

УДК 621.396.98

Ю.В. Резников

*Харьковский университет Воздушных Сил им. И. Кожедуба, Харьков*

## ТРЕБОВАНИЯ К ТОЧНОСТИ КООРДИНАТНЫХ ОПРЕДЕЛЕНИЙ АППАРАТУРЫ СПУТНИКОВОЙ НАВИГАЦИИ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ ВИДОВОЙ РАЗВЕДКИ

*Проведен анализ роли космических аппаратов видовой разведки в информационном обеспечении боевых действий, показана необходимость применения эффективных методов привязки космических снимков с использованием информации бортовой системы спутниковой навигации и средств ориентации космического аппарата (КА). На основе анализа характеристик современных средств поражения сформулированы требования к точности формируемых целеуказаний, получены допустимые значения погрешности оценки местоположения навигационной аппаратуры КА.*

**Ключевые слова:** видовой разведка, разрешение космических снимков, погрешность целеуказания, спутниковая радионавигационная система, точность местоопределения.

### Введение

#### Постановка проблемы и анализ литературы.

Анализ результатов последних войн показал, что наряду с данными воздушной разведки одним из основных элементов разведывательно-информационного обеспечения являются КА видовой разведки (ВР). Во время войны в Югославии и Ираке космические средства военной разведки играли в операциях не просто чрезвычайно большую и важную роль, но и являлись системообразующими военно-техническими инструментами ведения боевых действий. По оценкам американских и российских военных специалистов в последней войне в Ираке, по сравнению с предыдущей, применение развитой системы информационного обеспечения, усовершенствованной за счет наращивания космических обеспечивающих систем, позволило повысить долю применения управляемого оружия примерно на 85 %. При этом около 70% разведывательной информации добывалось за счет использования космических средств ВР [1]. В связи с этим, применение национальных космических аппаратов как оптико-электронного, так и радиолокационного наблюдения в качестве систем добывания разведывательной информации является актуальным направлением повышения боеспособности Вооруженных Сил.

Для эффективного применения средств ВР космического базирования бортовая аппаратура КА должна быть реализована таким образом, чтобы получаемые космические снимки имели высокое разрешение, при этом система обработки данных снимков должна позволять проводить их привязку в требуемые сроки с заданным уровнем точности.

По данным различных источников для достоверной идентификации большинства объектов разведки необходимо получать снимки с разрешением около 0.5 метров [2]. Для реализации столь жестких

требований по разрешению, съемку необходимо вести с предельно малых высот, а для обеспечения приемлемого времени существования КА необходимо обеспечить его период обращения не менее требуемого. Одновременное удовлетворение этих противоречивых требований при использовании орбит, близких к круговым, невозможно. Это противоречие преодолевается при переходе от круговых орбит к эллиптическим, перигей которых располагается над районом съемки.

При достижении требуемых характеристик по разрешению космических снимков путем перехода к эллиптическим орбитам возникает вопрос, связанный с формированием требований по точности их привязки.

Анализ применения мировых систем дистанционного зондирования земли показал [3], что на данный момент перспективным и актуальным направлением является развитие метода привязки космических снимков без использования наземных опорных точек, что в свою очередь выдвигает жесткие требования по координатно-временному обеспечению процесса съемки. При таком подходе для привязки снимка используется информация о положении центра масс КА и ориентации осей фотоприемной структуры. Учитывая, что характеристики современных систем ориентации известны, а в качестве системы местоопределения КА используется аппаратура спутниковых радионавигационных систем (СРНС), то требования к точности привязки космических снимков могут быть сформулированы в зависимости от параметров средств навигации и ориентации КА.

В связи с этим **цель статьи** состоит в проведении анализа задач, решаемых при использовании КА ВР, выдвигании требований необходимой точности привязки изображений и определении допустимых значений погрешности аппаратуры навигации СРНС и ориентации КА.

### Изложение основного материала

Все задачи информационного обеспечения, решаемые в интересах Вооруженных Сил, при использовании спутников ВР могут быть условно разделены на две основные группы: стратегического и оперативно-тактического уровня.

Решение задач стратегического уровня, как правило, происходит при наличии достаточного количества времени на сбор и обработку информации, при этом в основном не выдвигаются жестких требований по обеспечению высокой оперативности и точности привязки, а зачастую и высокого разрешения получаемых снимков.

Значительно более строгие требования выдвигаются к качеству информационного обеспечения для решения оперативных и тактических задач при ведении боевой деятельности, когда ситуация меняется молниеносно и в сжатые сроки необходимо получить и обработать максимальное количество информации с целью выдачи эффективных заданий на управление собственным силам и средствам. Одним из ключевых факторов эффективного ведения боевых действий при этом является своевременное и достоверное обеспечение целеуказаниями своих средств поражения. В связи с этим требования к характеристикам информации КА ВР должны формулироваться исходя из требований к целеуказаниям современных средств поражения.

Анализ боевых характеристик турецких (SOM), американских (AGM-86C), израильских (ACCULAR) крылатых ракет показал, что среднеквадратическое отклонение (СКО) точек падения ракет относительно заданных значений составляет около 8,5 м (круговое вероятное отклонение – 10 м). Соответственно, требования к точности целеуказаний для таких ракет должны быть еще более строгими.

При условии, что рассеивание точек падения ракеты относительно истинных значений распределено по нормальному закону, выражение для вероятности поражения цели одной ракетой можно записать в следующем виде:

$$P_{пр} = 1 - \exp\left(-0,5 \cdot \frac{R_n^2}{\sigma_{от}^2}\right) \quad (1)$$

или

$$P_{пр} = 1 - \exp\left(-0,5 \cdot \frac{\left(\frac{R_n}{\sigma_{сн}}\right)^2}{\left(\frac{\sigma_{цн}}{\sigma_{сн}}\right)^2 + 1}\right) = 1 - \exp\left(-0,5 \cdot \frac{R_n^2}{\sigma_{цн}^2 + 1}\right) \quad (2)$$

где  $R_n$  ( $R_{нн}$ ) – радиус (нормированный) поражения

цели;  $\sigma_{от}^2$  – дисперсия отклонения точки падения ракеты относительно заданного значения, определяемая точностью системы наведения ракеты и точностью целеуказаний:

$$\sigma_{от}^2 = \sigma_{сн}^2 + \sigma_{цн}^2, \quad (3)$$

где  $\sigma_{сн}^2$  – дисперсия рассеивания точек падения ракет за счет погрешностей системы наведения;  $\sigma_{цн}^2$  ( $\sigma_{цнн}^2$ ) – дисперсия (нормированная) погрешности целеуказаний.

Данное выражение позволяет на основе имеющихся данных о мощности заряда, характеристиках погрешностей системы наведения и целеуказаний, степени защищенности объекта рассчитать вероятность поражения данного объекта одной ракетой.

В случае, когда погрешность целеуказаний отсутствует, вероятность поражения рассчитывается по формуле

$$P_{про} = 1 - \exp\left(-0,5 \cdot \left(\frac{R_n}{\sigma_{сн}}\right)^2\right) \quad (4)$$

Для учета влияния погрешности целеуказания на вероятность поражения цели может быть введен коэффициент потерь  $K_p$ , равный

$$K_p = 1 - \frac{P_{пр}}{P_{про}} \quad (5)$$

По сути, коэффициент  $K_p$  показывает, во сколько уменьшается вероятность поражения при увеличении погрешности целеуказания.

Для расчета (рис. 1) коэффициента потерь были использованы следующие исходные данные:

- погрешности системы наведения  $\sigma_{сн} = 8,5$  м ;
- радиус поражения  $R_n = 11$  м,  $R_{нн} \approx 1,3$  (соответствует фугасному заряду AGM-86C при нанесении удара по высокозащищенному объекту);

– допустимое значение коэффициента потерь  $K_p = 0,1$  (допустимый коэффициент потерь был выбран из условия обеспечения вероятности поражения объекта не менее 50%).

Как видно из рис. 1 коэффициент потерь  $K_p < 0,1$ , если выполняется следующее условие:

$$\frac{\sigma_{цн}}{\sigma_{сн}} < 0,4, \quad (6)$$

что при переходе к абсолютным величинам соответствует  $\sigma_{цн} < 3,4$  м.

Таким образом, для того, чтобы погрешность целеуказаний не ухудшала бы вероятность поражения более чем на 0,1 от ее абсолютного значения, необходимо выполнить условие:

$$\sigma_{цн} < 3,4 \text{ м.} \quad (7)$$

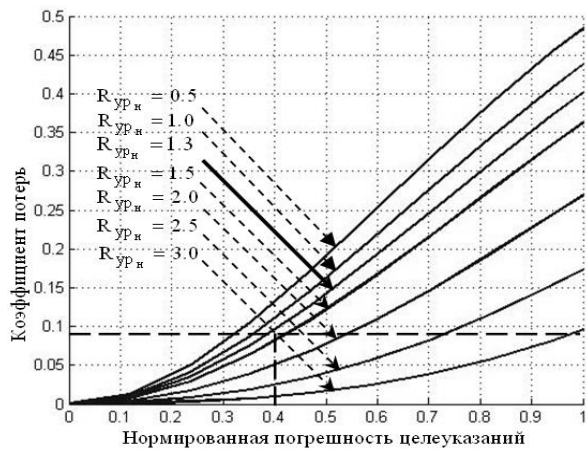


Рис. 1. Зависимость коэффициента потерь от погрешностей целеуказания

Полученное условие при использовании известных соотношений [5] является основой для расчета допустимых значений погрешности средств ориентации и навигации СРНС КА (рис. 2).

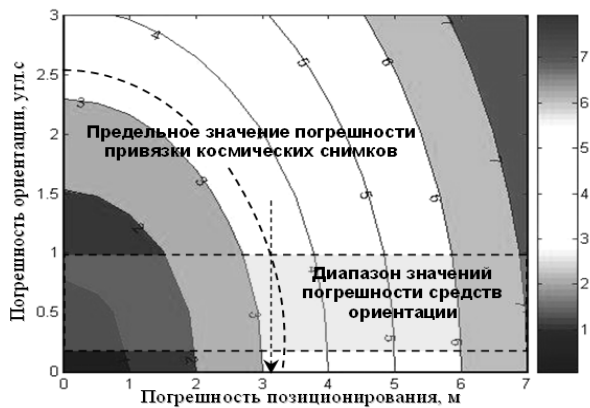


Рис. 2 Требования к точности позиционирования КА ВР

Как видно из представленного рисунка, при условии, что современные средства ориентации КА

имеют погрешность около 0,1...1 (СКО) угловой секунды, для выполнения заданных требований по точности целеуказания погрешности оценки положения КА аппаратурой СРНС не должны превышать 3,2 м (СКО).

## Выводы

Анализ задач, решаемых низкоорбитальными потребителями СРНС, показал, что одной из актуальных является задача развития космического информационного сегмента, основу которого составляют КА ВР. Для обеспечения эффективного использования космического сегмента разведки при решении задач информационного обеспечения боевых действий погрешность привязки космических снимков не должна превышать 3,4 м, для чего погрешность позиционирования аппаратуры СРНС КА не должна быть более 3,2 м.

## Список литературы

1. Дорофеев В.П. США: использование космоса в военных целях / В.П. Дорофеев // Зарубежное военное обозрение. – 2001. – №5, №6. – С. 43-48.
2. Кученко А.А. Космическая съемка Земли. Спутники оптической съемки Земли с высоким разрешением / А.А. Кученко. – М.: ИПРЖР, 2001. – 135 с
3. Dial G. IKONOS Accuracy without Ground Control / G. Dial, J. Grodecki // Land Satellite Information IV (ISPRS): intern. conf., 2-4 sept. 2002: thesis of report. – Denver, 2002. – P. 43-50.
4. Турецкий дебют: новая крылатая ракета SOM [Электрон. ресурс] – Режим доступа: <http://www.iki.rssi.ru/earth/pres2006/zhukov.pdf>.
5. Борцов В.В. Способ определения географических координат точек аэрокосмического снимка поверхности Земли / В.В. Борцов, И.С. Снегак, А.С. Петренко // Системы обработки информации. – Х.: ХВУ, 2001. – № 1(4). – С. 272-276.

Поступила в редколлегию 14.08.2012

**Рецензент:** д-р техн. наук, ст. науч. сотр. В.А. Василец, Харьковский университет Воздушных Сил им. И. Кожедуба, Харьков.

## ВИМОГИ ДО ТОЧНОСТІ КООРДИНАТИХ ВИЗНАЧЕНЬ АПАРАТУРИ СУПУТНИКОВОЇ НАВІГАЦІЇ КОСМІЧНИХ АПАРАТІВ ВИДОВОЇ РОЗВІДКИ

Ю.В. Резніков

Проведений аналіз ролі космічних апаратів видової розвідки в інформаційному забезпеченні бойових дій, показана необхідність застосування ефективних методів прив'язування космічних знімків з використанням інформації бортової системи супутникової навігації і засобів орієнтації космічного апарату (КА). На основі аналізу характеристик сучасних засобів ураження сформульовані вимоги до точності сформованих цілевказівок, отримані допустимі значення похибки оцінки місцевизначення навігаційної апаратури КА.

**Ключові слова:** видова розвідка, розрізнення космічних знімків, похибка цілевказівки, супутникова радіонавігаційна система, точність місцевизначення.

## REQUIREMENT TO EXACTNESS OF SATELLITE NAVIGATION COORDINATE DETERMINATION EQUIPMENT OF SPECIFIC SECRET SERVICE SPACE VEHICLES

U.V. Reznikov

The analysis of role of specific secret service space vehicles is performed in the informative providing of battle actions, the necessity of effective methods of space pictures attachment is shown with the use of satellite navigation system information and equipment of space vehicle orientation. On the basis of analysis of modern decimators descriptions formulated requirement to exactness of formed target designation, the deadline values of navigation equipment estimation error are got.

**Keywords:** specific secret service, resolution of space pictures, error of target designation, satellite radionavigation system, exactness of position.