

*Хабибуллин К.Р.,*

*курсант*

*ФГКВОУ ВО «Ярославское высшее военное училище*

*противовоздушной обороны»*

*Россия, г. Ярославль*

*Рабалданов Ш.К.,*

*курсант*

*ФГКВОУ ВО «Ярославское высшее военное училище*

*противовоздушной обороны»*

*Россия, г. Ярославль*

## **АЛЬТЕРНАТИВНЫЕ СПОСОБЫ ЗАЩИТЫ ОТ ПРОТИВОРАДИОЛОКАЦИОННЫХ РАКЕТ (ПРР)**

***Аннотация:** Рассмотрен метод защиты от противорадиолокационной ракеты с использованием беспилотного летательного аппарата. Способы размещения беспилотного летательного аппарата над радиолокационной станцией, и оптимальные высоты и углы полета.*

***Ключевые слова:** Беспилотный летательный аппарат, пассивная радиолокационная головка самонаведения, противорадиолокационная ракета.*

***Annotation:** The method of protection against anti-radar missiles using an unmanned aerial vehicle is considered. Ways of placing an unmanned aircraft over the radar station, and optimal altitudes and flight angles.*

***Keywords:** Unmanned aerial vehicle, passive radar homing head, anti-radar missile.*

Авиационные противорадиолокационные ракеты (ПРР) рассматриваются зарубежными военными специалистами как одно из основных средств поражения РЛС наземного и корабельного базирования. Они состоят на

вооружении самолетов тактической авиации и авиации ВМС практически во всех основных западных государствах. В настоящее время основными разработчиками и производителями ракет такого типа являются США, Великобритания и Франция. Здесь активно ведутся НИОКР, направленные на совершенствование имеющихся и создание новых образцов авиационных ПРР.

Наиболее часто в военных конфликтах последнего времени использовались ПРР AGM-88 HARM. Конструктивно она состоит из пассивной радиолокационной головки самонаведения (ПРГСН), боевой части, системы управления и двигательной установки. На ракете используется двухканальная моноимпульсная ГСН, предназначенная для определения азимута и угла места цели. Последняя модификация этой ракеты AGM-88E AARGM имеет, наряду с ПРГСН, дополнительную активную РЛС миллиметрового диапазона длин волн. Вместе с контактным взрывателем в ПРР используются неконтактные: лазерный, оптический, тепловой, активный радиовзрыватель (РВ) доплеровского типа или радиовысотомер. Анализ использования ПРР в военных конфликтах последнего времени показывает, что эффективность этого оружия неуклонно возрастает.

Способы защиты от ПРР довольно многочисленны, и делятся на активные (уничтожение ПРР или их носителя в воздухе) и пассивные. Активные способы весьма эффективны, но требуют, во-первых, наличия необходимых средств поражения, во-вторых, они не всегда экономически оправданы (например, стоимость зенитной управляемой ракеты, как правило, выше наводящейся ПРР). Эффективность активных способов значительно снижается в условиях массированного применения самонаводящихся на излучение ракет, как это происходило в Югославии (1999 г., операция «Союзная сила»).

Пассивные способы защиты более разнообразны, но их эффективность для парка современных ПРР не всегда соответствует требуемой. Так, например, способы изменения радиотехнических параметров излучаемых сигналов и выключение излучения РЛС на конечном этапе наведения ПРР в настоящее время не приводят к эффекту срыва процесса самонаведения, так как это происходило с ракетами более ранних модификаций. Наличие достаточно

точных систем пролонгации, широкополосных ГСН, комплексирование различных способов пеленгования целей, совершенная система селекции и распознавания принимаемых импульсных последовательностей позволяют современным ПРР в достаточной степени эффективно парировать рассмотренные способы защиты. В связи с этим, в настоящее время получили распространение пассивные способы борьбы с ПРР, в основе которых лежат способы отвлечения ракеты на специальные имитирующие излучение РЛС передатчики, как, например, система «Газетчик». Система «Газетчик» включает в свой состав РЛС обнаружения наводящихся ракет, отвлекающие передатчики, а также автоматы выброса дипольных отражателей и аэрозолей. Дипольные отражатели создают помеху взрывателю ПРР, аэрозоли - оптическим системам наведения. Однако на ПРГСН они не оказывают значительного влияния.

Подавление ПРГСН осуществляется специальными имитирующими излучение РЛС передатчиками. Эти передатчики должны находиться на относительно не большом расстоянии от РЛС, для того, чтобы не произошло преждевременного их распознавания по угловым координатам ПРГСН. С другой стороны, передатчики должны обеспечить увод ПРР от РЛС на расстояние, обеспечивающее ее безопасное функционирование, что при рассмотрении различных возможных ракурсов подлета ракеты к цели не всегда обеспечивается. Кроме того, при отвлечении ПРР на передатчик его поражение наступает с большой вероятностью, поэтому в условиях серийных пусков ракет вероятность защиты РЛС существенно снижается.

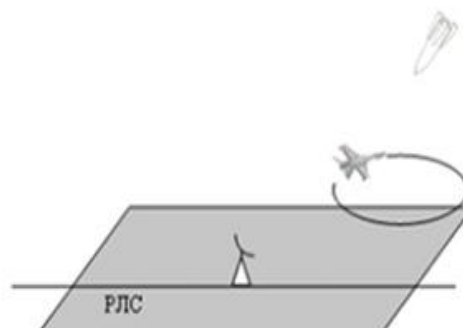
Таким образом, размещение отвлекающих передатчиков на стационарных наземных позициях приводит к двум основным недостаткам: низкой защищенности самих передатчиков от поражения ПРР и необходимостью их размещения в относительной близости к РЛС, что в свою очередь может приводить к поражению РЛС при определенных ракурсах подлета ПРР. В значительной степени преодолеть эти недостатки можно путем размещения отвлекающих передатчики на малоразмерном беспилотном летательном аппарате (БЛА) типа «Орлан-10» и «Мерлин-21».

Для обеспечения эффективной защиты РЛС и увода ПРР на достаточно большие расстояния, отвлекатель, размещенный на базе БЛА, должен обладать: во-первых, достаточной энергетикой при малых габаритах, высокой защищенностью от поражения ПРР; во-вторых, обеспечивать условия электромагнитной совместимости с прикрываемой РЛС; в-третьих, иметь собственную высокую защищенность от поражения ПРР. Следует отметить, что рассматриваемые требования решаются не только техническими параметрами БЛА и его передатчиков, но и алгоритмами управления его пространственным положением и динамическими свойствами.

Необходимый для отвлечения энергетический потенциал отвлекающего передатчика определяется способом защиты РЛС от ПРР. Если при обнаружении ПРР предполагается выключение РЛС, то излучаемый отвлекателем сигнал должен находиться на уровне чувствительности приемника ПРГСН. В этом случае, движение БЛА должно происходить по кругу в азимутальной плоскости над РЛС, как это показано на рис. 1.



**Рисунок 1. Движение БЛА над РЛС**



**Рисунок 2. Движение БЛА в стороне от РЛС**

Радиус окружности располагается в точке стояния РЛС и составляет 150-500 метров. Высота 300-500 метров. При этих условиях, БЛА всегда (до момента перенацеливания ПРР) будет находиться в системе углового стробирования ПРГСН. При варианте боевого применения БЛА с работающей РЛС, исходя из энергетических соображений, он должен находиться в некоторой зоне,

прикрывая направление  $90^\circ - 180^\circ$  в азимутальной плоскости, как показано на рис. 2.

При варианте прикрытия работающей РЛС, как показано на рис. 2, отвлекающий передатчик на определенном этапе наведения должен излучать сигнал сравнимый по мощности с сигналом РЛС на входе ПРГСН. Отношение мощности сигнала на входе ПРГСН, изучаемого отвлекающим передатчиком, к мощности сигнала излучаемого РЛС описывается соотношением (без учета потерь распространения электромагнитной энергии в атмосфере):

$$\frac{P_{\text{БЛА-ГСН}}}{P_{\text{РЛС-ГСН}}} = \frac{D_{\text{РЛС}}^2}{D_{\text{БЛА}}^2} \times \frac{P_{\text{БЛА}} \times G_{\text{БЛА}}}{P_{\text{РЛС}} \times G_{\text{РЛС}}} \times \frac{F_{\text{БЛА}}^2(\alpha_{\text{ПРР}}, \varphi_{\text{ПРР}})}{F_{\text{РЛС}}^2(\alpha_{\text{ПРР}}, \varphi_{\text{ПРР}})} \quad (1)$$

где  $P_{\text{БЛА-ГСН}}$ ,  $P_{\text{РЛС-ГСН}}$  - соответственно мощность сигнала БЛА и РЛС на входе ПРГСН;  $F_{\text{РЛС}}$ ,  $F_{\text{БЛА}}$  - соответственно значение нормированных диаграмм направленности антенн БЛА и РЛС в направлении на ПРР ( $\alpha_{\text{ПРР}}$ ,  $\varphi_{\text{ПРР}}$ ) по напряженности;  $P_{\text{БЛА}}$ ,  $G_{\text{БЛА}}$  - соответственно импульсная мощность и максимальный коэффициент направленного действия антенны БЛА;  $P_{\text{РЛС}}$ ,  $G_{\text{РЛС}}$  - соответственно импульсная мощность и максимальный коэффициент направленного действия антенны РЛС;  $D_{\text{РЛС}}$ ,  $D_{\text{БЛА}}$  - соответственно дальность от РЛС до ПРР и от БЛА до ПРР.

В варианте рис. 2 необходимо точку выноса центра окружности, по которой движется БЛА, разместить так, чтобы после отвлечения на помеховый передатчик и пролета БЛА ракета не смогла вновь перенацелиться на РЛС. При угловой разрешающей способности ПРГСН  $\pm 5^\circ$  в каждой из плоскостей наведения вынос центра окружности, по которой движется БЛА, выберем 500 метров в азимутальной плоскости и 300 метров по высоте. Прикрываемый БЛА сектор в этом случае составляет от  $20^\circ$  до  $70^\circ$  в угломестной плоскости и  $\pm 50^\circ$  в азимутальной. Для предварительных расчетов, можно принять, что наведение ПРР происходит по боковым лепесткам диаграммы направленности РЛС, которые в среднем составляют (-30) дБ. Вместе с тем, как видно из рис. 2. Расстояние от ПРР до РЛС больше, чем расстояние от БЛА до ПРР. В связи с этим, при наведении ПРР на РЛС, отношение квадратов дальностей, входящих в

(1), будет увеличиваться. Рассчитаем энергетический потенциал РЛС, который в рассматриваемой ситуации может прикрыть БЛА при импульсной мощности 20 Вт и коэффициентом направленного действия антенны БЛА 10 дБ.

Для осуществления отвличения примем, что на удалении ПРР от РЛС 2500 метров мощность отвлекающего передатчика на входе ПРГСН должна быть не менее 80% от входной мощности сигнала РЛС. В среднем на этом расстоянии, отношение квадратов дальностей составляет 1,56. Если ПРР находится в основном лепестке диаграммы направленности антенны БЛА, то  $F_{БЛА} \approx 1$ . Подставляя в (1) получим:

$$P_{РЛС} \times G_{РЛС} = 1,56 \times \frac{200}{0,8} \times \frac{1}{10^{-4}} = 390 \text{ кВт} \left( 56 \frac{\text{дБ}}{\text{Вт}} \right) \quad (2)$$

При дальнейшем сближении ПРР и БЛА удельная входная мощность отвлекающего передатчика возрастает.

Для предварительной оценки эффективности предлагаемой системы защиты РЛС от ПРР была осуществлено моделирование процесса наведения ПРР на РЛС для двух рассматриваемых вариантов использования БЛА с отвлекающим передатчиком.

Моделирование проводилось для следующих условий: динамика ПРГСН описывалась инерционным звеном с инерционностью  $T_n = 0,02$  с, инерционность вычислителя ПРР  $T_v = 0,03$  с, инерционность поворота подкрылков  $T_k = 0,03$  с, ограничение угловой скорости ПРГСН  $\sqrt{GCH} = \pm 6^\circ/\text{с}$ , ограничение на боковые перегрузки ПРР  $\pm 15$  g, угловой строб ПРГСН  $\pm 5^\circ$ , скорость движения БЛА 27 м/с, угол визирования цели ПРГСН определялся выражением:

$$\phi_{ПРР}(t_k) = \arctg \left[ \frac{P_{БЛА-ПРР}(t_k) \times \sin(\phi_{БЛА}(t_k)) + P_{РЛС-ПРР}(t_k) \times \sin(\phi_{РЛС}(t_k))}{P_{БЛА-ПРР}(t_k) \times \cos(\phi_{БЛА}(t_k)) + P_{РЛС-ПРР}(t_k) \times \cos(\phi_{РЛС}(t_k))} \right] \quad (3)$$

где  $\phi_{ПРР}$  - угол визирования цели ПРГСН,  $\phi_{БЛА}$  - угол визирования БЛА,  $\phi_{РЛС}$  - угол визирования РЛС.

Правило останова программы, прохождение ПРР минимального расстояния до РЛС.

По результатам моделирования можно сделать ряд выводов.

Промахи ПРР в варианте 1 составляют более 500 метров, при всех возможных ракурсах подлета ПРР. При использовании варианта 2 (работающая РЛС) промахи ПРР относительно РЛС составляют более 50 метров, в 78% ракурсов более 100 метров.

Защищенность БЛА обеспечивается тем, что промах ПРР относительно БЛА в 92% случаев превышает 20 метров и 88% ракурсов сближения более 30 метров.

Таким образом, в ряде случаев, использование БЛА для защиты РЛС от ПРР является достаточно эффективным.

### **ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ИСТОЧНИКИ**

1. Журнал «Мировая Авиация» выпуск №378
2. Научно – развлекательный сайт: [soldats.club](http://soldats.club)
3. Свободная энциклопедия «Википедия»: [ru.wikipedia.org](http://ru.wikipedia.org)
4. Сайт АО «Научно-технический центр радиоэлектронной борьбы». [Электронный ресурс]. URL: <http://www.ntc-reb.ru/article11.html> (дата обращения: 07.04.2019).