

УДК [629.7.052:621.37]:629.735.45

В.А. Малышев, В.Г. Машков
**МАЛОГАБАРИТНАЯ РАДИОЛОКАЦИОННАЯ СИСТЕМА
БЕЗОПАСНОЙ ПОСАДКИ ВЕРТОЛЕТА**

*Военный учебно-научный центр Военно-воздушных сил «Военно-воздушная академия им. профессора Н.Е. Жуковского и Ю.А. Гагарина»,
Воронеж, Россия*

Актуальность исследования обусловлена необходимостью создания радиолокационной системы посадки вертолета на неподготовленную площадку, поскольку этот этап полета связан с наибольшим количеством авиационных происшествий. В настоящее время разработка систем безопасной посадки вертолетов является одной из приоритетных задач. Этими вопросами занимается значительное число фирм за рубежом и в нашей стране. Одной из ключевых проблем при посадке на неподготовленные площадки являются условия недостаточной видимости. При посадке на сухой или заснеженный грунт воздушная струя от несущего винта вертолета поднимает твердую взвесь, что критически снижает видимость и может привести к неправильной оценке пилотом положения вертолета относительно земли, кроме того, могут остаться незамеченными препятствия в зоне посадки (большие камни, статичные и движущиеся объекты). Кроме этого, в сложных метеорологических условиях или недостаточной освещенности в зоне посадки могут находиться кустарники, деревья, линии электропередач, мачты, здания, сооружения и т.д. В связи с этим, в данной статье предложена практическая реализация этого устройства, с описанием работы. Вертолетные системы безопасной посадки радиолокационного типа способны обеспечить решение возлагаемых на них задач в любое время суток, в простых и сложных метеоусловиях, при наличии естественных и искусственных помех и имеют ряд особенностей применения. Материалы статьи представляют практическую ценность специалистам, занимающимся вопросами посадки вертолета в арктической зоне, в труднодоступной лесной, горной местности и т.д.

Ключевые слова: радиолокационная система, посадка вертолѐта, неподготовленная площадка, слепая посадка.

ВВЕДЕНИЕ

Посадка на неподготовленную площадку – один из самых сложных элементов пилотирования вертолета, она сопряжена с повышенным риском аварии и человеческих жертв. Необходимость в посадке на неподготовленные площадки возникает в первую очередь в военной авиации: высадка, эвакуация, доставка боеприпасов и грузов в боевых условиях – в этих полетных заданиях зачастую приходится сажать вертолет в неподготовленной или неразведанной зоне посадки (или зависать непосредственно над ней). Слепая посадка на неподготовленные площадки становится причиной значительного процента авиационных происшествий.

Одной из ключевых проблем при посадке на неподготовленные площадки являются условия недостаточной видимости (УНВ, англ. degraded visual environment, DVE). Под УНВ понимается слабая или нулевая оптическая видимость за кабиной обстановки, обусловленная любым из следующих факторов или их сочетанием: слабая освещенность, неблагоприятные метеорологические условия (туман, метель и т. д.), поднимаемый винтом вертолета вихрь твердых частиц [1].

При посадке на сухой или заснеженный грунт воздушная струя от несущего винта вертолета поднимает твердую взвесь, что критически снижает видимость и может привести к неправильной оценке пилотом положения вертолета относительно земли, кроме того, могут остаться незамеченными препятствия в зоне посадки (большие камни, статичные и движущиеся объекты). Термин «пыльный вихрь» (brownout) описывает это явление при посадке или взлете на сухой поверхности. Подобные же условия при посадке или взлете на заснеженной поверхности описываются термином «снежный вихрь» (whiteout). По мере входа вертолета в пыльное (снежное) облако видимость намеченных для посадки ориентиров ухудшается, а затем исключается полностью [1, 2]. Кроме этого в сложных метеорологических условиях или недостаточной освещенности в зоне посадки могут находиться кустарники, деревья, линии электропередач, мачты, здания, сооружения и т.д.

Для кардинального решения вопроса безопасности полетов в таких ситуациях необходима разработка специальной малогабаритной радиолокационной системы, предназначенной для установки на воздушные суда (ВС) вертолетного типа и обеспечивающей решение задачи безопасной посадки ВС днем и ночью в любых метеоусловиях.

Условное наименование образца – паркэроник (ПРКЭР), в состав которого входят: приемо-передающий блок; спецпроцессор обработки; антенно-фидерное устройство (АФУ); привод АФУ ПРКЭР с системой стабилизации и управления; индикатор; стабилизаторы питания (при необходимости).

Требования, предъявляемые к ПРКЭР для обеспечения работы по назначению при следующих условиях полета носителя:

- высота полета 50...10 м;
- минимально допустимые крен и тангаж;
- обеспечение зондирования земной поверхности в режиме импульсной некогерентной радиолокационной станции со следующими параметрами:
 - а) миллиметровый диапазон длин волн $\lambda = 8\text{ мм}$
($f_0 = 37,5\text{ ГГц}$)

- b) линейная разрешающая способность 1 м по дальности и азимуту;
 - c) вынос зоны обзора не зависит от высоты полета ВС и составляет 15 м;
 - d) дальность обнаружения наземных (морских) объектов должна составлять 100 м;
- обеспечение индикации отметки объекта на ЖК индикаторе с интервалом 0,5 с.

АНАЛИЗ РАБОТЫ РЛС ПРКТР

Конструктивно ПРКТР выполнен по функционально-блочному методу в виде отдельных блоков и приборов. Цифровой индикатор опасных зон устанавливается в кабине вертолета на приборной панели. Два приемо-передающих модуля монтируются под фюзеляжем.

ПРКТР представляет собой двуканальную импульсную некогерентную радиолокационную станцию (РЛС), для которой характерно следующее:

- в каждый момент времени земная поверхность облучается радиоимпульсами наносекундной длительности, причем излучение зондирующего сигнала происходит через две узконаправленные разнесенные антенны. Одна из антенн жестко закреплена, диаграмма направленности антенны (ДН) направлена вертикально вниз под ВС. Вторая антенна находится на вращающейся в горизонтальной плоскости платформе и содержит механизм наклона антенны по углу места. ДН этой антенны последовательно сканирует область земной поверхности под ВС на некотором удалении от вертикали, описывая круг в горизонтальной плоскости. В зависимости от текущей высоты ВС изменяется угол наклона антенны для того, чтобы сканируемая область не менялась;
- обработка принимаемых сигналов некогерентная, двуканальная, сводится к измерению времени прохождения сигнала к земной поверхности и обратно по двум каналам. Временной интервал между излучаемым и отраженным импульсом – текущая дальность до объекта. Разница в задержке сигналов первого и второго канала в каждый момент времени с учетом поправочного коэффициента на наклонную дальность второго канала показывает относительный перепад высот в месте посадки ВС.

Основная задача ПРКТР – выдача в каждый момент времени (период повторения $T = 0,5$ с) на ЖК индикатор с нанесенной на нем шкалой

дальностей отметок от объектов с высотой, превышающей допустимые нормы, которые находятся в опасной близости под ВС. Вычисление дальности в ПРКТР основано на измерении времени прохождения сигнала к земной поверхности и обратно. Временной интервал между излучаемым и отраженным импульсом, измеряется путем подсчета числа измерительных импульсов, формируемых высокостабильным генератором.

Метод импульсного измерения расстояния, который положен в основу алгоритма функционирования ПРКТР состоит в следующем.

Запуск устройства измерения текущей дальности осуществляется в момент излучения зондирующих импульсов от синхронизатора РЛС (Рисунок 1). В результате генератор счетных импульсов (ГСИ) начинает формировать последовательность импульсов с периодом следования, причем $T_{сч} \ll T_{и}$, где $T_{и}$ – период следования зондирующих импульсов. В этот же момент начинает формироваться селекторный импульс в формирователе селекторного импульса (ФСИ). В момент формирования переднего фронта селекторного импульса открывается селектор импульсов (СИ). В результате на цифровой счетчик импульсов (ЦСИ) начинают поступать счетные импульсы (СЧИ) и ЦСИ подсчитывает количество импульсов, поступивших на его вход.

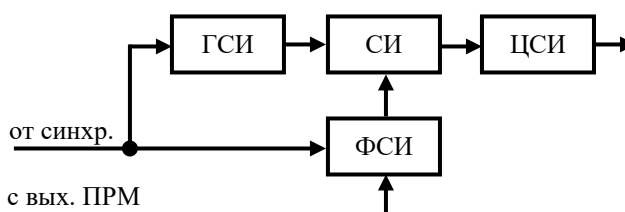


Рисунок 1 – Принцип действия РЛС ПРКТР

Подсчет счетных импульсов продолжается до тех пор, пока не наступит запирание СИ. Запирание СИ происходит в момент формирования заднего фронта селекторного импульса, который наступает при поступлении на вход ФСИ сигнала, отраженного от цели с выхода ПРМ РЛС. Таким образом, на выходе ЦСИ получаем цифровой код, соответствующий времени запаздывания $t_{д}$ сигнала, отраженного от цели. Следовательно, $t_{д} = N_{д} T_{и}$, где $N_{д}$ – количество тактовых импульсов, поступивших на вход ЦСИ за время $t_{д}$. Отсюда дальность D до цели

$$D = \frac{ct_{д}}{2} = \frac{cN_{д}T_{сч}}{2}. \quad (1)$$

В связи с тем, что показания измерителя дальности в каждом канале изменяются только тогда, когда число $N_{д}$ изменится на единицу, то имеет

место дискретность отсчета t_d и, следовательно, дальность до цели дискретна и равна $\Delta D = 0,5cT_{сч}$.

Как видно из Рисунка 1б, однозначный отсчет дальности до цели возможен тогда, когда $t_d \leq T_{и}$. Поэтому, выбирая период следования $T_{и}$ зондирующих импульсов при заданной максимальной дальности $D_{макс}$, следует находить из условия

$$T_{и} \geq t_{д макс} = \frac{2D_{макс}}{c}. \quad (2)$$

С учетом того что $D_{макс} = 50$ м, следовательно $t_{д макс} = 0,33$ мкс, а период следования взятый с некоторым запасом равен $T_{и} = 1$ мкс.

Исходя из того, что погрешность в определении относительного перепада высот в месте посадки ВС не должна превышать 1 м, погрешность определения дальности до объекта выбирается равной $\Delta D = 0,5$ м, а $T_{сч}$ не должен превышать 3 нс.

При заданной максимальной дальности действия РЛС $D_{макс}$ и требуемой погрешности ее определения ΔD можно определить максимальное число разрядов двоичного счетчика, необходимое для реализации ЦСИ, из условия

$$2^n \geq D_{макс} / \Delta D = 2^7.$$

Энергетические соотношения

В соответствии с формулой дальности радиолокации

$$D^4 = \frac{2 \frac{P_{и}}{Q} G S_a \sigma_{уд} \delta x \delta r}{(4\pi)^2 N_0 R_0 \alpha_n}, \quad (3)$$

независимо от типа зондирующего сигнала получение разрешающей способности 1 м по дальности и азимуту требует импульсную мощность передатчика 1 мВт при удельной ЭПО подстилающей поверхности $\sigma_{уд} = -14$ дБ, требуемом отношении сигнал (фон местности)/ внутренний шум $R_0 = 20$ дБ; потерях на обработку $\alpha_n = 20$ дБ, спектральной плотности мощности шумов $N_0 = 4 * 10^{-21}$ Вт/Гц, скважности

$$Q = \frac{T_{и}}{\tau_{и}} = 170$$

при длительности зондирующего импульса $\tau_{и} = 6$ нс, $G = 200$ – усилении антенны и эффективной площади антенны $S_a = 0,15^2$ м².

Обеспечить заданный энергетический потенциал можно либо антенной большой площади и малой средней мощности передатчика, либо небольшой антенной, но при большей мощности передатчика.

Схема ПРКТР подразумевает использование импульсов наносекундной длительности (6 нс) для снижения «мертвой зоны» (недостаток импульсных РЛС) до 10 метров и ошибке вычисления дальности до объекта – 0,5 м. В этом случае необходим антенный переключатель высокого быстродействия, для запираания ПРМ в момент излучения. Также должна обеспечиваться развязка между приемными и передающими каналами для ослабления проникающего сигнала из ПРД канала в ПРМ.

В качестве зондирующего сигнала, не перегружая систему ПРКТР дополнительной обработкой, целесообразней использовать простую и широко распространенную последовательность немодулированных импульсов прямоугольной формы длительностью $\tau_{\text{и}}$ с несущей частотой $f_0 = 37,5$ ГГц.

Для получения разрешающей способности по дальности 1 м требуется импульс длительностью

$$\tau_{\text{и}} = \frac{2\delta r}{c} = 6 \text{ нс.}$$

При $T_{\text{и}} = 1$ мкс, скважность импульсов $Q = 170$, что может быть реализовано на существующей элементной базе.

В зависимости от тактической задачи решаемой ПРКТР для снижения массогабаритных размеров антенной системы ПРКТР выбран миллиметровый диапазон длин волн с $\lambda = 8$ мм. В диапазоне длин волн $\lambda = 3$ мм сложно на практике реализовать отдельные элементы структурной схемы ПРКТР, например, опорный генератор, антенный переключатель и т.д.

Структурная схема

К основным элементам ПРКТР относятся передатчик, генерирующий радиоимпульсы; антенно-фидерное устройство, излучающее и принимающее радиоимпульсы после их отражения; приемник для усиления и преобразования отраженных радиоимпульсов; индикатор; синхронизатор – для координирования работы передатчика, приемника и индикатора. К возможным вспомогательным устройствам РЛС могут относиться система перестройки несущей частоты для борьбы с активными помехами.

1) Передатчик

Импульсы синхронизатора запускают опорный генератор передатчика, который вырабатывает радиоимпульсы миллиметрового диапазона длин волн $\lambda = 8$ мм с длительностью 6 нс прямоугольной

формы. В качестве такого опорного генератора небольшой мощности возможно использовать вакуумные генераторы малой мощности на базе ЛОВ или диодах Ганна и лавинно-пролетных диодах.

2) Антенно-фидерное устройство

Это устройство включает в себя собственно две антенны, антенный переключатель и систему управления диаграммой направленности для подвижной антенны.

Одна из антенн жестко закреплена, ДН направлена вертикально вниз под ВС. Вторая антенна находится на вращающейся в горизонтальной плоскости платформе и содержит механизм наклона антенны по углу места. Система управления в зависимости от текущей высоты ВС управляет ДН этой антенны. В нее входят механизм вращения и наклона антенны, датчик углового положения антенны и блок управления.

Исходя из требований к системе ПРКТР, для определения рабочей зоны при осуществлении посадки необходимо исходить из следующих положений (Рисунок 2):

- ширина зоны вокруг вертолета 1 м;
- удаление зоны $R = 15$ м (определяется исходя из размеров вертолета с работающими винтами, так, например, размер МИ-8 составляет 26 м);
- рабочая высота ПРКТР от 50 м до 10 м.

Исходя из требований (к разрешению и диапазону высот), угол наклона подвижной антенны должен изменяться в соответствии с законом от

$$\alpha = \arctg \frac{R\delta r / 2}{H_{\text{тек}}}, \quad (4)$$

где δr – разрешение по дальности, $H_{\text{тек}}$ – текущая высота ВС. Что соответствует углу наклона $17,2^\circ$ на максимальной высоте 50 м и $57,2^\circ$ на минимальной высоте 10 м.

Закон изменения угла наклона антенны во времени необходимо осуществлять дискретно в зависимости от изменения высоты ВС. Если шаг будет равен δr , ошибка определения удаления рабочей зоны ПРКТР определяемая как $\Delta R = \text{tg}\alpha$, будет изменяться от 30 см до 1,55 м, что будет оказывать существенное влияние на точность работы системы ПРКТР в целом. Поэтому дополнительно необходимо осуществлять комплексирование системы управления подвижной антенны с бортовыми

инерциальными системами, ошибки измерения изменений высоты которых не превышают нескольких сантиметров.

Для определения типа и размеров антенн, в первую очередь требуемой ДН воспользуемся Рисунком 2. Так как при фиксированной ДН с уменьшением высоты ВС разрешающая способность РЛС улучшается, то ДН при максимальной рабочей высоте ПРКТР должна составлять $2\Theta_{0,5} = 1,05^\circ$. На минимальной высоте ПРКТР при такой ДН разрешение будет составлять порядка 0,6 м.

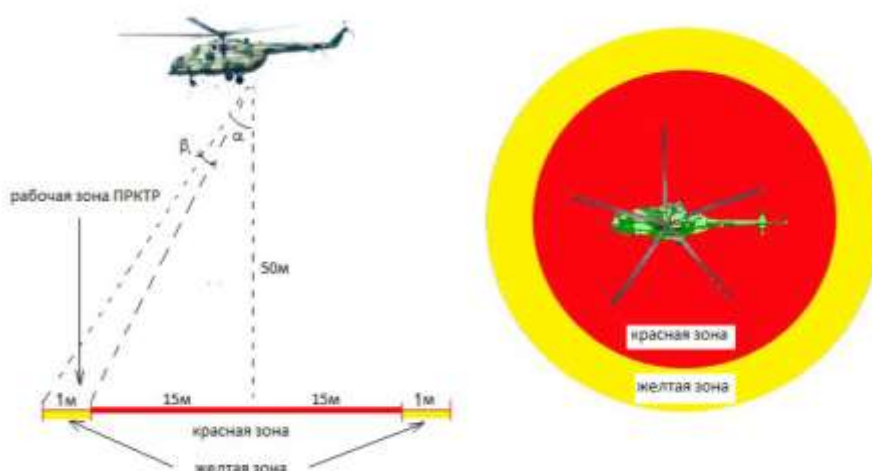


Рисунок 2 – Диаграмма направленности ПРКТР

В качестве антенны с такой узкой ДН и малыми массогабаритными размерами целесообразнее использовать зеркальную параболическую антенну (ЗА), которая состоит из облучателя и зеркала (Рисунок 3, где: h – глубина зеркала; f – фокусное расстояние; $2\phi_0$ – угол раскрытия; L_3 – максимальный линейный раскрыв). Зеркало обеспечивает преобразование криволинейного фронта волны облучателя в плоский фронт, при этом в раскрыве ЗА обеспечивается синфазность поля.

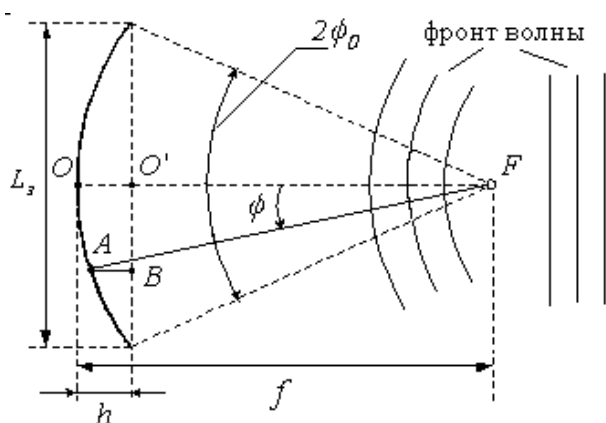


Рисунок 3 – Зеркальная параболическая антенна

Из теории антенн согласно амплитудно-фазовому распределению, ширину ДН можно оценивать, используя соотношения:

$$2\theta_{0,5} = 58,9^\circ \frac{\lambda}{L_3}. \quad (5)$$

Решая обратную задачу, получаем $L_3 = 2R_3 = 45$ см. УБЛ равен минус 17 дБ, а КНД

$$D_0 = \frac{4\pi}{\lambda^2} \cdot \pi R_3^2 = 40 \text{ дБ}. \quad (6)$$

Для преобразования сферического фронта ЭМВ в плоский фронт, необходимо использовать зеркало с параболическим профилем. Для расчета параметров зеркальной антенны используются соотношения:

$$L_3^2 = 16fh \text{ и } L_3 = 4f \cdot \operatorname{tg}\left(\frac{\varphi_0}{2}\right). \quad (7)$$

Откуда при $2\varphi_0 = 120^\circ$ получаем $f = 19,5$ см, а $h = 6,5$ см.

Ширина полосы рабочих частот ЗА определяется допустимым снижением коэффициента усиления и допустимым изменением ширины ДН. Поляризация ЗА определяется поляризацией облучателя.

В качестве облучателей используются слабонаправленные антенны, при этом различают точечные облучатели и линейные. Точечные облучатели формируют сферический фронт волны и к ним относятся: открытый конец волновода, спиральные антенны и рупорные антенны.

Основными требованиями, предъявляемыми к облучателям, являются: формирование требуемого фронта волны; ДН облучателя должна обеспечивать определенный «перехват» энергии зеркалом; минимальное затенение раскрыва зеркала. Чаще всего используют в качестве облучателей ЗА открытый конец волновода. Для стандартных волноводов ширина ДН в Е-плоскости составляет $100^\circ \dots 120^\circ$, а в Н-плоскости – $80^\circ \dots 90^\circ$. Для увеличения ДНА в Н-плоскости до 120° возможно использовать облучатель (Рисунок 4, $\varphi = 60^\circ$), при $a = 4,4$ мм и $b = 3,4$ мм, вычисленных из формул

$$2\theta_{0,5}^H = 66 \frac{\lambda}{a} \text{ и } 2\theta_{0,5}^E = 51 \frac{\lambda}{b} \text{ соответственно.}$$

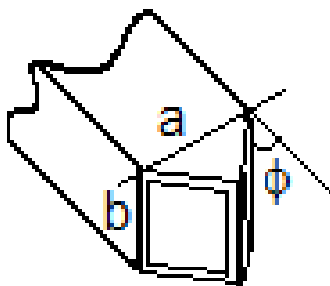


Рисунок 4 – Раскрыв облучателя

Для обеспечения кругового сканирования подвижной антенной области вокруг ВС и индикации отметки объекта на ЖК индикаторе с интервалом 0,5 с, необходимо чтобы угловая скорость вращения платформы (диска) составляла 120 гр/с (2 оборота/с). Снизить требования по частоте вращения возможно за счет увеличения периода обзора пространства, зависимость прямо пропорциональная.

Механизм наклона антенны по углу места должен обрабатывать изменения высоты полета ВС с шагом в 0,1 м, тогда ошибка захвата исследуемой области не будет превышать 15 %.

Ширина ДН неподвижной антенны не должна превышать 30° в Е и Н-плоскостях. В этом случае, в целях снижения конечной стоимости системы ПРКТР целесообразнее использовать рупорную антенну (Рисунок 5). Рупорные антенны являются простыми и широкополосными антеннами.

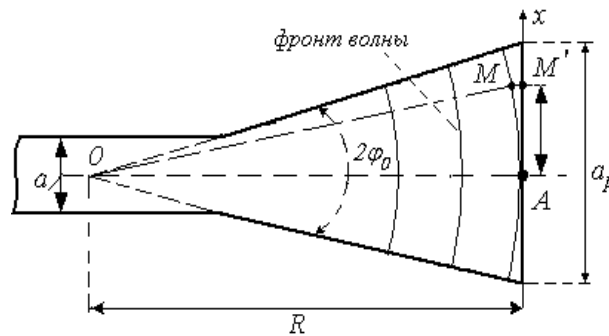


Рисунок 5 – Рупорная антенна

Для расчета оптимального Н-плоскостного секториального рупора используются следующие соотношения:

$$R_{\text{опт}}^{\text{Н}} = \frac{a_p^2}{3\lambda} \text{ и } 2\theta_{0,5}^{\text{Н}} = 80 \frac{\lambda}{a_p}; \quad (8)$$

для расчета Е-плоскостного секториального рупора

$$R_{\text{опт}}^{\text{Е}} = \frac{b_p^2}{2\lambda} \text{ и } 2\theta_{0,5}^{\text{Е}} = 56 \frac{\lambda}{b_p}. \quad (9)$$

Следовательно, при $\lambda = 8 \text{ мм}$, $a = 2,1 \text{ см}$, $b = 1,5 \text{ см}$ и $R_{\text{опт}} = 2 \text{ см}$.

3) Приемник

Приемник должен быть выполнен по гомодинной схеме с малошумящим усилителем радиочастоты (МШУ), чтобы как можно меньше ограничивать прием слабых сигналов. Полоса пропускания приемника должна быть согласована с шириной спектра принимаемых сигналов.

Рассмотрим принцип работы ПРКТР по упрощенной структурной схеме (Рисунок 6). Высокостабильный опорный генератор высокочастотных колебаний с помощью модулятора частот формирует заданный вид зондирующего импульсного сигнала на несущей частоте, который запускается по сигналам синхронизатора для обеспечения согласованности всего приемопередающего тракта. В усилителе мощности на выходе передающего тракта необходимость отсутствует, так как достаточно мощности 1 мВт получаемой непосредственно от опорного генератора.

После антенного переключателя периодическая последовательность импульсов излучается каждой антенной (подвижной и неподвижной) в пределах своей заданной диаграммы направленности. Поляризация излучаемой и принимаемой волн определяется конструкцией антенн (поляризаторов). При полном поляризационном зондировании и приеме каждая антенна формирует четыре независимых канала на прием волн с поляризацией ГГ, ВВ, ГВ и ВГ. Далее в структуре ПРКТ рассматривается один из каналов.

Система стабилизации и управления обеспечивает перемещение ДН подвижной антенны в соответствии с требуемым режимом обзора земной поверхности. При «телескопическом» обзоре ДН антенны обеспечивает непрерывный подсвет заданного участка (в виде кольца) земной поверхности путем слежения за ним при изменении высоты и траектории движения ВС. Это отслеживается по сигналам от инерциальных систем и датчиков углового положения.

Автоматическая коммутация передающего канала на приемный осуществляется в антенном переключателе. Выбор переключателя осуществляется, прежде всего, по вносимым потерям, по развязке между каналами и времени переключения. Современные переключатели имеют возможность осуществления полного перехода от режима приема к передаче за единицы наносекунд, что существенно уменьшает мертвую зону видимости миллиметрового радиолокатора.

Антенный коммутатор может быть выполнен в виде функционально законченного СВЧ модуля по ГИС технологии с использованием бескорпусных переключательных р-і-n диодов или с использованием МЭМС технологии.

Электромагнитные волны, отраженные от объектов в зоне обзора, поступают как на неподвижную, так и на подвижную антенны и формируют два сигнала, соответствующие каналу измерения высоты (неподвижная антенна) и каналу измерения дальности (подвижная антенна). После усиления в малощумящем усилителе радиочастоты электромагнитные импульсы высокочастотного колебания поступают на второй вход смесителя. Далее осуществляется квадратурная обработка и детектирование.

С выхода амплитудного детектора сигналы подаются на пороговое устройство, где порог обнаружения устанавливается в соответствии с критериями обнаружения и измеренной дисперсией шума $D_{ш}$.

Для случая использования пачки радиоимпульсов $N_{п} = 5$ ($\tau_{и} = 6$ нс, $Q = 2$) устанавливается видеоинтегратор, где происходит некогерентное накопление сигнала, позволяющее повысить отношение сигнал/шум на входе пороговой схемы. Однако, применение пачки наносекундных импульсов с малой скважностью, требует дополнительного исследования возможности технической реализации этого на существующей элементной базе.

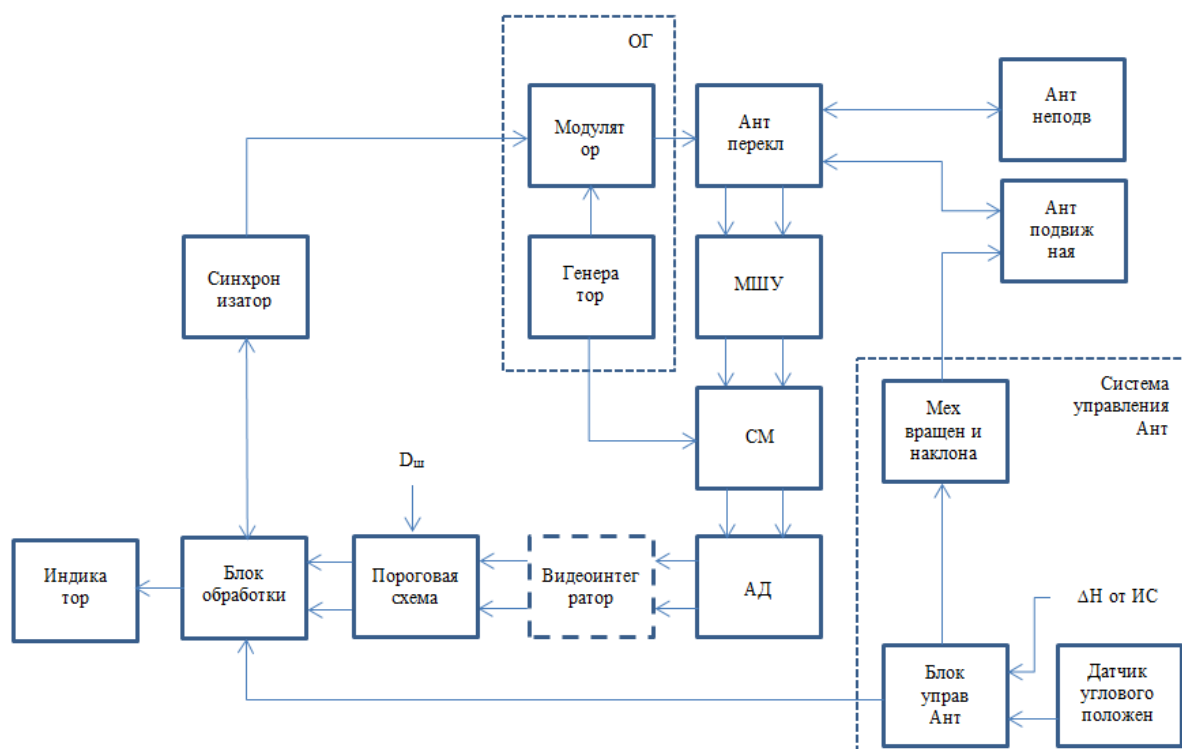


Рисунок 5 – Упрощенная структурная схема ПРКТР

На структурной схеме изображен двухканальный блок обработки сигналов, который осуществляет подсчет счетных импульсов до момента поступления сигналов с пороговой схемы и генерирует цифровой код, соответствующий времени запаздывания сигнала в канале дальности и цифровой код, соответствующий времени запаздывания сигнала в канале высоты. По значениям кода высоты и углу наклона подвижной антенны с блока датчиков углового положения вычисляется расчетная дальность до исследуемой области («кольца» обзора подвижной антенны). Это значение сравнивается с измеренной дальностью и, если разность превышает пороговый уровень, происходит выдача отметки на индикатор об опасном объекте в зоне посадки ВС. Пороговый уровень необходимо изменять в

зависимости от текущей высоты ВС, что должно учитываться в блоке обработки. Для определения углового положения опасного объекта относительно ВС в блок обработки поступают данные от инерциальной системы и датчиков углового положения.

Функционирование системы обработки обеспечивается набором алгоритмов решения задач (алгоритмическое обеспечение) и аппаратными средствами (аналоговыми и цифровыми процессорами и ЭВМ).

При реализации предложенной схемы необходимо уделить особое внимание при выборе высокостабильного опорного генератора миллиметрового диапазона сверхкоротких импульсов, высокоскоростного антенного переключателя приема-передающего канала и вращающейся гиросtabilизированной платформы.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Т.о. реализация промышленностью разработанного парктроника для безопасной посадки воздушного судна вертолетного типа в условиях недостаточной видимости на неподготовленную площадку позволит снизить риск аварий и человеческих жертв.

ЛИТЕРАТУРА

1. Сажаем вертолет вслепую: обзор технологий синтетического зрения: [Электронный ресурс]. URL: <https://geektimes.ru/post/280278/>. (дата обращения: 07.12.2017).
2. Особенности взлетов и посадок на пыльных, песчаных или заснеженных площадках: [Электронный ресурс]. URL: <http://www.svvaul.ru/component/k2/600-osobennosti-vzletov-i-posadok-na-pylnykh-peschanykh-ili-zasnezhennykh-ploshchadkakh/>. (дата обращения: 07.12.2017).

V.A. Malyshev, V.G. Mashkov
**SMALL-SIZED RADAR-TRACKING SYSTEM
SAFE LANDING OF THE HELICOPTER**

*Military Educational-Research Centre of Air Force «Air Force Academy named
after professor N.E. Zhukovsky and Y.A. Gagarin»,
Воронеж, Россия*

The research urgency is caused by necessity creation of a radar system, the helicopter landing on an unprepared ground, as this phase flight is associated with the greatest number accidents. Currently, the development systems for safe landing helicopters is one the priority tasks. These issues are dealt with significant number companies abroad and in our country. One the key problems when landing on unprepared ground are the conditions of insufficient visibility. When landing on dry or snow-covered soil air jet from the main rotor the helicopter picks up suspended solids that critically reduces visibility and may lead to an incorrect assessment by the pilot the helicopter position relative to the earth, moreover, may go undetected obstacles in the landing zone (large stones, static and moving objects). In addition, adverse weather conditions or insufficient light in the landing zone can be shrubs, trees, power lines, masts, buildings, structures, etc. In this regard, this article proposed a practical implementation this device, describing the work. Helicopter safe landing system radar is capable decision entrusted to them at any time of the day, in VFR and IFR weather conditions, in the presence natural and artificial interference, and have a number features of the application. The materials the article are of practical value to professionals in the field helicopter landing in the Arctic, in remote forested, mountainous, mountain area terrain, etc.

Keywords: radar-tracking system, landing of the helicopter, unprepared platform, blind landing.

REFERENCES

3. Sazhaem vertolet vslepuyu: obzor tekhnologiy sinteticheskogo zreniya: [Elektronnyy resurs]. URL: <https://geektimes.ru/post/280278/>. (data obrashcheniya: 07.12.2017).
4. Osobennosti vzletov i posadok na pyl'nykh, peschanykh ili zasnezhennykh ploshchadkakh: [Elektronnyy resurs]. URL: <http://www.svvaul.ru/component/k2/600-osobennosti-vzletov-i-posadok-na-pyl'nykh-peschanykh-ili-zasnezhennykh-ploshchadkakh/>. (data obrashcheniya: 07.12.2017).