

УДК 629.7.05

© Дьяченко А.А., Димидюк Д.Н., Сплендер В.А., Суринович Д.Д.

## СИНТЕЗ ОПТИМАЛЬНОГО КОМПЛЕКСА МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ ПО ОЦЕНКЕ ВОЗМОЖНОСТЕЙ ПРИМЕНЕНИЯ КОСМИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ СВЯЗИ ПРИ СОЗДАНИИ ИНФОРМАЦИОННО-УДАРНЫХ СИСТЕМ ОРУЖИЯ

*Рассматриваются возможности применения космической системы связи при создании информационно-ударных систем оружия.*

Анализ ведущихся в США работ по превращению околоземного космического пространства в новую сферу вооруженной борьбы и достижению превосходства посредством создания информационно-ударных систем оружия (ИУСО), действующих на всем объеме геопространства, подтверждает, что основным направлением здесь является их интеграция с информационными космическими системами (ИКС).

Сопряжение существующих ударных средств с космическими информационными системами – важнейшее условие обеспечения создания ИУСО и позволяет значительно повысить ударную мощь системы оружия и эффективно использовать ресурс ИКС, тем самым повышая информационно - космическую мощь перспективной системы оружия - ИУСО.

Под информационно - космической мощью понимается способность оперативно получать при помощи ИКС и космической инфраструктуры определенное количество информации требуемого качества и с заданной периодичностью о противнике, своих войсках и параметрах ТВД, в интересах обеспечения военных действий, обрабатывать ее, доставлять потребителю и обеспечивать информационный обмен между звеньями управления войсками и оружием.

Важнейшим элементом в данной системе будет играть космическая система связи, передачи информации и ретрансляции.

Анализ задач, решаемых космической системой связи (КССв) на всех этапах функционирования ИУСО, позволил выделить в качестве основных показателей

*Дьяченко Андрей Анатольевич – начальник отдела ГУК ВС РФ; Димидюк Дмитрий Николаевич – старший офицер ГУ ПШ ВС РФ;*

*Сплендер Виктор Анатольевич – доктор военных наук, старший научный сотрудник, заместитель начальника отдела Рособоронзаказа;*

*Суринович Дмитрий Дмитриевич – старший офицер УРБВТ и СП.*

эффективности применения и затрат ресурсов КССв ее помехозащищенность, пропускную способность, оперативность, стоимость и время активного существования. При этом в качестве критерия выбора варианта состава и построения ОГ КССв предлагается использовать критерий пригодности, а именно – обеспечение требуемого значения пропускной способности системы при заданном времени ее функционирования, помехозащищенности и оперативности системы не менее требуемых и наименьших затратах ресурсов.

Задача синтеза оптимальной КССв тогда может быть сформулирована следующим образом: найти такие проектно-баллистические параметры КССв  $F_p^*$ , при которых обеспечивается заданная пропускная способность системы  $n_{ct}$  при минимальных на нее затратах  $C_{KCC}$  в течение определенного времени функционирования  $T_\phi$  и уровня помехозащищенности  $k_{cu}$ , и оперативности  $\tau_{on}$ , не ниже требуемых:

$$F_p^* : n_{ct}^* = n_{ct}(F_p^*) = \bar{n}_{ct} \quad (1)$$

при  $C_{KCC} = \min_{F_p} C_{KCC}(F_p, n_{ct}) = C_{\min}(F_p^*, n_{ct})$ ;

$$T_\phi = \bar{T}_\phi; k_{cu} \geq \Delta \bar{k}_{cu}; \tau_{on} \leq \bar{\tau}_{on}; F_p \in G_T,$$

где  $F_p = \{N_{min}, X, \bar{M}_{KA}, P_{прд}, \Delta F\}$  – проектно-баллистические параметры КССв, выбираемые в процессе ее проектирования;

$N_{min}$  – минимально необходимое число КА в ОГ КССв;

$X$  – баллистические параметры орбитальной группировки КССв;

$\bar{M}_{KA}$  – вектор распределения массы КА между его подсистемами;

$P_{прд}$  – выходная мощность передатчика ретранслятора КА связи;

$\Delta F$  – полоса пропускания ретранслятора КА связи;

$n_{ct}$  – общее число стволов (каналов) ретрансляции информации;

$k_{cu}$  – отношение с/шум на входе приемных устройств потребителей.

С целью определения рациональных вариантов

состава и построения ОГ КССв была разработана математическая модель ее функционирования, которая включает в свой состав математические модели показателей возможностей и эффективности системы, модель ОГ КССв, модель КА и его бортовых систем с учетом их характеристик и связей с внешними системами. Принципы, положенные в основу построения перспективной КССв, предусматривают необходимость использования ОГ непрерывного  $n$ -кратного ( $n = 1, 2, \dots$ ) обзора обслуживаемого пространства.

При этом синтез ОГ КССв заключается в минимизации общего числа  $N$  космических аппаратов связи в ОГ при заданных значениях высоты  $H$  рабочей орбиты КА, минимального угла места  $\varepsilon$  на границе зоны обзора КА и кратности  $n$  обзора обслуживаемого пространства. Как показывает опыт создания подобных систем, к основным проектным параметрам КА связи и его бортовых систем можно отнести массу КА  $m_{КА}$ , его стоимость  $C_{КА}$ , полосу пропускания  $\Delta F$  ретранслятора, выходную мощность  $P_{прд}$  передающего устройства и общую потребляемую КА мощность  $P_{потр}$ .

При моделировании принималось, что КА связи обеспечивает передачу информации по двум направлениям: КА – потребитель и КА – КА. При этом для работы в направлении КА – КА на космических аппаратах связи и в абонентской аппаратуре потребителей предусматривается использование слабонаправленных антенн с коэффициентом направленного действия 1,6...2,3. Ширина диаграммы направленности антенны КА, работающего в направлении КА – потребитель, выбиралась из условия обзора всей видимой с КА поверхности Земли.

Общая стоимость  $C_{\Sigma}$  ОГ КССв оценивалась исходя из стоимости разработки  $C_{КА}^{раз}$ , изготовления  $C_{КА}^{изг}$ , запуска  $C_{КА}^{зан}$  и обслуживания  $C_{КА}^{обс}$  КА связи

$$C_{\Sigma} = C_{КА}^{раз} + C_{КА}^{изг} + C_{КА}^{зан} + C_{КА}^{обс}, \quad (2)$$

где  $C_{КА}^{раз} = 10^7 \cdot m_{КА}^{0,48}$ ;  $C_{КА}^{изг} = 7,1 \cdot 10^5 \cdot m_{КА}^{0,41}$ ;  
 $C_{КА}^{зан} = C_{зан}^{y\delta} \cdot m_{КА} \cdot N$ ;  $C_{КА}^{обс} = C_{об}^{y\delta} \cdot Q_{КА} \cdot N \cdot T_{\Phi}$ .

Масса КА определяется из выражения

$$m_{КА} = 7,9 \cdot P_{потр}^{0,64}, \quad (3)$$

где  $P_{потр} = \sum_{i=1}^{n_{cm}} \frac{P_{прдi}}{\eta_i}$ ;

$P_{прдi}$  – выходная мощность  $i$ -го передатчика;

$\eta_i$  – коэффициент полезного действия  $i$ -го передатчика;

$n_{cm}$  – количество стволов (ретрансляторов) на

одном КА связи.

Требуемые значения выходной мощности передатчика  $P_{прд}$  КА и чувствительности приемника  $P_{прм}$  абонентской аппаратуры потребителей определяются выражениями:

$$\frac{P_{прм} \cdot (4\pi D)^2}{G_{прм} \cdot G_{прд} \cdot \lambda^2}; \quad (4)$$

$$P_{прм} = \kappa \cdot \xi \cdot T_{ш} \cdot \Delta F, \quad (5)$$

где  $\kappa = 1,38 \cdot 10^{-23}$  Вт/(град·Гц) – постоянная Больцмана;

$\xi$  – отношение сигнал/шум на входе приемника;

$T_{ш}$  – шумовая температура входных устройств приемника;

$\Delta F$  – полоса принимаемых частот;

$D$  – расстояние от КА до потребителя;

$G_{прд}$ ,  $G_{прм}$  – коэффициенты усиления приемной и передающей антенн;

$\lambda$  – длина волны несущего колебания передаваемого сообщения.

В свою очередь коэффициент усиления антенны определяется выражением

$$G = \gamma \cdot (\pi d / \lambda)^2, \quad (6)$$

где  $\gamma$  – коэффициент использования площади раскрыва антенны;

$d$  – диаметр антенны.

На основе разработанных математических моделей показателей возможностей, эффективности и стоимости ОГ КССв, КА связи и его бортовых систем был получен ряд вариантов состава, построения и характеристик ОГ КССв, использующей КА с одноствольным ( $n_{cm} = 1$ ) и многоствольным ( $n_{cm} \geq 1$ ) ретранслятором, при различных значениях кратности обзора  $n$  земной поверхности, минимального угла места  $\varepsilon$  на границе зоны обзора КА, высоты рабочей орбиты  $H$ , отношении сигнал/шум  $k_{су}$  на входе приемных устройств абонентских терминалов и помехозащищенности 30 дБ (см. таблицу).

При этом принималось, что скорость передачи сообщений составляет 4,8 Кбит/с, полоса частот сигнала  $\Delta F = 9,6$  КГц, шумовая температура  $T_{ш}$  входных устройств приемника 100°К (параметрические неохлаждаемые усилители), несущая частота сигнала  $f_c = 1,5$  ГГц, коэффициент полезного действия передающих устройств  $\eta \geq 0,3$ , для повышения помехозащищенности космических радиолиний используется преобразование радиосигнала в псевдослучайную последовательность, что приводит к расширению полосы передаваемых частот до 10 МГц.

Анализ характеристик ОГ КССв, полученных в результате моделирования, показал целесообразность применения наряду с Единой системой спутниковой связи

Варианты состава и оперативного построения орбитальной группировки КССв

Число КА в ОГ	Число орбит. плоск.	Фазирование, град	Наклон. орбиты, град	Высота орбиты, км	Кратность обзора	Миним. угол на границе ЗО, град	Масса КА, кг
14	7	102,86	58	3732	1	9	315
18	18	200	60	4154	2	1,5	410
24	8	60	56	3115	2	3	350
28	14	141,43	58	3732	3	3	420
36	36	280	60	4154	4	5	520
48	16	30	56	3115	4	3	475

(ЕССС), использующей КА на геостационарной и высокоэллиптической орбитах, низковысотной орбитальной группировки малых КА (МКА), развертываемой в мирное время в сокращенном составе и оперативно наращиваемой в угрожаемый период и военное время до полного состава.

Основными потенциальными преимуществами КССв на основе низкоорбитальных МКА связи по сравнению с традиционными КА на высоких орбитах являются: решение задач обеспечения связи в тактических и оперативно-тактических звеньях управления формирований ИУСО; существенное снижение габаритных и энергомассовых характеристик наземной аппаратуры потребителей (до единиц кг), возможность использования ненаправленных малогабаритных антенн, в том числе на подвижных объектах; повышение структурной устойчивости ОГ КССв за счет избыточности КА, возможности оперативного наращивания и восполнения утраченных КА; повышение помехозащищенности радиолиний за счет пространственно-временной неопределенности, динамичности организации связи и адаптации к помеховой обстановке.

Анализ результатов моделирования позволил выявить основные принципы построения и применения перспективной КССв:

- многоплоскостная многоспутниковая структура ОГ МКА связи;
- волновой метод доведения информации с использованием режима «глобальной волны» для передачи адресных сообщений;
- доведение пакетной информации от центральной станции (ЦС) до глобально расположенных абонентских станций (АС) в РМВ за счет организации в

КССв радиолиний: ЦС–КА, КА–КА, КА–АС;

- передача информации во всех радиолиниях на единой несущей частоте с разделением во времени работы МКА на прием и передачу;
  - автоматическое ограничение времени «жизни» волны за счет исключения повторного излучения каждым КА одного и того же пакета;
  - использование широкополосных сигналов с большой базой для обеспечения электромагнитной совместимости с другими системами связи, а также помехозащищенности от средств радиоэлектронного подавления;
  - размещение на МКА одноствольного ретранслятора дециметрового диапазона и антенн с широким полем зрения;
  - использование наземных терминалов, оснащенных широконаправленными антеннами постоянной готовности, не требующих наведения на КА, и др.
- Таким образом, исследования показывают целесообразность создания для решения задач обеспечения связью потребителей различного уровня и наведения ударных средств ИУСО на цели перспективной КССв с эшелонированным построением ОГ:
- дежурный эшелон на основе крупногабаритных КА связи должен функционировать на постоянной основе в мирное время;
  - низкоорбитальный эшелон МКА связи оперативно развертывается в угрожаемый период и военное время с использованием перспективных средств выведения в целях наращивания возможностей дежурного эшелона КССв или самостоятельного решения задач обеспечения связью формирований ИУСО.

Материал поступил в редакцию 16. 01. 2008г.