

УДК 623.618

КОМПЛЕКСИРОВАНИЕ ИЗОБРАЖЕНИЙ В СЛЕДЯЩЕМ КООРДИНАТОРЕ ЦЕЛЕЙ ГОЛОВКИ САМОНАВЕДЕНИЯ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ СТРЕЛБЫ ЗЕНИТНО-РАКЕТНОГО КОМПЛЕКСА ТИПА «СТРЕЛА-10М2»

Д.С. ШАРАК, А.Ю. ЛИПЛЯНИН, А.В. ХИЖНЯК

Военная академия Республики Беларусь, Республика Беларусь

Поступила в редакцию 14 ноября 2018

Аннотация. Обосновано применение комплексирования изображений видимого и инфракрасного диапазонов в следящем координаторе целей головки самонаведения (ГСН) для повышения эффективности стрельбы зенитно-ракетного комплекса (ЗРК) типа «Стрела-10М2». Представлен вариант снижения цикла стрельбы ЗРК за счет исключения факта переключения режимов работы. Показана зависимость вероятности выполнения огневой задачи подразделением, вооруженным ЗРК, от качества изображения сопровождаемой цели, характеризуемого средним квадратическим отклонением яркости пикселей в следящем координаторе ГСН.

Ключевые слова: зенитный ракетный комплекс, сопровождение воздушных объектов, комплексирование видеоинформации, сложные метеорологические условия.

Abstract. The application of visible and infrared images integration in tracking target of the homing head (HH) to improve the shooting efficiency of anti-aircraft missile system (AAMS) type «Strela-10M2» is substantiated. A variant to reduce the firing cycle of AAMS by eliminating the fact of switching operating modes is presented. It's shown the dependence of likelihood of fire mission execution by a subunit armed with AAMS as a function of the image quality of the accompanied target characterized by a standard deviation of pixel brightness in the tracking monitor of the HH.

Keywords: anti-aircraft missile system, air object tracking, video information integration, complex weather conditions.

Doklady BGUIR. 2018, Vol. 118, No. 8, pp. 108-115

Image complexation in the following coordinator of homing head to improve shooting efficiency of anti-aircraft missile system type «Strela-10M2»

D.S. Sharak, A.Yu. Liplianin, A.V. Khizhniak

Введение

Обнаружение и устойчивое сопровождение малоконтрастных малоразмерных целей на сложном фоне в условиях преднамеренных и естественных помех всегда является одним из ключевых вопросов обработки изображений. Для решения подобной проблемы объединение информации, получаемой от датчиков многоканальных оптико-электронных систем (МОЭС), осуществляется за счет использования различных алгоритмов комплексирования. В работе [1] описаны наиболее распространенные алгоритмы комплексирования видеоинформации, однако их специфика накладывает существенные ограничения на применение каждого из них и требует зачастую разработки новых методов. Синтезируя в едином изображении отличительные признаки различных каналов и акцентируя на них внимание, можно резко повысить информативность и эффективность ведения разведки.

Комплексирование изображений также активно применяется в автоматах сопровождения современных ЗРК. Принятие на вооружение и включение в состав подразделений противовоздушной обороны механизированных бригад мобильных ЗРК ближнего действия «Стрела-10М», «Стрела-10М2» стало шагом вперед в борьбе с низколетящими целями. Опыт боевого применения ЗРК «Стрела-10М» показал их высокую боевую эффективность и эксплуатационную надежность [2]. Локальные войны и военные конфликты последних десятилетий свидетельствуют о том, что стрельба комплекса в сложных метеорологических условиях, а также в условиях оптико-электронного противодействия будет наиболее вероятным случаем стрельбы по воздушным целям [3].

Одним из решающих факторов повышения эффективности стрельбы по средствам воздушного нападения (СВН) является умение оператора учитывать влияние конкретной фоновой обстановки на работу ГСН ЗРК. В статье обосновано применение алгоритма сопровождения воздушных объектов с комплексированием изображений видимого и инфракрасного диапазонов [4] в следящем координаторе целей ГСН для повышения эффективности стрельбы ЗРК типа «Стрела-10М2».

Анализ влияния фоновой-целевой обстановки на эффективность стрельбы зенитного ракетного комплекса по воздушным целям

Стрельба ЗРК, оснащенного ГСН, может протекать в самых разных условиях обстановки, значительно влияющих на эффективность его боевого применения. Условия стрельбы комплекса определяются воздушной обстановкой, дальностью захвата, качеством сопровождения цели, фоновой и помеховой обстановкой, а также метеорологическими условиями.

Фоновая обстановка создается окружающей средой и находящимися в данный момент в ней объектами. Она оказывает решающее влияние на возможность обстрела воздушной цели, так как необходимым условием нормального функционирования ГСН, а следовательно, условием нормального наведения ракеты на воздушную цель, является наличие энергетического контраста между фоном и воздушной целью.

Особенностью комплекса «Стрела-10М2» является наличие канала работы следящего координатора цели ГСН наряду с инфракрасным (ИК) и фотоконтрастным (ФК) каналами. Поэтому дальность захвата воздушной цели и качество сопровождения ГСН в ФК-канале зависит еще и от ее контраста. Контраст воздушной цели, в свою очередь, зависит от освещенности ее солнцем и состояния фона.

Средние дальности захвата цели ГСН при стрельбе на встречном курсе в зависимости от времени года и фоновых условий для оператора, имеющего средний уровень подготовки, приведены в табл. 1.

Таблица 1. Средние дальности захвата цели в зависимости от фоновых условий

Пора года	Вид фона	Дальность, км	
		Захвата цели ГСН	Визуального обнаружения
Лето	однородный	6,1	8,4
	неоднородный	6,7	8,5
Зима	однородный	4,0	4,8
	неоднородный	4,8	6,0

Одним из решающих факторов повышения эффективности стрельбы по СВН является умение учитывать влияние конкретной фоновой обстановки на работу ГСН. Оценка фоновой обстановки определяется в баллах как отношение площади, закрытой облаками, ко всей площади небосвода в процентах. Каждые 10% равны одному баллу. Так, практикой установлено, что при облачности от 2 до 9 баллов резко снижается возможность ГСН для автосопровождения цели в ФК-канале. При прохождении целью края облака, как правило, происходит срыв сопровождения. При облачности 2–9 баллов вероятность устойчивого слежения ГСН за целью в течение 6–7 с составляет 0,5–0,9, а при облачности 0–2 или 9–10 баллов устойчивость работы ГСН обеспечивается либо в просветах между облаками, либо на фоне достаточно протяженного облака.

В ИК-канале облачный фон практически не оказывает влияния на дальность захвата цели ГСН. Вместе с тем, отдельные фоновые образования (яркие кромки кучевых облаков), подсвеченные солнцем, и небольшие участки земной поверхности, обладающие зеркальным отражением (плотный снежный покров), могут снижать вероятность устойчивого слежения ГСН за воздушной целью. При увеличении яркости фона с увеличением средней дальности захвата воздушной цели ГСН в ФК-канале увеличивается и вероятность ее потери, которая при ракурсах к солнцу под углами менее 20° составляет 0,58. В ИК-канале работы ГСН для углов в направлении на солнце более 20° вероятность устойчивого захвата воздушной цели и слежения за ней сохраняется достаточно высокой [5].

В сложных метеорологических условиях (дымка, туман и т.д.) значительно снижается контраст воздушных целей на окружающем фоне, что существенно уменьшает возможности их визуального обнаружения и сокращает на 20–30 % дальность их устойчивого захвата.

Таким образом, в условиях сложной изменяющейся фоновой-целевой обстановки оператор не всегда сможет достоверно определить требуемый режим работы ГСН следящего координатора цели, что, в свою очередь, может привести к невыполнению боевой задачи подразделением, вооруженным ЗРК типа «Стрела-10М2». В связи с этим разработка способов устойчивого сопровождения воздушных целей, не зависящих от метеорологических условий, способных повысить боевую эффективность ЗРК, является актуальной научной задачей.

Сравнительный анализ возможности ЗРК по обстрелу СВН

Для процесса стрельбы характерным является его повторяемость. Это связано с необходимостью обстрела нескольких целей в составе боевого порядка СВН противника [6]. Для определения боевых возможностей ЗРК по обстрелу СВН необходимо сравнить временные характеристики боевой работы комплекса со временем пребывания цели в его зоне пуска. С этой точки зрения важное значение приобретают такие понятия, как цикл стрельбы и время реакции комплекса, которые определяют возможности ЗРК по последовательному обстрелу целей.

В общем случае цикл стрельбы ($t_{ц}$) характеризуется временем занятости целевого канала ЗРК при выполнении одной стрельбы по воздушной цели:

$$t_{ц} = t_{н.п.с} + t_{стр}, \quad (1)$$

где $t_{н.п.с}$ – время непосредственной подготовки стрельбы; $t_{стр}$ – время обстрела цели:

$$t_{стр} = t_{пол} + t_{оц}, \quad (2)$$

где $t_{пол}$ – полетное время ракеты до точки встречи с целью (при полете ракеты на дальнюю границу зоны поражения); $t_{оц}$ – время оценки результатов стрельбы.

По результатам полигонных испытаний цикл стрельбы ЗРК «Стрела-10М2» составляет 30 с ($t_{ц} = 30$ с).

Время пребывания целей в зоне пуска ($t_{пр}$) рассчитывается по формуле (5):

$$t_{пр} = \frac{d_{д} - d_{б}}{V_{ц}} + (t_{р.д} - t_{р.б}), \quad (3)$$

где $d_{д}$ – дальняя граница зоны поражения; $d_{б}$ – ближняя граница зоны поражения; $V_{ц}$ – скорость полета цели; $t_{р.д}$ – время полета зенитной управляемой ракеты (ЗУР) до дальней границы зоны поражения; $t_{р.б}$ – время полета ЗУР до ближней границы зоны поражения.

Таким образом, сравнивая значения $t_{пр}$ для различных СВН с временным показателем ЗРК ($t_{ц} = 30$ с), можно определить возможность по обстрелу конкретного противника. Для этого для СВН вероятного противника на основании их тактико-технических характеристик, а также параметров ЗРК «Стрела-10М2» были рассчитаны соответствующие значения $t_{пр}$ по формуле (3).

Сравнительный анализ возможности ЗРК по обстрелу СВН (с учетом его тактико-технических характеристик) представлен в табл. 2.

Таблица 2. Сравнительный анализ возможности ЗРК (параметр $t_{пр}$) по обстрелу СВН

№ п/п	Тип СВН	$t_{пр}$, с	Возможность обстрела
1.	Raven-200 (БПЛА Франция)	97,8	да
2.	Локаст (БПЛА, США)	69,3	да
3.	DAR (БПЛА Германия)	69,3	да
4.	SA-342M (вертолет, Франция)	64,4	да
5.	BO-105 P (вертолет, Германия)	64,4	да
6.	WG-13 «Линкс-3» (вертолет, Великобритания)	60,3	да
7.	AH-64A «Апач» (вертолет, США)	49,2	да
8.	RQ-Predator (БПЛА, США)	46,2	да
9.	A-10 «Тандерболт» (Тактический штурмовик, США)	26,6	нет
10.	ALCM-B (КР воздушного базирования, США)	26,2	нет
11.	F-117A (Тактический истребитель, США)	25,2	нет
12.	Альфа-Джэт (Тактический штурмовик, Франция, Германия)	25,2	нет
13.	RQ-4 Global Hawk (БПЛА, США)	24,8	нет
14.	KEPD 350 (КР воздушного базирования, Германия)	24,6	нет
15.	F-22 (тактический истребитель, США)	23,5	нет
16.	Торнадо (тактический истребитель, Германия)	22,8	нет
17.	Apache (КР воздушного базирования, Франция)	22,4	нет
18.	AS-30AL (УАР воздушного базирования, Франция)	21,0	нет
19.	EF-2000 (тактический истребитель, Великобритания)	20,0	нет
20.	Рафаль (тактический истребитель, Франция)	20,0	нет
21.	F-111G (тактический истребитель, США)	19,6	нет
22.	АСМ (КР воздушного базирования, США)	19,5	нет
23.	F-16 (тактический истребитель, США)	19,2	нет
24.	F-4 (тактический истребитель, США)	19,2	нет
25.	Мираж-2000 (тактический истребитель, Франция)	19,2	нет

На основании проведенного анализа был сделан вывод, что ЗРК типа «Стрела-10М2» не всегда может успешно выполнить боевую задачу по обстрелу воздушного противника, удовлетворяющего требованиям его тактико-технических характеристик. Сравнивая значения различных СВН с временными показателями эффективности ЗРК, можно сделать вывод о том, что при прочих равных условиях ЗРК типа «Стрела 10М2» будет испытывать трудности при обстреле истребителей тактической авиации, крылатых ракет (КР) и управляемых авиационных ракет (УАР) различных типов (цели № 9–25, табл. 2) ($t_{пр} \leq t_{ц}$). При работе по беспилотным летательным аппаратам (БПЛА) и вертолетам различных типов ЗРК будет успешно выполнять боевую задачу (цели № 1–8, табл. 2) ($t_{пр} > t_{ц}$).

При обстреле ЗРК СВН значение $t_{пр}$ можно уменьшить за счет применения комплексирования изображений видимого и инфракрасного диапазонов путем исключения переключения каналов работы ЗРК, необходимых для охлаждения ГСН в сложных метеорологических условиях. При переключении каналов ГСН с видимого на инфракрасный активируется плата задержки пуска ракет на 5,9 с. Таким образом, исключая факт переключения режима работы ЗРК за счет применения комплексирования изображений в следящем координаторе целей, возможно сократить с 30 до 24,1 с время реакции комплекса.

В данном случае ЗРК типа «Стрела-10М2» сможет успешно отработать по целям, уничтожение которых с учетом переключения каналов невозможно. Данные типы СВН в табл. 2 выделены жирным шрифтом (цели № 9–14), т. е. общее количество обстрелянных целей при прочих равных условиях повышается (цели № 1–14).

Оценка эффективности применения комплексирования изображений при стрельбе ЗРК типа «Стрела-10М2»

Оценка эффективности применения комплексирования изображений при стрельбе ЗРК типа «Стрела-10М2» проводилась с учетом следующих условий:

– применяемое СВН – тактический штурмовик А-10 «Тандерболт»;

- применяемое СВН вооружение – авиационная тактическая ракета AGM-65B;
- противовоздушный бой ведет подразделение, вооруженное ЗРК «Стрела-10М2»;
- применяемая ЗУР – 9М37М;
- используется аппаратура целеуказания (АЦУ);
- требуемая дальность обнаружения цели соответствует дальней границе зоны поражения и составляет 5 км ($D_{тр} = 5$ км);
- стрельба ведется на встречных курсах;
- аппаратура оценки зоны пуска включена.

В качестве показателя эффективности стрельбы огневой единицы использовалась вероятность выполнения огневой задачи, которая рассчитывается по формуле (4)

$$P_{оз} = P_{ц\bar{у}} \cdot P_{обн} \cdot P_n \cdot P_{п}, \quad (4)$$

где $P_{ц\bar{у}}$ – вероятность правильного приема целеуказания; $P_{обн}$ – вероятность обнаружения цели; P_n – вероятность поражения цели за одну стрельбу n ракетами; $P_{п}$ – вероятность пуска ракеты.

В условиях сложной воздушной обстановки при автоматизированном целеуказании (с использованием аппаратуры целеуказания) вероятность правильного приема ЦУ близка к единице ($P_{ц\bar{у}} \approx 1$).

Затуманенность атмосферы и, как следствие, уменьшение метеорологической дальности видимости (МДВ) зависят от наличия тумана, дождя, снега и различных других пыледымовых помех. Экспериментальные значения характеристик нормального распределения дальности визуального обнаружения в зависимости от равномерности фона и размеров цели приведены в табл. 3, которая составлена для МДВ, равной 10 км.

Таблица 3. Средние дальности визуального обнаружения целей

Тип цели	Характеристики фонов			
	равномерный		неравномерный	
	m_d , км	σ_d , км	m_d , км	σ_d , км
Малоразмерная	4,8	1,8	4,0	0,83
Средних размеров	6,2	2,0	4,8	1,8
Крупных размеров	6,6	2,5	7,0	3,0
Вертолет	5,8	2,9	5,0	3,2

Если известны математическое ожидание дальности обнаружения m_d и среднее квадратическое отклонение дальности обнаружения σ_d , то при условии, что распределение дальности обнаружения цели является нормальным, вероятность обнаружения цели на дальности не менее требуемой определяется по формуле

$$P_{обн}(D_{обн} > D_{тр}) = 1 - F\left(\frac{D_{тр} - m_d}{\sigma_d}\right), \quad (5)$$

где $F(x)$ – табличная функция нормального распределения

$$F(x) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^x e^{-\frac{t^2}{2}} dt. \quad (6)$$

Согласно выражению (5), используя данные [7], ТТХ ЗРК «Стрела-10М2» ($D_{тр} = 5$ км при приеме АЦУ), и с учетом введенных условий получим:

$$P_{обн} = 1 - F\left(\frac{5 - 4,8}{1,8}\right) = 1 - F(0,1111) = 1 - 0,5438 = 0,4562.$$

С учетом введенных условий и ТТХ ЗРК «Стрела-10М2» можно установить, что вероятность поражения цели при стрельбе на встречных курсах $P_n = 0,55$.

В связи с тем, что в ЗРК «Стрела 10М2» пуск ракеты может быть произведен только после захвата цели, взятия ее на сопровождение (слежение ГСН), а также с учетом того, что цель должна находиться в этот момент в зоне пуска, общее выражение для вероятности пуска ракеты будет иметь вид:

$$P_{\Pi} = P_{\text{захв}} \cdot P_{\text{сопр}} \cdot P_{\text{з.п}} \quad (7)$$

где $P_{\text{захв}}$ – вероятность захвата цели на сопровождения оператором; $P_{\text{сопр}}$ – вероятность устойчивого сопровождения захваченной цели; $P_{\text{з.п}}$ – вероятность нахождения цели в зоне пуска ЗРК.

В данном выражении с учетом введенных условий, а также с учетом ТТХ ЗРК «Стрела-10М2» (включенная аппаратура оценки зоны пуска) $P_{\text{захв}} = P_{\text{з.п}} = 1$. В работе [8] была получена зависимость вероятности срыва сопровождения от значения среднего квадратического отклонения (СКО) яркости пикселей ИК, видимого и комплексированного изображений. Согласно [8], значение вероятности срыва сопровождения снижается за счет применения комплексирования исходных изображений ИК и видимого диапазонов. В случае сопровождения цели видимым каналом (СКО = 40) вероятность срыва составила 0,09. В случае сопровождения цели инфракрасным каналом (СКО = 35) вероятность срыва составила 0,075. При сопровождении цели по комплексированному изображению (СКО = 25) вероятность срыва составила 0,025. График зависимости представлен на рис. 1.

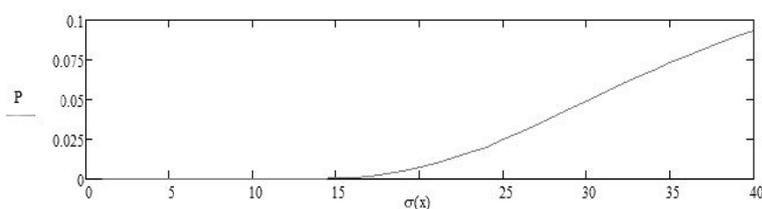


Рис. 1. Зависимость вероятности срыва сопровождения от значения СКО яркости пикселей изображения

Принимая во внимание тот факт, что вероятность срыва сопровождения ($P_{\text{ср}}$) и вероятность устойчивого сопровождения цели головкой ГСН связаны между собой выражением $P_{\text{ср}} + P_{\text{сопр}} = 1$, а также оценивая вероятность срыва для случаев, описанных в [7] для изображений с различными значениями СКО яркости пикселей, и подставляя значения (7) в (4), получим, что при сопровождении цели видимым каналом $P_{\text{ос}} = 0,22$, при сопровождении цели инфракрасным каналом $P_{\text{ос}} = 0,23$, а при сопровождении цели с использованием алгоритма с комплексированием информации $P_{\text{ос}} = 0,25$.

График зависимости вероятности выполнения огневой задачи подразделением, вооруженным ЗРК типа «Стрела-10М2», от СКО яркости пикселей изображения следящего координатора цели ГСН ЗУР 9М37М представлен на рис. 2.

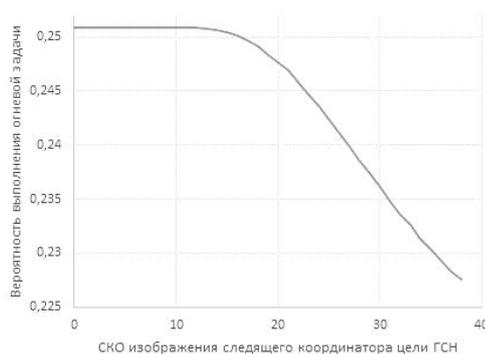


Рис. 2. Зависимость вероятности выполнения огневой задачи подразделением, вооруженным ЗРК типа «Стрела-10М2», от СКО яркости изображения следящего координатора цели ГСН ЗУР 9М37М

Анализ рис. 2 показывает, что качество изображения в следящем координаторе цели ГСН ЗУР, выраженное в значении СКО яркости пикселей изображения, оказывает влияние на эффективность сопровождения воздушных объектов. При значении $\text{СКО} \leq 15$ вероятность выполнения огневой задачи подразделением, вооруженным ЗРК типа «Стрела-10М2», не изменяется. Однако данный показатель эффективности при заданных условиях начинает уменьшаться при значении $\text{СКО} > 15$. Это в свою очередь означает, что для обеспечения требуемой величины вероятности выполнения огневой задачи необходимо обеспечить

комплексирование с таким расчетом, чтобы СКО яркости пикселя изображения не превышало 15. Таким образом применение комплексирования изображений в следящем координаторе целей ГСН различных типов можно использовать в качестве одного из способов повышения эффективности стрельбы ЗРК.

Заключение

Применение комплексирования изображений при сопровождении воздушных целей в сложных метеорологических условиях оказывает влияние на качество сопровождения воздушных целей. Установлено, что вероятность выполнения огневой задачи подразделением, вооруженным ЗРК типа «Стрела-10М2», повышается за счет использования комплексирования изображений в следящем координаторе цели ГСН ЗУР 9М37. Сопровождение цели с использованием алгоритма с комплексированием информации позволяет снизить значение времени цикла стрельбы ЗРК данного типа. Повышение эффективности выполнения огневой задачи для случая использования видимого канала составляет 12 %, для случая использования ИК-канала – 8 %. Дальнейшие исследования в данной области будут направлены на разработку рекомендаций по применению конкретных способов комплексирования изображений в задачах сопровождения малоконтрастных малоразмерных целей на сложном фоне в условиях помех.

Список литературы

1. Разработка алгоритмов цифровой обработки изображений на вычислительных средствах программируемой логики (шифр «Обработка»): отчет о НИР (закл.) (№ ГР 20160881) / ИП «ЦиклонБел»; руководитель темы А.В. Хижняк. Минск, 2016. 182 с.
2. Колодяжный В.В., Драгун В.Р. Стрельба, боевая работа и управление огнем подразделений, вооруженных зенитным ракетным комплексом «Стрела-10М2». Минск: ВА РБ, 2014. 209 с.
3. Гамаюнов В.И., Якшонок П.П. Зенитный ракетный комплекс ближнего действия СТРЕЛА-10М2. Устройство и эксплуатация боевых средств комплекса. Минск : ВА РБ, 2001. 319 с.
4. Повышение качества сопровождения оптически наблюдаемых объектов при комплексировании первичной видеоинформации в корреляционных алгоритмах сопровождения / Д.С. Шарак [и др.] // Докл. БГУИР. 2016. № 5 (99). С. 79–86.
5. Лукашевич А.Г. Оптико-электронные средства зенитно-ракетных комплексов. Минск : ВА РБ, 1997.
6. Справочник офицера воздушно-космической обороны / Под ред. С.К. Бурмистрова. Тверь: ВА ВКО, 2005. 564 с.
7. Вентцель Е.С. Теория вероятностей. М.: Академия, 2005. 575 с.
8. Снижение вероятности срыва сопровождения оптически наблюдаемых объектов в корреляционных алгоритмах сопровождения за счет комплексирования исходных изображений ИК- и ТВ диапазонов / Д.С. Шарак [и др.] // Докл. БГУИР. 2016. № 2 (96). С. 88–95.

References

1. Razrabotka algoritmov cifrovoj obrabotki izobrazhenij na vychislitel'nyh sredstvah programmiruemoj logiki (shifr «Obrabotka»): otchet o NIR (zakl.) (№ GR 20160881) / IP «CiklonBel»; rukovoditel' temy A.V. Hizhnjak. Minsk, 2016. 182 s. (in Russ.)
2. Kolodjazhnyj V.V., Dragun V.R. Strel'ba, boevaja rabota i upravlenie ognem podrazdelenij, vooruzhennyh zenitnym raketnym kompleksom «Strela-10M2». Minsk: VA RB, 2014. 182 s. (in Russ.)
3. Gamajunov V.I., Jakshonok P.P. Zenitnyj raketnyj kompleks blizhnego dejstvija STRELA-10M2. Ustrojstvo i jekspluatacija boevyh sredstv kompleksa. Minsk : VA RB, 2001. 209 s. (in Russ.)
4. Povyshenie kachestva soprovozhdenija opticheski nabljudаемых ob'ektov pri kompleksirovanii pervichnoj videoinformacii v korreljacionnyh algoritmah soprovozhdenija / D.S. Sharak [i dr.] // Dokl. BGUIR. 2016. № 5 (99). S. 79–86. (in Russ.)
5. Lukashevich A.G. Optiko-jelektronnye sredstva zenitno-raketnyh kompleksov. Minsk : VA RB, 1997.
6. Spravochnik oficera vozdušno-kosmicheskoj oborony / Pod red. S.K. Burmistrova. Tver': VA VKO, 2005. 564 s. (in Russ.)
7. Ventcel' E.S. Teorija verojatnostej. M.: Akademija, 2005. 575 s. (in Russ.)
8. Snizhenie verojatnosti sryva soprovozhdenija opticheski nabljudаемых ob'ektov v korreljacionnyh algoritmah soprovozhdenija za schet kompleksirovanija ishodnyh izobrazhenij IK- i TV diapazonov / D.S. Sharak [i dr.] // Dokl. BGUIR. 2016. № 2 (96). S. 88–95. (in Russ.)

Сведения об авторах

Шарак Д.С., старший преподаватель кафедры автоматизированных систем управления войсками учреждения образования «Военная академия Республики Беларусь».

Липлянин А.Ю., адъюнкт кафедры автоматизированных систем управления войсками учреждения образования «Военная академия Республики Беларусь».

Хижняк А.В., к.т.н., доцент, начальник кафедры автоматизированных систем управления войсками учреждения образования «Военная академия Республики Беларусь».

Адрес для корреспонденции

220057, Республика Беларусь,
г. Минск, пр. Независимости, 220,
Военная академия Республики Беларусь
тел. +375-29-597-39-16;
e-mail: liplianin.anton@yandex.ru
Липлянин Антон Юрьевич

Information about the authors

Sharak D.S., senior lectural of department of automated control system of troops of Military academy of the Republic of Belarus.

Liplianin A.Yu., PG student of department of automated control system of troops of Military academy of the Republic of Belarus.

Khizhniak A.V., PhD, assistent of professor, head of research laboratory automated control system of troops of Military academy of the Republic of Belarus.

Address for correspondence

220057, Republic of Belarus,
Minsk, Nezavisimosti ave., 220,
Military academy of the Republic of Belarus
tel. +375-29-597-39-16;
e-mail: liplianin.anton@yandex.ru
Liplianin Anton Jur'evich