

УДК: 520.88

**ОСНОВНЫЕ ПОЛОЖЕНИЯ КОНЦЕПЦИИ ОБОСНОВАНИЯ
РАЗНОРОДНЫХ ОРБИТАЛЬНЫХ ГРУППИРОВОК
КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ НАБЛЮДЕНИЯ**

**MAIN PROVISIONS OF THE CONCEPT OF JUSTIFICATION
OF HETEROGENEOUS ORBITAL GROUPINGS
OF OBSERVATION SPACECRAFT**

По представлению академика РАН В.А. Петрова

Н.Ф. Аверкиев, А.Ю. Коваленко, А.В. Кульвиц

ВКА им. А.Ф. Можайского

N.F. Averkiev, A.Y. Kovalenko, A.V. Kulvits

В статье рассматриваются вопросы формирования концепции обоснования разнородных орбитальных группировок космических аппаратов наблюдения обеспечивающих действия группировок войск (сил), а также проблемные вопросы на этапах внешнего и внутреннего проектирования баллистических структур разнородных орбитальных группировок. Предложены основополагающие принципы концептуального подхода к обоснованию разнородных орбитальных группировок. Осуществлено обоснование концептуальной модели как с позиции целевого подхода, так и с позиции влияния баллистической структуры на целевой эффект.

Ключевые слова: наблюдение, орбитальная группировка, баллистическая структура концепция, системный подход.

The article deals with the formation of the concept of justification of heterogeneous orbital groups of observation spacecraft that support the actions of groups of troops (forces), as well as problematic issues at the stages of external and internal design. The basic principles of the conceptual approach to the justification of heterogeneous orbital groupings are proposed. The conceptual model is justified both from the point of view of the target approach and from the point of view of the influence of the ballistic structure on the target effect.

Keywords: observation, orbital grouping, ballistic strategic concept, system approach.

Введение

Анализ опыта последних вооруженных конфликтов, а также тенденций развития вооружения и военной техники, в частности космических средств, свидетельствует, что космическое и воздушное пространства превратились в важнейшие сферы вооруженной борьбы, а завоевание господства в воздухе и околоземном космическом пространстве обеспечивает эффективное достижение главных целей вооруженного конфликта. Степень использования космических

средств увеличивалась последовательно, по мере совершенствования технических характеристик применявшихся космических аппаратов (КА), увеличения состава национальных орбитальных группировок (ОГ) КА, а также в зависимости от геополитических обстоятельств. Количество задействуемых КА были пропорциональны пространственному размаху и стратегической значимости проводимых операций. Вместе с тем, в настоящее время все больший приоритет приобретает задача оперативного оборудования и дооборудования театров военных действий:

комплексная разведка, связь, навигация, метеорологическое, топогеодезическое обеспечение в интересах видов вооруженных сил, родов войск и специальных служб, подготовки данных для выдачи целеуказаний системам оружия (в том числе, высокоточного), планирования ракетно-авиационных ударов и использования беспилотных летательных аппаратов. Без активной информационной поддержки из космоса эффективное решение указанных задач уже практически невозможно. Перспективы развития отечественной орбитальной группировки направлены в сторону не столько количественного увеличения состава ОГ, а в большей степени в сторону повышения эффективности использования ОГ как средства информационного обеспечения действий группировок войск (сил) [1, 10–12].

Создание интегрированных космических информационно-телекоммуникационных систем — очередной шаг в развитии теории войн, который невозможен без поддержания и совершенствования эффективной космической инфраструктуры [2, 17]. В этой связи, особую актуальность приобретает проблема создания, так называемых разнородных, ОГ КА наблюдения, имеющих в своем составе КА различного типа наблюдения (радиотехнического, радиолокационного и оптикоэлектронного) и позволяющих с позиции комплексирования указанных целевых возможностей во взаимодействии с существующими и перспективными космическими системами связи и ретрансляции повысить эффективность информационного обеспечения.

Постановка задачи

Процесс проектирования разнородной ОГ КА, как сложной технической системы может быть разделен на внешнее и внутреннее проектирование, основной составной частью которого является синтез состава и структуры системы [3]. Для внешнего проектирования разнородной ОГ КА основной проблемой является формирование целей, ради достижения которых создается ОГ (т.е. формулировка целевой функции), и задач, которые она должна решить в процессе своего функционирования для достижения поставленных целей. В основе содержания внешнего проектирования разнородной ОГ КА лежат исходные данные по районам, в которых происходят

вооруженные конфликты, учет основных требований, предъявляемых к ОГ с точки зрения информационного обеспечения действий группировок войск (сил), а также учет современного состояния уровня разработки ВВСТ и технологий создания новых средств и систем наблюдения. Для внутреннего проектирования разнородной ОГ КА проблема состоит в том, чтобы реализовать в виде некоторого ограниченного количества КА устойчивую баллистическую структуру ОГ, имеющую в своем составе орбитальные построения КА различных типов и варианты применения ОГ, которые позволили бы обеспечить заданные свойства и высокую эффективность ОГ в целом. Разрешение указанных проблем базируется на формировании концепции обоснования разнородных ОГ КА наблюдения.

В общем виде концепция обоснования разнородной ОГ КА базируется на комплексировании целевых возможностей различных типов специальной аппаратуры КА (оптико-электронного, радиолокационного и радиотехнического обзора) с возможностью информационного обмена с наземным специальным комплексом (потребителем) посредством КА связи и ретрансляции по межспутниковым каналам связи. Применение КА радиотехнического наблюдения позволяет осуществлять контроль интересующего района Земли с заданной периодичностью для обеспечения вскрытия системы управления и связи войск противника, режимов их функционирования, определения местоположения радиолокационных станций и действующих командных пунктов.

В тоже время ограниченные информационные возможности методов, применяемых в бортовых специальных комплексах (БСК) КА для обнаружения (фиксации) объектов наблюдения и их последующего распознавания (идентификации), не позволяют в полном объеме фиксировать необходимые признаки объектов, попавших в полосу обзора КА и производить их достоверную классификацию наземным специальным комплексом (НСК), что приводит к невозможности точного и достоверного решения задач наблюдения объектов интереса. КА детального наблюдения (оптико-электронного и/или радиолокационного) способны обеспечить требуемый уровень решения задач наблюдения, однако имеют сравнительно узкую полосу обзора, что непосредственно влияет на периодичность наблюдения интересующих районов. Совместное использование КА различ-

ного типа наблюдения в рамках одной ОГ позволяет осуществлять наблюдение выявленных объектов с целью их более достоверной идентификации, и более точного определения координат для более точной выработки целеуказаний системам оружия [4].

Принципы обоснования разнородной орбитальной группировки наблюдения

Теоретической основой для определения принципов обоснования разнородных ОГ КА являются: общая теория построения сложных систем, теория и методы оптимизации, анализа и синтеза сложных технических систем вооружения, а также современная теория управления сложными объектами. Разнородная ОГ, включающая в себя как КА различного типа, так и информационные связи между элементами ОГ и потребителем, является сложной технической системой [3]. Теория и практика разработки и создания сложных систем вооружения и военной техники показывает, что решение поставленной проблемы может быть осуществлено на основе сочетания методов структурно-параметрического синтеза и оптимизации параметров, влияющих на возможности системы, ее принципиальные особенности и отличия от известных (разработанных ранее) сложных информационных систем [5]. В связи с этим в основу обоснования разнородной ОГ, как сложной технической системы, целесообразно положить следующие принципы (рис. 1).

Принцип системности заключается в том, что обоснования разнородной ОГ должны основываться на методе системного подхода и обеспечивать такие связи между структурными элементами данной системы, которые с одной стороны, сохраняли бы целостность системы, а с другой — обеспечивали ее эффективное взаимодействие с другими системами. Принцип системности требует рассмотрения создаваемой системы как составной части общей интегрированной системы наблюдения, включающей в себя НСК (потребителя) и элементы системы пространственной передачи информации на основе КА связи и ретрансляции.

Принцип адаптивности, в соответствии с которым разнородная ОГ должна решать задачи информационного обеспечения действий группировок войск (сил) для любых территориальных условий вооруженных конфликтов, определенного широтного пояса с заданной эффективностью.

Принцип преемственности, то есть максимально использовать уже созданные средства и системы. В первую очередь это относится к инфраструктуре действующих систем.

Принцип последовательного развития системы, который определяет направления развития, в первую очередь, за счет оснащения ее перспективными средствами и системами добывания и обработки специальной информации. Важность этого принципа обуславливается наличием ресурсных ограничений (финансовых, научно-технических, людских). При этом разно-



Рис. 1. Принципы обоснования разнородной ОГ КА наблюдения

родная ОГ должна быть организована и построена таким образом, чтобы она обеспечивала прирост эффективности не только за счет обеспечения требуемого времени обновления специальной информации, но и за счет повышения достоверности получаемой информации, и иметь возможность целенаправленного планирования совершенствования средств системы.

Принцип совместимости заключается в том, что при создании разнородной ОГ должно поддерживаться информационное и техническое взаимодействие с существующими и перспективными космическими информационными системами.

Принцип эшелонированности предполагает формирование специальной информации от нескольких источников, а именно как от КА радиотехнического обзора, так и от КА детального обзора с целью уточнения специальной информации.

Принцип агрегирования средств системы, предполагающей наряду с использованием КА радиотехнического, радиолокационного и видового обзора для решения частных задач, поставленных перед каждой системой, так и агрегирование в единую систему с целью повышения эффективности информационного обеспечения.

Принцип суперпозиции, предполагающей взаимное комплексирование информационных возможностей КА радиотехнического, радиолокационного и оптико-электронного обзора, функционирующих в различных пространственно-временных циклах, для своевременного обеспечения потребителей специальной информацией требуемого объема и качества на основе синергетического эффекта.

Принцип обеспечения устойчивости предусматривает сохранение возможностей эффективного решения поставленных перед разнородной ОГ задач в условиях воздействия внешней среды на баллистическую структуру.

Принцип эффективности, заключается в достижении целевого эффекта при минимизации затрачиваемых ресурсов. Формирование ОГ целесообразно при наличии положительного прироста в эффективности информационного обеспечения действий группировок войск (сил).

Предложенные принципы позволяют сформировать концептуальную модель разнородной ОГ КА наблюдения.

Концептуальная модель

Формирование концепции является необходимым условием для обоснования такой сложной технической системы как разнородная ОГ. Процесс обоснования заключается не только в формировании баллистической структуры ОГ, но и в описании взаимосвязей (операций) как между элементами такой системы, так и внешних связей с другими внешними системами. При этом объективная сложность исследуемых процессов повышает актуальность вопросов обеспечения адекватности разрабатываемых моделей. Требуемая степень адекватности определяется целевой направленностью разрабатываемой системы, с учетом которой при математическом моделировании делается акцент на те или иные явления, наиболее полно отражающие соответствующие аспекты исследуемой системы. В этой связи, необходимым аспектом формирования концепции является обоснование концептуальной модели, отличающейся наибольшей общностью [6].

Концептуальная модель, так же, как и вербальная, описывается с использованием естественного языка, но в отличие от последней использует сравнительно простые логические построения, позволяющие с необходимой простотой отражать отношения между операциями исследуемого процесса и окружающей среды. Построение концептуальной модели целесообразно проводить с позиции целевого подхода, сущность которого состоит в ориентации исследуемого процесса функционирования системы на конечную цель. В этом случае, необходимо привлекать методы системного анализа, обеспечивающие проведение качественного анализа исследуемых процессов, наиболее простым, и в тоже время дающим качественный результат является метод дерева целей и задач [7, 13–16].

В тоже время целевой эффект функционирования разнородной ОГ определяется баллистической структурой самой группировки, следовательно, концептуальную модель разнородной ОГ КА целесообразно рассматривать исходя не только с позиции целевого подхода, но и с позиции влияния баллистической структуры на целевой эффект.

В соответствии с используемым целевым подходом проведем анализ основных этапов

жизненного цикла ОГ КА наблюдения. Из обычно выделяемых составляющих жизненного цикла ОГ (развертывание, эксплуатация и завершение целевого использования), с точки зрения оценивания целевого эффекта наибольший интерес представляет этап эксплуатации ОГ. Анализ данного этапа позволяет выявить цели, основные задачи и операции, возникающие при применении ОГ, что является необходимой информацией на этапах баллистического проектирования любой ОГ. Активное целевое применение ОГ КА наблюдения начинается с момента достижения требуемого баллистического построения. Конечной целью функционирования ОГ является своевременное обеспечение потребителей специальной информацией необходимого объема с требуемым качеством. Для отражения всего многообразия, стоящих перед ОГ КА наблюдения задач необходимо построить дерево целей и задач, решаемых в процессе целевого функционирования ОГ КА наблюдения. На верхнем уровне данного дерева (рис. 2) находится глобальная цель, а далее уровни, представляющие собой подцели и задачи, решение которых обеспечивает достижение поставленной конечной

цели. На нижнем уровне представлен перечень обобщенных операций, непосредственно влияющих на выполнение глобальной цели.

Достижение поставленной перед ОГ наблюдения цели в рамках информационного обеспечения действий группировок войск (сил) возможно осуществить, как было сказано, посредством комплексного использования КА наблюдения разного типа в рамках разнородной ОГ [3, 4].

Целевое функционирование разнородной ОГ КА характеризуется сменой обобщенных состояний путем выполнения выявленных в ходе анализа этапов жизненного цикла ОГ операций (рис. 3) [8]. Смена состояний происходит циклически.

Завершающей операцией цикла целевого функционирования является операция обработки и анализа информации в НСК и передачи результатов потребителю. В случае возникновения необходимости уточнения полученных результатов (решение задачи доразведки) потребитель вырабатывает соответствующую заявку на проведение доразведки выявленной цели путем привлечения КА детального наблюдения. Решение данной задачи характеризуется состоянием 4', переход в которое осуществляется из

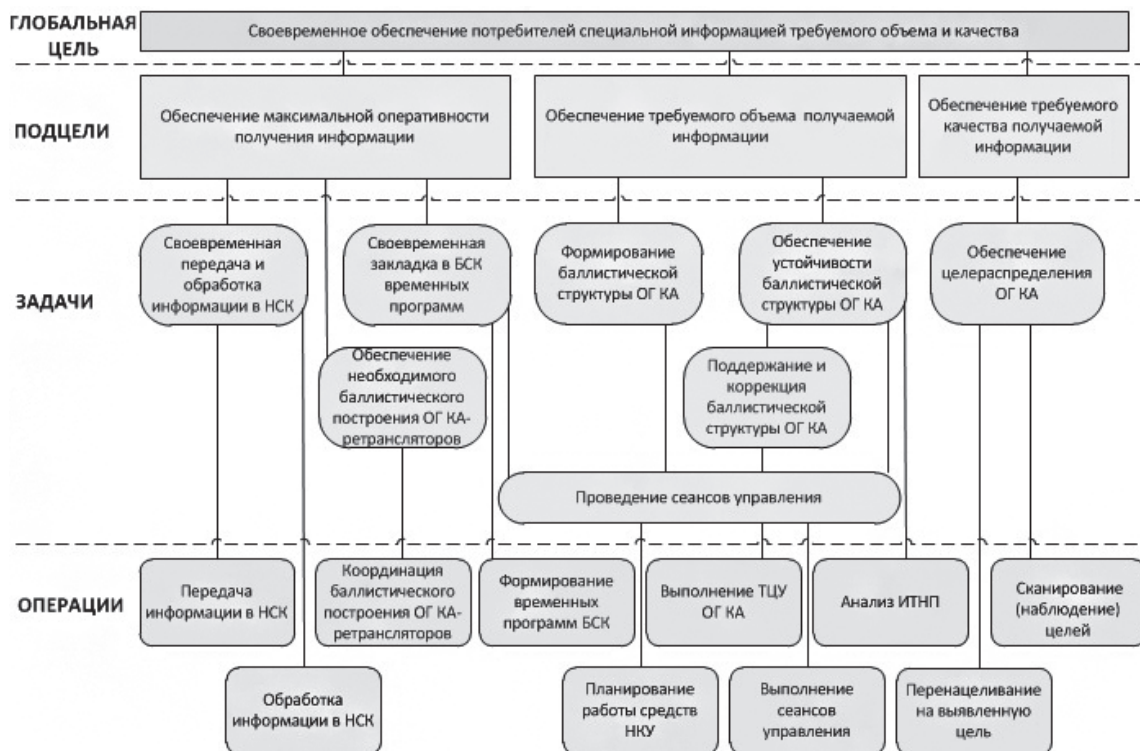


Рис. 2. Дерево целей и задач, решаемых в процессе целевого функционирования ОГ КА наблюдения

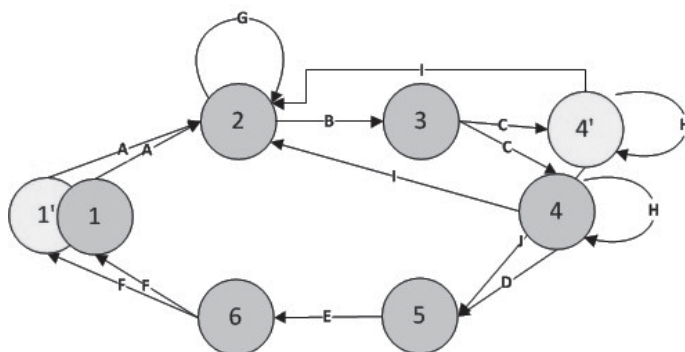


Рис. 3. Представление состояний целевого функционирования разнородной ОГ КА. Основные обобщенные состояния и операции: 1 — готовность НСК к разработке новой целевой задачи; 1' — готовность НСК к уточнению целевой задачи по выявленной цели; 2 — готовность наземного комплекса управления (НКУ) к выполнению технологического цикла управления (ТЦУ) ОГ КА; 3 — готовность НКУ к проведению сеансов управления; 4 — готовность ОГ КА к выполнению целевой задачи; 4' — готовность КА детальной разведки к наблюдению выявленной цели; 5 — готовность ОГ КА, ОГ КА-ретрансляторов и средств НСК к передаче и приему информации; 6 — готовность НСК к обработке и анализу информации; А — операция составления временной программы работы БСК; В — операция планирования ТЦУ ОГ КА; С — операция планирования сеансов управления; D — операция сканирования (наблюдения) целей; E — операция передачи информации в НСК; F — операция обработки информации в НСК; G — операция планирования работы средств НКУ; H — операция координации баллистического построения ОГ КА-ретрансляторов; I — операция анализа измерений текущих навигационных параметров (ИТНП); J — операция перенацеливания БСК

состояния 1' (готовность НСК к уточнению целевой задачи по выявленной цели), рис. 3.

Формирование баллистической структуры разнородной ОГ определяется поставленной перед ОГ наблюдения цели по осуществлению информационного обеспечения действий группировок войск (сил). Исходя из анализа требований, предъявляемых к КА наблюдения, целесообразно ограничиться таким классом баллистических структур ОГ, как периодические спутниковые системы зонального обзора. Баллистическая структура разнородной ОГ должна обеспечивать решение соответствующих задач наблюдения КА радиотехнического, радиолокационного и видового обзора, так и агрегироваться в единую взаимосвязанную информационную систему, обеспечивающую комплексирование целевых возможностей различных типов КА, функционирующих в различных пространственно-временных циклах [9].

Необходимо заметить, что устойчивое баллистическое построение возможно только в рамках одного пространственно-временного цикла, т.е. в рамках ОГ КА радиотехнического, радиолокационного или видового обзора. Баллистическая структура разнородной ОГ КА формируется на базе устойчивых структур ОГ КА радиотехнического, радиолокационного и видового обзора и

является неустойчивой, т.е. положение КА относительно друг друга изменяется во времени. В тоже время для обеспечения стабильных характеристик наблюдения поверхности Земли структура разнородной ОГ должна обладать свойством повторяемости, т.е. через определенные промежутки времени положение КА в составе разнородной ОГ относительно друг друга должно повторяться, что достигается формированием всех орбит КА в классе квазистойчивых с единым циклом замыкания трасс полета. Таким образом полученное баллистическое построение будет является квазистойчивым.

Вывод

Таким образом, предложенные принципы построения разнородной ОГ направлены на обеспечение успешной разработки эффективно функционирующей системы и определяют требования к составу средств системы, их характеристикам, качеству, способам применения, и могут быть положены в основу обоснования и применения разнородных ОГ КА наблюдения. Сформированная концептуальная модель позволяет на формальном уровне обосновать не только орбитальное построение КА в составе разнородной ОГ, но определить

совокупность частных задач, требующих решения при обосновании разнородных ОГ КА наблюдения.

Литература

1. Указ Президента РФ от 19 апреля 2013 года № пр-906 «Основы государственной политики Российской Федерации в области космической деятельности на период до 2030 года и дальнейшую перспективу».
2. Романов А.А., Черкас С.В. Перспективы развития космических войск Российской Федерации в условиях современных тенденций военно-космической деятельности // Военная мысль. 2020. № 9. С. 35–45.
3. Коваленко А.Ю. Баллистическое проектирование разнородной системы КА с заданным циклом замыкания трассы // Труды СПИИРАН. 2015. № 3 (40). С. 45–54.
4. Остапенко О.Н., Баушев С.В., Морозов И.В. Информационно-космическое обеспечение группировок войск (сил) ВС РФ. — СПб: Любавич. 2012. 368 с.
5. Надёжность и эффективность в технике: Справочник в 10-ти т. / Ред. совет: В.С. Авдеевский (пред.) и др. — Москва: Машиностроение. 1988. Т. 3. Эффективность технических систем / Под общ. ред. В.Ф. Уткина, Ю.В. Крючкова. 328 с.
6. Мануйлов Ю.С., Новиков Е.А. Методология системных исследований: учебник. — СПб: ВКА им. А.Ф. Можайского. 2009. 163 с.
7. Калинин В.Н. Теоретические основы системных исследований: учебник для адъюнктов. — СПб: ВКА им. А.Ф. Можайского. 2016. 293 с.
8. Вопросы повышения эффективности целевого применения космических средств: учебное пособие / Под общ. ред. Мануйлова Ю.С. МО РФ. 2001. 180 с.
9. Волков В.Ф., Кульвиц А.В., Коваленко А.Ю., Салухов В.И. Прикладные аспекты оптимизации орбитальных структур спутниковых систем за счет уточнения параметров орбитального движения // Труды СПИИРАН. Том 19. № 4. 2020. С. 719–745.
10. Лебедев А.А., Нестеренко О.П. Космические системы наблюдения. Синтез и моделирование / А.А. Лебедев, О.П. Нестеренко. — М.: Машиностроение, 1991. 224 с.
11. Горбулин В.И. Новый способ оптимизации орбитального построения глобальных спутниковых систем / В.И. Горбулин // Полёт № 12. 2001. С. 20–26.
12. Калюта А.Н. Глобальный мониторинг космической обстановки — важнейшее направление обеспечения военной безопасности Российской Федерации в воздушно-космической сфере // Военная мысль. 2017. № 9. С. 5–11.
13. Краснослободцев В.П., Кузьмин Ю.Н., Степкин А.В., Тарасов И.В. Выбор математических методов оперативно-стратегической оценки уровня выполнения целевых задач орбитальной группировкой космических аппаратов США. Стратегическая стабильность. 2016. № 3. С. 48–52.
14. Житников Т.А., Коваленко А.Ю., Кульвиц А.В. Анализ моделей относительного движения космических аппаратов в составе орбитальной группировки // Вопросы оборонной техники. Серия 16. 2017 № 11–12 (113–114). С. 24–29.
15. Поливанов В.А., Тарасевич К.О. Комплексный подход к обеспечению устойчивости баллистической структуры орбитальной группировки космических аппаратов дистанционного зондирования земли // Труды Военно-космической академии им. А.Ф. Можайского. 2016. № 655. С. 128–133.
16. Павлов А.А., Павлов А.Н., Павлов Д.А., Слинко А.А. Модель планирования операций устойчивого информационного взаимодействия кластера малых космических аппаратов дистанционного зондирования Земли // Труды Военно-космической академии им. А.Ф. Можайского. 2016. № 654. С. 8–14.
17. Макаренко С.И. Использование космического пространства в военных целях: современное состояние и перспективы развития систем информационно-космического обеспечения и средств вооружения // Системы управления, связи и безопасности. № 4. 2016. С. 161–213.