УДК 621.396

А. П. Алешкин, Т. О. Мысливцев, А. А. Макаров

МЕТОД КОМПЕНСАЦИИ НЕИДЕНТИЧНОСТИ ТРАСС РАСПРОСТРАНЕНИЯ ТЕСТОВЫХ РАДИОСИГНАЛОВ ПРИ ДУПЛЕКСНОМ СЛИЧЕНИИ ШКАЛ УДАЛЕННЫХ СИНХРОНИЗАТОРОВ

Рассматривается метод сличения временных шкал удаленных синхронизаторов при использовании подвижного ретранслятора космического базирования. За основу взят дуплексный метод определения рассинхронизации разнесенных источников шкал. Основной задачей при этом оказывается парирование невзаимности трасс встречного распространения тестовых сигналов. Предложен механизм парирования динамики на основе эмпирического синтеза опорной функции при полиномиальной аппроксимации разновременных измерений на совпадающие моменты времени.

Ключевые слова: *сличение шкал, прямые и встречные измерения задержки, полиномиальная аппроксимация, эмпирическая опорная функция, погрешность сличения.*

Современные подходы к совершенствованию характеристик спутниковых навигационных систем ориентированы на повышение точности и оперативности сличения шкал удаленных синхронизаторов. Рассмотрим ситуацию, когда используемые для формирования временной шкалы центральные синхронизаторы (ЦС) разнесены на существенное расстояние. Формируемая ЦС временная шкала используется для синхронизации сигналов в радиоэлектронных системах (РЭС), функционирующих в структуре отдельного измерительного пункта (ОИП). ОИП обеспечивает периодическую корректировку временной шкалы удаленного ЦС, с этой целью может быть использован дуплексный метод. В этом случае для сличения временных шкал необходимо обеспечить идентичность трасс встречного распространения тестовых радиосигналов, содержащих формируемую ЦС временную метку.

Сложности в использовании дуплексных технологий возникают, если невозможны одномоментные измерения задержки распространения радиосигнала, например, вследствие непрерывного изменения состояния динамической системы. Подобные изменения происходят, если трасса распространения тестовых сигналов проходит по спутниковым радиоканалам.

Даже если бортовая аппаратура позволяет одновременно ретранслировать сигналы, распространяющиеся во встречных направлениях, за счет собственного движения носителя ретранслятора трассы теряют идентичность.

Еще более сложным оказывается решение задачи сличения шкал, когда бортовая аппаратура одноканальная и, следовательно, способна ретранслировать в реальном временном масштабе сигнал только одной РЭС, синхронизируемой ЦС. Тогда требуется проведение измерений последовательно во времени: при распространении сигнала сначала в одном направлении, а затем по встречной траектории. Единственным способом сличения временных шкал в подобной ситуации оказывается сведение разномоментных измерений к совпадающим отсчетам времени. Иными словами, необходимо выполнить экстраполяцию (прогнозирование) проведенных в разнесенные временные интервалы измерений задержки распространения сигналов по встречным траекториям на совпадающие интервалы [1].

В случае пропуска реальных измерений задержки — нарушения непрерывности функции измеряемого параметра — требуется ее точное математическое описание с целью восстановления неких „виртуальных“ аналогов пропущенных измерений [1, 2]. Если эту задачу решить, то данные проведенных в несовпадающие временные интервалы измерений могут быть пересчитаны к одним и тем же моментам времени.

Таким образом, при сличении шкал в динамической системе требуется парировать неидентичность трассы распространения сигналов во встречных направлениях, вызванную, прежде всего, орбитальным движением носителя ретранслирующей аппаратуры.

Компенсировать динамику изменения измеряемого параметра возможно, используя прецизионное описание модели орбитального движения КА-ретранслятора (например, эфемеридное обеспечение) либо синтезируя некий математический аналог, имеющий единую природу с оцениваемой функцией [3].

В настоящее время самая высокая точность описания модели движения КА в реальном масштабе времени соответствует навигационным КА (НКА) отечественной системы ГЛОНАСС.

Возможны различные варианты парирования динамики при сличении шкал времени с использованием измерений, выполненных в несовпадающие временные интервалы. Один из них заключается в построении аппроксимирующей опорной функции измеряемого параметра.

Для удобства описания способа примем следующие допущения. При измерении временной задержки не возникают какие-либо инструментальные и методические погрешности. Удаленные ЦС1 (для первого ОИП) и ЦС2 (для второго ОИП) формируют шкалу времени для условных РЭС1 и РЭС2 с нулевым расхождением. Бортовая аппаратура ретрансляции не вносит дополнительных погрешностей.

Поскольку одновременные измерения невозможны, функция измерений состоит из двух отрезков. Первый соответствует времени распространения сигнала в прямом направлении (РЭС1—НКА—РЭС2), затем следует разрыв, обусловленный перестройкой бортовой аппаратуры ретрансляции на встречные измерения, второй отрезок соответствует времени измерений по встречной трассе РЭС2—НКА—РЭС1.

Поскольку физически суммарная задержка зависит от одних и тех же источников излучений (РЭС1, РЭС2) и общего ретранслятора (НКА), то при отсутствии рассогласования шкал и промежутка времени, необходимого для перестройки бортовой аппаратуры, она будет представлять собой непрерывную гладкую дифференцируемую функцию.

Если бы прямые и встречные измерения выполнялись одновременно, то в отсутствие динамики НКА и сдвига шкал были бы получены совпадающие кривые суммарной задержки для прямой и встречной трасс.

Допустим наличие рассогласования шкал, по которым выполняется засечка времени распространения сигналов во встречных направлениях.

При появлении рассогласования шкал получим постоянный сдвиг одной кривой суммарной задержки (для прямой трассы) относительно другой (для встречной). Построение разностной функции дает зависимость, близкую к прямой и позволяет рассчитать разность, соответствующую уходу шкалы одного синхронизатора относительно другого (в рассматриваемом случае шкалы ЦС2 относительно шкалы ЦС1). В отсутствие возможности проводить одновременные прямые и встречные измерения нельзя сформировать указанную разностную функцию, решить эту задачу можно, используя прогнозные значения искомых параметров.

С этой целью выполняются виртуальные измерения для прямой и встречной трасс. Решив эту задачу, возможно получить разностную функцию.

Для виртуальных измерений, наилучшим образом, в некотором смысле, экстраполирующих закон изменения реальной функции измерений, используют алгоритмы, основанные на полиномиальной аппроксимации.

Очевидно, что чем менее динамичен воспроизводимый процесс, тем более простой полином требуется для его описания и тем меньшей будет ошибка воспроизведения оцениваемой величины.

В отсутствие рассогласования шкал удаленных синхронизаторов корректное прогнозирование функции измерения суммарной задержки для прямых измерений позволит получить значения, соответствующие реальным встречным измерениям.

Тем не менее, выбор полиномиальной модели, адекватно и с требуемой точностью описывающей функцию измерений, оказывается непростым. При несовпадении шкал временной сдвиг может быть представлен постоянной зависимостью, а его парирование — адаптивным смещением отсчетов одного измерительного отрезка относительно измерений, выполненных на другом отрезке, до восстановления неискаженной функции суммарной задержки.

Для решения поставленной задачи может быть использован традиционный метод формирования наименьшей суммы квадратов невязок отклонений реальных измерений от аппроксимирующего опорного полинома. Выбрать полином можно с помощью оптимизационных процедур прямого эмпирического поиска временного сдвига, например, алгоритмов золотого сечения или деформируемого многогранника.

Для формирования отклонений выполненных измерений от одномоментных значений опорного полинома следует аппроксимировать разностную функцию, описываемую полиномом нулевого порядка. Тогда в отсутствие рассогласования шкал времени получим совпадающие линии для спрогнозированных отклонений прямых и встречных измерений от результатов расчета. Если шкалы удаленных ЦС рассинхронизированы, отклонения не совпадут, и соответствующие им прямые будут расположены одна под другой. Разностная функция, сформированная по этим прямым, характеризует удвоенное значение несовпадения шкал удаленных синхронизаторов.

Этот способ обеспечивает парирование динамики в случае несовпадения трасс распространения прямых и встречных сигналов при реализации дуплексного метода сличения шкал с использованием НКА.

Представим математическое описание приведенных рассуждений. Итак, при выполнении сличения используются измерения в прямом и обратном направлении (прямые и обратные измерения) задержек времени распространения сигналов.

Результаты прямых измерений представляют собой вектор задержек суммарного времени распространения сигналов от РЭС1 до навигационного КА и от него — до РЭС2:

$$\boldsymbol{\tau}_{1\Sigma} = \left[\tau_{1\Sigma 1} \quad \tau_{1\Sigma N}\right]^T .$$

Здесь N — количество выполненных прямых измерений. Встречные измерения могут быть описаны вектором

$$\boldsymbol{\tau}_{2\Sigma} = \left[\tau_{2\Sigma 1} \quad \tau_{2\Sigma M}\right]^T .$$

Здесь M — число измерений задержки, выполненных при распространении сигнала в обратном направлении.

Поскольку результаты измерений несвободны от погрешностей (случайных и систематических), от истинных значений векторов $\boldsymbol{\tau}_{1\Sigma}$, $\boldsymbol{\tau}_{2\Sigma}$ перейдем к их зашумленным аналогам $\tilde{\boldsymbol{\tau}}_{1\Sigma}$ и $\tilde{\boldsymbol{\tau}}_{2\Sigma}$.

Для фильтрации шумовой составляющей погрешностей может использоваться алгоритм статистического усреднения на основе полиномиальной аппроксимации, с помощью которого возможна экстраполяция сглаживаемого процесса на заданный момент времени.

Использование полиномиальной аппроксимации обеспечивает парирование неидентичности трасс, вызванной неодновременным встречным распространением сигналов. Итак, в процессе полиномиального усреднения формируют вектор оценок измерений $\hat{\boldsymbol{\tau}}_{1\Sigma}$ и $\hat{\boldsymbol{\tau}}_{2\Sigma}$.

Рассмотрим особенности полиномиальной аппроксимации функции измеряемого параметра по данным наблюдений на некотором осредненном временном интервале $\overline{T}$. Поскольку при этом задается закон изменения сглаживаемого параметра, становится возможна и его экстраполяция.

Измеряемый параметр $\tau_i = \tau(t_i)$ на интервале $\overline{T}$ представляется в виде полиномиальной временной функции, степень которой зависит от модели изменения оцениваемого параметра — суммарной временной задержки [4, 5]:

$$\tilde{\tau}_i = \tau_i + \delta\tau_i = \sum_{j=0}^{m} \alpha_j \frac{s_i^j}{j!} + \delta\tau_i ,$$

где τ_i — случайная погрешность измерений; $s_i = t_i - t_{\text{н}}$, i — момент времени, s — относительное время, отсчитываемое от начала интервала усреднения $t_{\text{н}}$, $s = t - t_{\text{н}}$; α_j — коэффициенты аппроксимирующего полинома.

В общем случае временной полином может иметь следующий вид:

$$\tau(t) = \alpha_0 + \alpha_1 (t - t_{\text{н}}) + \alpha_2 \frac{(t-t_{\text{н}})^2}{2!} + \alpha_3 \frac{(t-t_{\text{н}})^3}{3!} + \ldots + \alpha_m \frac{(t-t_{\text{н}})^m}{m!} = \sum_{j=0}^{m} \alpha_j \frac{s^j}{j!} .$$

При постоянном шаге измерений $T = t_i - t_{i-1}$ $t_i = t_{\text{н}} + (i-1)T$, откуда $s_i = (i-1)T$.

Тогда выборка из N отсчетов $\tilde{\tau}_i$ может быть представлена в компактной векторно-матричной форме

$$\tilde{\boldsymbol{\tau}} = \mathbf{A}\boldsymbol{\alpha} + \delta\boldsymbol{\tau} ,$$

где $\tilde{\boldsymbol{\tau}}$ — вектор-столбец измерительных отсчетов, $\tilde{\boldsymbol{\tau}} = \begin{bmatrix} \tilde{\tau}_1 & \tilde{\tau}_2 & \ldots & \tilde{\tau}_N \end{bmatrix}^T$; матрица $\mathbf{A}$ связывает текущие значения параметра τ_i с коэффициентами временного полинома $\boldsymbol{\alpha} = \begin{bmatrix} \alpha_0 & \alpha_1 & \ldots & \alpha_m \end{bmatrix}^T$:

$$\mathbf{A} = \begin{bmatrix} 1 & s_1 & s_1^2/2! & \ldots & s_1^m/m! \\ 1 & s_2 & s_2^2/2! & \ldots & s_2^m/m! \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 1 & s_N & s_N^2/2! & \ldots & s_N^m/m! \end{bmatrix}^{N \times m} ,$$

$\delta\boldsymbol{\tau}$ — вектор-столбец погрешностей измерений, $\delta\boldsymbol{\tau} = \begin{bmatrix} \delta\tau_1 & \delta\tau_2 & \ldots & \delta\tau_N \end{bmatrix}^T$.

Задача обработки массива измерений состоит в определении значения $\boldsymbol{\alpha}$, обеспечивающего наилучшее в некотором смысле приближение вектора измеренных значений полиномиальной функцией.

Для максимально правдоподобной оценки $\boldsymbol{\alpha}$ несложно получить следующее матричное соотношение:

$$\hat{\boldsymbol{\alpha}} = (\mathbf{A}^T \mathbf{K}_{\delta\tau}^{-1} \mathbf{A})^{-1} \mathbf{A}^T \mathbf{K}_{\delta\tau}^{-1} \tilde{\boldsymbol{\tau}},$$

где $\mathbf{K}_{\delta\tau}$ — корреляционная матрица погрешностей измерений. Для однородных некоррелированных равноточных измерений $\mathbf{K}_{\delta\tau} = \sigma^2 \mathbf{I}$, где σ — среднеквадратическая ошибка, $\mathbf{I}$ — единичная матрица [4, 5].

Уравнение для оценок вектора коэффициентов временного полинома в этом случае может быть записано следующим образом:

$$\hat{\boldsymbol{\alpha}} = (\mathbf{A}^T \mathbf{A})^{-1} \mathbf{A}^T \tilde{\boldsymbol{\tau}}.$$

Ковариационная матрица ошибок оценивания представленного вектора коэффициентов аппроксимирующего полинома описывается соотношением:

$$\mathbf{K}_a = \sigma^2 \ (\mathbf{A}^T \mathbf{A})^{-1}.$$

Для экстраполяции оцениваемого параметра на некоторый удаленный момент времени достаточно соответствующим образом сформировать матрицу прогнозирования $\mathbf{A}_{\text{п}}$.

В общем случае получим вектор спрогнозированных оценок на интересующий интервал времени $\hat{\boldsymbol{\tau}}_{\text{п}} = \mathbf{A}_{\text{п}} \hat{\boldsymbol{\alpha}}$.

Таким образом, если модель изменения функции задержки сигнала представить в виде временного полинома $\boldsymbol{\tau}_\Sigma = \mathbf{A}\boldsymbol{\alpha}$ для однородных некоррелированных равноточных измерений, то вектор оцениваемых параметров будет описываться выражением $\hat{\boldsymbol{\tau}}_\Sigma = \mathbf{A}\boldsymbol{\alpha} = \mathbf{A}(\mathbf{A}^T \mathbf{A})^{-1} \ \mathbf{A}^T \ \tilde{\boldsymbol{\tau}}_\Sigma$.

Ковариационная матрица ошибок представленного вектора оценок временной задержки описывается следующим соотношением:

$$\mathbf{K}_\tau = \mathbf{A}\mathbf{K}_a \ \mathbf{A}^T = \sigma^2 \, \mathrm{A}(\mathbf{A}^T \mathbf{A})^{-1} \ \mathbf{A}^T,$$

тогда для прямых измерений вектор оценок задержки примет вид:

$$\hat{\boldsymbol{\tau}}_{1\Sigma} = \mathbf{A}_1 (\mathbf{A}_1{}^T \mathbf{A}_1)^{-1} \mathbf{A}_1{}^T \tilde{\boldsymbol{\tau}}_{1\Sigma},$$

а для встречных

$$\hat{\boldsymbol{\tau}}_{2\Sigma} = \mathbf{A}_2 (\mathbf{A}_2{}^T \mathbf{A}_2)^{-1} \mathbf{A}_2{}^T \tilde{\boldsymbol{\tau}}_{2\Sigma}.$$

Для сличения временных шкал необходимо обеспечить приведение полученных оценок к совпадающим моментам времени. При этом представляется эффективным использовать отклонения измерений от некоторого опорного полинома, формируемого путем обобщенной полиномиальной аппроксимации как прямых, так и обратных измеряемых задержек. В этом случае для аппроксимации сформированных отклонений достаточно использования полинома первого, а иногда и нулевого, порядка.

Для реализации указанной процедуры на объединенном измерительном интервале формируется вектор $\tilde{\boldsymbol{\tau}}_\Sigma^\delta$, состоящий из прямых и встречных измерений. В соответствии с методикой полиномиальной аппроксимации этому вектору ставится в соответствие экстраполирующий полином, коэффициенты которого рассчитываются по формуле

$$\hat{\boldsymbol{\alpha}} = (\mathbf{A}^T \mathbf{A})^{-1} \ \mathbf{A}^T \ \tilde{\boldsymbol{\tau}}_\Sigma^\delta.$$

Значения полинома описываются следующим соотношением:

$$\boldsymbol{\tau}_{э\Sigma} = \mathbf{A}\,\hat{\boldsymbol{\alpha}} = (\mathbf{A}^T\mathbf{A})^{-1}\;\mathbf{A}^T\;\tilde{\boldsymbol{\tau}}_{\Sigma}^{\delta}\,.$$

Далее формируются разностные значения исходных измерений задержек относительно полученного аппроксимирующего полинома

$$\Delta\tilde{\boldsymbol{\tau}}_{1\Sigma} = \boldsymbol{\tau}_{э\Sigma} - \tilde{\boldsymbol{\tau}}_{1\Sigma}\,,\quad \Delta\tilde{\boldsymbol{\tau}}_{2\Sigma} = \boldsymbol{\tau}_{э\Sigma} - \tilde{\boldsymbol{\tau}}_{2\Sigma}\,.$$

После того как получено начальное выражение для полинома, с помощью оптимизирующей процедуры итерационным путем выбирается его улучшенная форма. При этом в качестве критерия оптимизации используется целевая функция в виде суммы квадратов отклонений $\Delta\tilde{\boldsymbol{\tau}}_{1\Sigma}$ и $\Delta\tilde{\boldsymbol{\tau}}_{2\Sigma}$ от аппроксимирующего полинома, а изменяемым параметром служит постоянная подставка временной задержки δt для вектора, например, встречных измерений $\Delta\tilde{\boldsymbol{\tau}}_{2\Sigma}$, аддитивно вносимая на каждом шаге итерации.

Далее формируются массивы разностей векторов реальных измерений и оптимального в описанном смысле опорного аппроксимирующего полинома для соответствующих РЭС:

$$\Delta\tilde{\boldsymbol{\tau}}_{1\Sigma} = \boldsymbol{\tau}_{э\Sigma} - \tilde{\boldsymbol{\tau}}_{1\Sigma}\,,\quad \Delta\tilde{\boldsymbol{\tau}}_{2\Sigma} = \boldsymbol{\tau}_{э\Sigma} - \tilde{\boldsymbol{\tau}}_{2\Sigma}\,.$$

Затем выполняем статистическое сглаживание разностных данных с использованием процедур полиномиальной аппроксимации. Поскольку в разностях динамика изменения функции временной задержки практически скомпенсирована, линейного полинома, как показало моделирование, достаточно для подавления случайной погрешности измерений и для экстраполяции функции изменения временной задержки на заданные моменты времени.

Тогда аналитическое представление разностной функции временной задержки реализуется в соответствии с соотношениями:

$$\hat{\boldsymbol{\tau}}_{1\Sigma} = \mathbf{A}_1(\mathbf{A}_1{}^T\mathbf{A}_1)^{-1}\mathbf{A}_1{}^T\,\tilde{\boldsymbol{\tau}}_{1\Sigma} = \mathbf{A}_1\,\hat{\boldsymbol{\alpha}}_1\,,$$

$$\hat{\boldsymbol{\tau}}_{2\Sigma} = \mathbf{A}_2(\mathbf{A}_2{}^T\mathbf{A}_2)^{-1}\mathbf{A}_2{}^T\,\tilde{\boldsymbol{\tau}}_{2\Sigma} = \mathbf{A}_2\,\hat{\boldsymbol{\alpha}}_2\,,$$

а их приведение к совпадающим моментам времени — при использовании выражений:

$$\Delta\hat{\boldsymbol{\tau}}_{1п\Sigma} = \mathbf{A}_{1п}\,\hat{\boldsymbol{\alpha}}_1\,,\quad \Delta\hat{\boldsymbol{\tau}}_{2п\Sigma} = \mathbf{A}_{2п}\,\hat{\boldsymbol{\alpha}}_2\,.$$

Теперь формируем вектор разности

$$\Delta\hat{\boldsymbol{\tau}} = \Delta\hat{\boldsymbol{\tau}}_{1п\Sigma} - \Delta\hat{\boldsymbol{\tau}}_{2п\Sigma}\,,$$

при использовании которого определяется вектор расхождения шкал времени

$$\hat{\boldsymbol{\delta}}t = \Delta\hat{\boldsymbol{\tau}}\,/2.$$

Полученный вектор значений характеризует уход шкалы времени одного синхронизатора относительно другого.

Описанная процедура апробирована при статистическом моделировании по методу Монте-Карло, подтвердившем возможность ее эффективной реализации для обработки экспериментальных данных.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Алешкин А. П.* и др. Инфраструктура малых космических аппаратов / Под ред. *В. Ф. Фатеева*. М.: Радиотехника, 2011. 432 с.

2. *Алешкин А. П., Гусаков В. М., Мысливцев Т. О.* Моделирование измерений навигационных параметров в коротковолновых радиолокационных системах пространственной волны // Изв. вузов. Приборостроение. 2012. Т. 55, № 9. С. 54—62.

3. *Алешкин А. П., Шпаков А. П.* Метод юстировки наземных радиолокационных систем по низкоорбитальным малым КА // Вопросы радиоэлектроники. Сер. Общетехническая. 2010. Вып. 2. С. 54—59.

4. *Агаджанов П. А., Барабанов Н. М., Буренин Н. И.* и др. Космические траекторные измерения / Под ред. *П. А. Агаджанова, В. Е. Дулевича, А. А. Коростелева*. М.: Сов. радио, 1969. 752 с.

5. *Губин В. А., Клюев Н. Ф.* и др. Основы радионавигационных измерений. М.: МО СССР, 1987. 373 с.

Сведения об авторах

Андрей Петрович Алешкин — д-р техн. наук, профессор; Военно-космическая академия им. А. Ф. Можайского, Санкт-Петербург; E-mail: a_aleshkin@mail.ru

Тимофей Олегович Мысливцев — д-р техн. наук; Военно-космическая академия им. А. Ф. Можайского, Санкт-Петербург; начальник кафедры; E-mail: a_aleshkin@mail.ru

Андрей Александрович Макаров — канд. техн. наук, доцент; Военно-космическая академия им. А. Ф. Можайского, Санкт-Петербург; начальник кафедры; E-mail: a_aleshkin@mail.ru

Рекомендована
ВКА им. А. Ф. Можайского

Поступила в редакцию
11.03.14 г.

УДК 519.2

В. Н. Арсеньев, П. В. Лабецкий

ОЦЕНИВАНИЕ ОБЛАСТИ РАССЕИВАНИЯ КООРДИНАТ СПЕЦИАЛЬНОГО КОСМИЧЕСКОГО АППАРАТА ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ИСПЫТАНИЙ

Рассматривается задача оценивания радиуса сферы, ограничивающей область расположения специального космического аппарата относительно исследуемого космического объекта после завершения маневра сближения. Для повышения качества оценивания использован метод приоритета опытной информации, позволяющий при ограниченном числе натурных испытаний учитывать априорную информацию.

Ключевые слова: *космический мусор, специальный космический аппарат, ограниченное число натурных испытаний.*

Введение. В настоящее время в околоземном космическом пространстве скопилось большое количество космического мусора. Для проведения технического обслуживания (выяснения состояния, назначения, потенциальной опасности и т.д.) того или иного космического объекта используются специальные космические аппараты (СКА) [1]. Получить необходимую информацию об исследуемом объекте (ИО) можно, если расстояние от СКА до ИО не превышает некоторой величины. Это означает, что область, в пределах которой должен находиться СКА после завершения маневра сближения, ограничивается сферой с заданным радиусом.

Расстояние между СКА и ИО зависит от точности функционирования системы управления движением аппарата. Вероятностные характеристики (прежде всего, математическое ожидание и дисперсия) расстояния между аппаратом и объектом определяют область, в которой будет находиться СКА в конце траектории сближения. Эта область может выходить за