорости  $\dot{H}_k$ .

В блоке 13 путем решения приведенного выше уравнения 1.4 вырабатывается сигнал управления по высоте.

При пропадании сигнала достоверности информации на четвертом входе устройства 9 коррекции управляемый ключ 8 выключится, а таймер 37 остановится и сбросится. В этом случае по сигналу с блока 32 пороговых элементов все ключи блока 33 разомкнутся, в результате значения коэффициентов  $K_1, K_2, K_3$  на выходе блока 34 сумматоров установятся равными нулю, при этом на выходе третьего интегратора запомнится значение поправки  $y_3/t_{\text{выкл}}$ , соответствующее моменту снятия сигнала достоверности. На выходе второго интегратора 27 запомнится значение  $y_2/t_{\text{выкл}}/y_{20} + U_3/t_{\text{выкл}} \cdot t_{\text{выкл}}$ , а на выходе первого интегратора 26 запомнится сигнал, пропорциональный значению

$$y_1(t_{\text{выкл}}) = y_{10} + y_2(t_{\text{выкл}}) + y_3(t_{\text{выкл}}) + \frac{t_{\text{выкл}}^2}{2}.$$

В результате выработки указанных оценок  $y_1/t$  и  $y_2/t$  по запомненным значениям оценок погрешностей измерителя 2 будет

продолжаться корректировка указанных погрешностей и при отсутствии сигнала с РВ 5.

### Формула изобретения:

1. Система управления движением беспилотного летательного аппарата, содержащая устройство формирования сигналов управления, исполнительное устройство, измеритель координат и параметров движения управляемого объекта и радиолокационный визир, выходы которого с первого по четвертый соединены соответственно с шестым девятым входами устройства формирования сигналов управления, а его первый и второй входы подключены соответственно к пятому и шестому выходам устройства формирования сигналов управления, выходы которого с первого по четвертый соединены с соответствующими входами исполнительного устройства, при этом первый пятый входы устройства формирования сигналов управления соединены соответственно с третьим седьмым выходами измерителя координат и параметров движения управляемого объекта, отличающаяся тем, что в нее введены устройство коррекции высоты и вертикальной скорости, радиовысотомер, блок сравнения, блок задания порога и ключ, при этом радиовысотомер, соединенный входом с седьмым выходом устройства формирования сигналов управления, выходом соединен с сигнальным входом ключа и с первым входом блока сравнения, второй вход которого подключен к выходу блока задания порога, выход блока сравнения соединен с четвертым входом устройства коррекции высоты и вертикальной скорости и с управляющим входом ключа, выход которого подключен к третьему входу устройства коррекции высоты и вертикальной скорости, первый и второй входы которого соединены соответственно с первым и вторым выходами измерителя координат и параметров движения управляемого объекта, а первый и второй входы его подключены соответственно к десятому и одиннадцатому входам устройства формирования сигналов управления, при этом устройство коррекции высоты и вертикальной скорости выполнено на основе четырех блоков разности, трех интеграторов, двух сумматоров, блока умножителей, блока пороговых элементов, блока ключей, блока сумматоров, умножителя, блока памяти, таймера и управляемого ключа, при этом первым и вторым выходами устройства коррекции высоты и вертикальной скорости являются соответственно выходы третьего и четвертого блоков разности, первые входы третьего и четвертого блоков разности подключены соответственно к первому и второму входам устройства коррекции высоты и вертикальной скорости, первый и третий входы которого подключены соответственно к первому и второму входам первого блока разности, а его четвертый вход соединен с управляющим входом управляемого ключа и через таймер подключен к первому входу блока пороговых элементов, выход которого соединен с первым входом блока ключей, второй вход подключен к второму выходу блока памяти, первый выход которого соединен с вторыми входами блока пороговых элементов и

умножителя, первый вход которого подключен к первому входу блока ключей, второй выход которого соединен с вторым входом блока сумматоров, первый вход которого подключен к выходу умножителя, три выхода блока сумматоров соединены соответственно с вторым, третьим и четвертым входами блока умножителей, первый вход которого связан с выходом второго блока разности, первый вход которого соединен с выходом первого блока разности через управляемый ключ, первый вход блока умножителей подключен к первому входу первого сумматора, второй выход блока умножителей соединен с первым входом второго сумматора, а его третий выход связан через третий интегратор с вторым входом второго сумматора, связанного выходом через второй интегратор с вторым входом четвертого блока разности и вторым входом первого сумматора, выход которого связан через первый интегратор с вторыми входами второго и третьего блоков разности.

2. Система по п.1, отличающаяся тем, что устройство формирования сигналов управления выполнено на основе четырех блоков выработки сигналов управления соответственно по курсу, тангажу, крену и высоте, двух управляемых переключателей, двух компараторов, программного блока, элемента И, устройства обмена информацией и таймера, при этом первый вход устройства обмена информацией подключен к выходу таймера, второй его вход соединен с первым входом устройства формирования сигналов управления, а третий вход связан с через первый компаратор с вторым входом устройства формирования сигналов управления, входы устройства обмена информацией с четвертого по седьмой соединены с входами соответственно с шестого по девятый устройства формирования сигналов управления, первый и второй выходы устройства обмена информацией связаны соответственно с пятым и шестым выходами устройства формирования сигналов управления, седьмым выходом которого является седьмой выход устройства обмена информацией, третий выход которого связан через второй компаратор с входом программного блока, первый выход которого подключен к третьему

5 входу блока выработки сигнала управления по высоте, первый выход которого соединен с четвертым выходом устройства формирования сигналов управления, второй выход программного блока подключен к второму входу блока выработки сигнала управления по тангажу, выход которого соединен с третьим выходом устройства формирования сигналов управления, третий выход программного блока подключен к третьему входу блока выработки сигнала управления по крену, выход которого соединен с первым выходом устройства формирования сигналов управления, а четвертый выход программного блока подключен к четвертому входу первого управляемого переключателя, подключенного к первым и вторым выходами к соответствующим входам блока выработки сигнала управления по курсу, выход которого соединен с вторым выходом устройства формирования сигналов управления, первый вход первого управляемого переключателя соединен с четвертым входом устройства формирования сигналов управления и вторым входом блока выработки сигнала управления по крену, первый вход которого связан с пятым входом устройства формирования сигналов управления, второй вход первого управляемого переключателя подключен к четвертому выходу устройства обмена информацией, а его третий вход соединен с выходом элемента И и с третьим входом второго управляемого переключателя, выход которого подключен к первому входу блока выработки сигнала управления по тангажу, второй вход второго управляемого переключателя подключен к пятому выходу устройства обмена информацией, подключенного шестым выходом к первому входу элемента И, а первый вход второго управляемого переключателя соединен с третьим входом устройства формирования сигналов управления и четвертым входом блока выработки сигнала управления по высоте, подключенного вторым выходом к второму входу элемента И, при этом первый и второй входы блока выработки сигнала управления по высоте соединены соответственно с десятым и одиннадцатым входами устройства формирования сигналов управления.

50

55

60