

# МЕТОДИЧЕСКИЙ ПОДХОД К ОБОСНОВАНИЮ ТРЕБОВАНИЙ К ПЕРСПЕКТИВНОЙ СИСТЕМЕ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ ДИСТАНЦИОННОГО ЗОНДИРОВАНИЯ ЗЕМЛИ

В.Ю. Анисимов, А.В. Пинчук  
(ОАО «Корпорация «ВНИИЭМ»)  
Г.Г. Молоканов  
(ВА РВСН им. Петра Великого)

Описывается подход к решению задачи обоснования требований к перспективной системе КА ДЗЗ на основе представления её в виде трёхуровневой иерархической системы.

**Ключевые слова:** перспективная система КА ДЗЗ, требования, траектория, эквивалентность.

Основой методического подхода к обоснованию требований к перспективной системе КА ДЗЗ является анализ условий её целевого применения при решении различных целевых задач. В качестве объекта верхнего уровня исследования при этом может рассматриваться траектория развития системы КА ДЗЗ  $S^{ДЗЗ}(t)$  как последовательность состояний  $S^{ДЗЗ}$ , характеризующих её состав и структуру в определённые моменты времени. При этом вариант целевого состава системы, являясь, с точки зрения системного подхода, элементом траектории её развития, также может быть представлен как система, образованная из элементов  $S_{эл}^{ДЗЗ}$ , характеризующих средства системы КА ДЗЗ, потенциально пригодные для формирования различных вариантов её целевого состава, с учётом ограничений на их совместное применение  $R^{отр}$ . Требования к перспективной системе КА ДЗЗ в таком случае могут быть представлены в виде иерархической структуры, в которой требования к системе на каждом уровне определяются внешней средой и вышестоящим уровнем требований. Соответственно при решении задачи обоснования требований к перспективной системе КА ДЗЗ могут быть выделены следующие уровни требований (рис. 1):

- требования к траектории развития системы КА ДЗЗ;
- требования к варианту целевого состава системы КА ДЗЗ;
- требования к характеристикам средств в составе системы КА ДЗЗ.

Уровни формируемых требований выделяются для снижения неопределённости проблемной ситуации, представляющей собой изменение факторов внешней среды. Иными словами, определяется совокупность последовательно решаемых задач обоснования требований. При этом формирование требований осуществляется таким обра-

зом, чтобы решение вышестоящей задачи определяло ограничения (допустимую степень упрощения) при исследовании на более низком уровне, т. е. снижало бы неопределённость задачи обоснования требований без утраты замысла решения общей проблемы [1].

## Требования к траектории развития системы КА ДЗЗ

Под требованиями к траектории развития системы КА ДЗЗ могут пониматься значения параметров, определяющих динамику изменения количественных и качественных характеристик целевого состава системы в зависимости от изменения внешней среды её функционирования. При этом

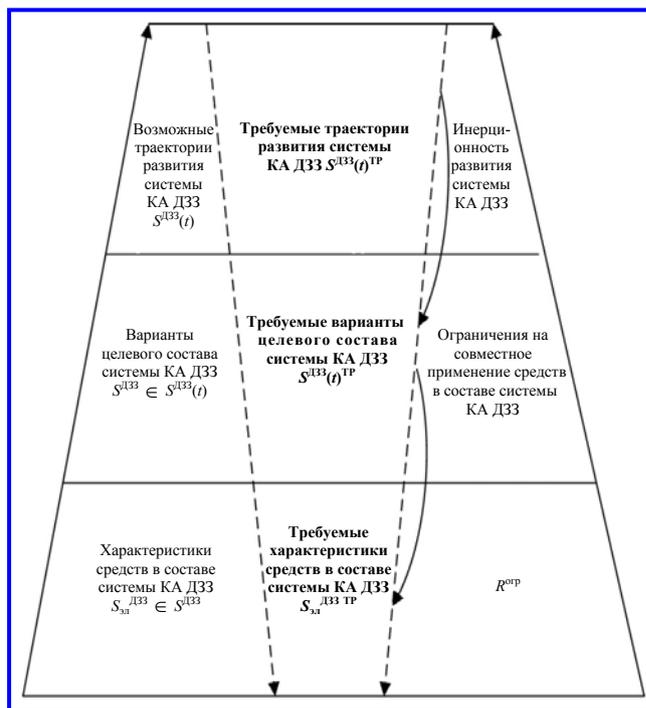


Рис. 1. Уровни требований к перспективной системе

цель изменения характеристик целевого состава системы определяется необходимостью обеспечения способности системы решать поставленные задачи при изменении состояния внешней среды  $S^{BC}(t)$ . В связи с постоянным изменением внешней среды, в которой развивается система, данная цель носит неопределённый характер, поэтому одним из требуемых качеств, которые должна обеспечивать требуемая траектория развития системы, является эквифинальность.

Эквифинальность – способность системы достигать состояний, не зависящих от исходных условий и определяющихся только параметрами системы. При реализации данной способности система может достигнуть требуемого конечного состояния, не зависящего от времени и определяемого исключительно собственными характеристиками системы при различных начальных условиях и различными путями. Это форма устойчивости по отношению к начальным и граничным условиям [2].

Использование формальных условий эквифинальности в аппарате исследования сложных систем расширяет понятие оптимальности развития системы до многокритериальной оптимизации. Возможность обеспечения эквифинальности в одной и той же системе различными альтернативами приводит к выделению определённых групп критериев для различных путей (вариантов) переходов управляемой системы из начальных в финальное состояние. В связи с этим условия эквифинальности являются необходимыми при описании законов развития сложных систем.

Таким образом, требуемая траектория развития системы КА ДЗЗ должна быть направлена на изменения её облика в том случае, когда текущий облик системы не позволяет выполнять требования по взаимодействию с внешней средой. Исходя из принципа эквифинальности, изменение облика системы в данном случае должно обеспечивать адаптацию её целевого состава к новому составу факторов внешней среды, воздействующих на систему. При этом необходимо отметить, что одним из важнейших свойств процесса развития системы КА ДЗЗ является инерционность траектории её развития, заключающаяся в том, что формируемая перспективная система КА ДЗЗ предназначается для функционирования в течение продолжительного этапа времени, и при этом предполагается отсутствие возможности оперативной адаптации её состава при изменении условий обстановки. В формальном виде инерционность траектории развития системы может быть представлена следующим выражением:

$$\Delta N_{КА} (S^{ДЗЗ}(t)|_{t=t_1}^{t=t_1+T}) = 0, \quad (1)$$

где  $N_{КА}$  – количественный состав КА системы;  $T$  – период инерционности развития системы КА ДЗЗ.

### Требования к варианту целевого состава перспективной системы КА ДЗЗ

На данном уровне требований систему КА ДЗЗ предлагается рассматривать как систему, предназначенную для решения различных целевых задач, обусловленных возможными состояниями внешней среды. Система КА ДЗЗ, как многоцелевая система, предназначенная для решения различных целевых задач в зависимости от условий обстановки, характеризуется объёмом целевых задач, потенциальная эффективность выполнения которых не ниже требуемого уровня. Таким образом, требования к варианту целевого состава системы КА ДЗЗ могут быть определены как значения характеристик её состава, обеспечивающие требуемую эффективность в заданном множестве ситуаций применения, возможных в рассматриваемый момент времени. Также требования к состоянию перспективной системы КА ДЗЗ должны учитывать динамику её развития, характеризующуюся инерционностью (1), т. е. должны обеспечивать выполнение возможных целевых задач фиксированным составом КА в течение некоторого периода времени при возможном изменении условий обстановки (рис. 2).

Следует отметить, что поскольку перед системой КА ДЗЗ могут стоять разные целевые задачи, каждой из которых будет соответствовать свой вариант целевого состава системы, формирование одного варианта состава КА, общего для всех возможных ситуаций применения, представляется затруднительным. По отношению к одним целевым задачам и условиям обстановки определённый вариант состава КА может обладать устойчивостью, а по отношению к другим нет.

С точки зрения системного подхода, различные варианты целевого состава КА могут быть описаны возможными вариантами конфигураций элементов, описывающих средства перспективной системы. В данном случае конфигурация варианта целевого состава системы определяет, какие именно КА используются для его формирования и какова структура их взаимодействия [3].

Таким образом, требуемые варианты состава системы КА ДЗЗ могут быть описаны множеством отношений  $R^{ip}$ , определяющих соответствующие варианты конфигураций. В качестве ограничений,

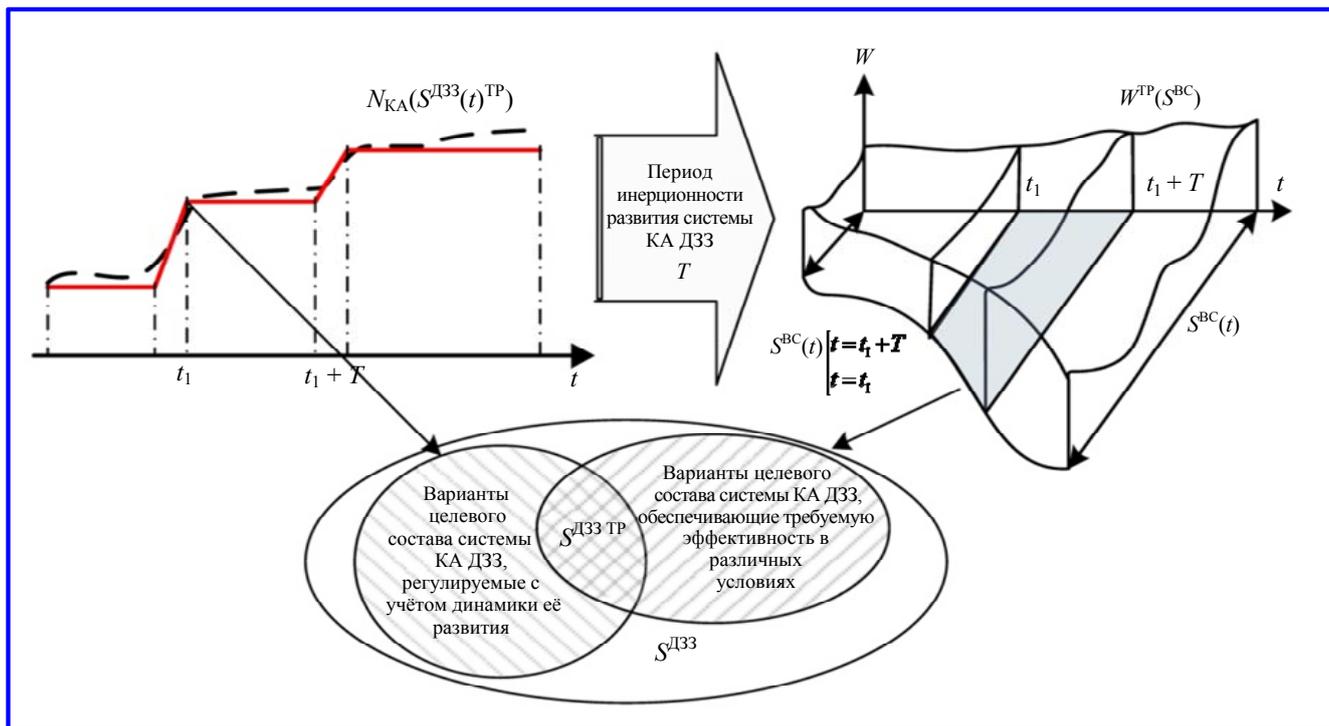


Рис. 2. Требования к вариантам целевого состава перспективной системы КА ДЗЗ с учётом динамики её развития

определяющих пространство возможных конфигураций вариантов целевого состава системы, может рассматриваться множество отношений  $R^{орп}$ , характеризующих потенциально возможные варианты взаимодействия КА в составе системы ДЗЗ.

### Требования к средствам в составе системы КА ДЗЗ

Низшим уровнем требований к системе являются требования, предъявляемые к характеристикам КА, входящих в её состав. С позиций системного подхода данные КА могут быть представлены как элементы, образующие варианты целевого состава системы КА ДЗЗ в условиях существующих ограничений.

На данном уровне требования определяют значения характеристик данных КА, позволяющие обеспечить необходимый уровень их качества. Формальным условием того, что элементы системы обладают требуемым качеством, является принадлежность значений показателей их свойств требуемым (приемлемым) значениям. Помимо этого, средства перспективной системы КА ДЗЗ должны позволять реализовывать требуемые варианты целевого состава системы, определённые на более высоком уровне требований, которые могут быть определены множеством требуемых конфигураций  $R^{TP}$ .

В формальном виде требования к характеристикам средств в составе системы КА ДЗЗ могут быть представлены следующим выражением:

$$S_{эл}^{D33 TP} = \{S_{эл}^{D33} | \{S_{эл}^{D33}, R^{TP}\} \supseteq S^{D33 TP}\},$$

где  $S_{эл}^{D33}$  – требуемые значения характеристик средств системы;  $S_{эл}^{D33} = \{S_{эл}^{D33}\}$  – множество возможных характеристик средств системы.

Таким образом, в качестве обобщённого показателя, характеризующего требования к перспективной системе КА ДЗЗ, могут рассматриваться значения характеристик средств в составе системы, которые позволяют при возникновении различных ситуаций применения, при возможных условиях обстановки, например:  $S^{BC}(t) \Big|_{t=t_1}^{t=t_1+T}$ , формировать

требуемые варианты целевого состава системы с учётом возможного состава и характеристик средств системы  $S^{D33}$ , а также ограничений на их совместное применение  $R^{орп}$ . Математическая постановка задачи обоснования требований к перспективной системе КА ДЗЗ в таком случае может быть представлена в следующем виде:

$$\left\langle S_{эл}^{D33}, R^{орп}, S^{BC}(t) \Big|_{t=t_1}^{t=t_1+T}, W, K^{обосн.}, S_{эл}^{D33 TP} \right\rangle,$$

где  $W$  – показатель эффективности применения системы КА ДЗЗ;  $K^{обосн.}$  – критерий обоснования требований к перспективной системе КА ДЗЗ.

### Литература

1. Анисимов В. Ю., Явтушенко Р. С. Применение системного подхода при формировании рациональных

требований к перспективным РК РСН / В. Ю. Анисимов, Р. С. Явтушенко // Научно-технический сборник. – М. : ВА РСН им. Петра Великого, 2007. – С. 328 – 333.  
2. Дубов Ю. А., Травкин С. И., Якимец В. Н. Многокритериальные модели формирования и выбора вариантов систем / Ю. А. Дубов, С. И. Травкин, В. Н. Якимец. –

М. : Наука, 1986. – 174 с.

3. Анисимов В. Ю., Молоканов Г. Г., Явтушенко Р. С. Ситуационный подход к проектированию сложных организационно-технических систем / В. Ю. Анисимов, Г. Г. Молоканов, Р. С. Явтушенко // Тематический научно-технический сборник. – Серпухов : ВА РСН, 2011. – С. 11 – 14.

*Поступила в редакцию 06.12.2013*

**Владимир Юрьевич Анисимов**, д-р техн. наук, профессор, т. 8 (910) 405-54-44,  
*e-mail: anisimov-vl-ur@yandex.ru*

**Александр Васильевич Пинчук**, канд. воен. наук, доцент, т. 8 (903) 707-92-27,  
*e-mail: Pinchuk\_aleks@inbox.ru.*

**Геннадий Геннадьевич Молоканов**, ст. научн. сотрудник, т. 8 (926) 566-98-22,  
*e-mail: Gennadiy.molokanov@gmail.com.*