

## **ОСОБЕННОСТИ РАЗРАБОТКИ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КС ДЗЗ В ИНТЕРЕСАХ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ РФ**

### **Часть 3. Концептуальное обоснование перспективных на- правлений развития КС ДЗЗ**

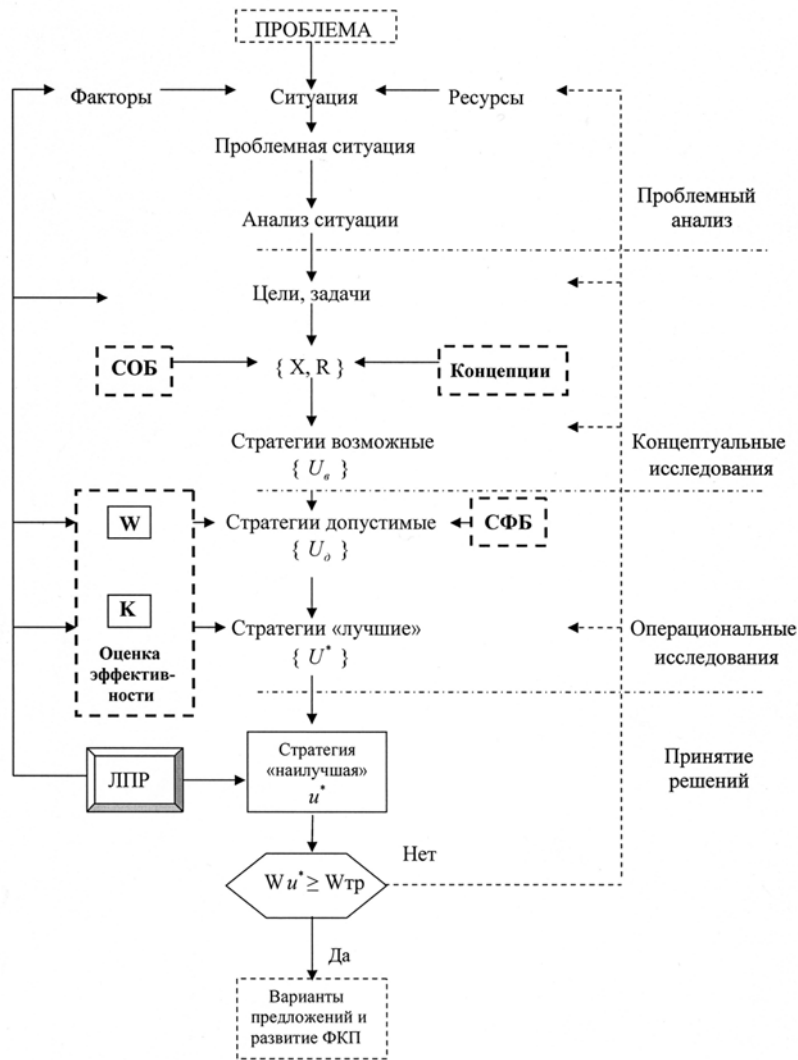
Объединение рассмотренной в ч. 2 настоящей работы структурной и логико-формальной моделей позволяет построить модель исследований и практической деятельности по достижению глобальной цели  $A_0$  в выбранном варианте ее декомпозиции (см. табл. 1, ч. 2) на подцели  $A_i$ , ( $i = 1, 2, 3$ ) в виде, представленном на рис. 1.

Структура действий ЛППР и привлекаемых для выработки и принятия решений экспертов в соответствии с рис. 1 поясняется следующими этапами.

На этапе «Проблемный анализ» возникшая проблема исследуется в отображении на модель существующей ситуации, включающей действующие факторы детерминированного и случайного характера и имеющиеся активные средства (ресурсы). Итогом этапа является подтверждение факта существования данной проблемы с последующим обоснованием глобальной цели  $A_0$  и ее декомпозицией на подцели  $A_i$  и задачи.

На этапе «Концептуальные исследования» формируется операциональная структура элементов или структурно-операциональный базис (СОБ)  $X$ , приводящий к достижению цели  $A_0$ . Введением отношений  $R$  на элементах  $X$  и гипотезой (концепцией) поведения формируется множество возможных стратегий  $\{U_e\}$ .

При формировании множества  $X$  решающим может оказаться не только состояние материально-технической базы и положения существующих концепций развития КС ДЗЗ, но и тенденции развития КС ДЗЗ, определяемые уровнем научно-технического прогресса и совершенствованием их организационной структуры (например возможностью и необходимостью использования КС двойного назначения).



**Рис.1. Модель исследований и практической деятельности**

На этапе «Операционные исследования» с использованием аппарата оценки эффективности производится трансформация множества  $\{U_o\}$  возможных стратегий во множество  $\{U_o\}$  допустимых и  $\{U^*\}$  «лучших» стратегий.

На этапе «Принятие решений» множество  $\{U^*\}$  с учетом предпочтений ЛПП сужается до «наилучшей» стратегии  $u^*$ , которая может быть использована для решения различных задач, вплоть до представления рекомендаций в ФКП.

Целевым предназначением концептуального уровня обобщенных системных исследований является [1–3]:

- установление общих тенденций развития изучаемого процесса, форм и способов его организации;
- выработка концепций по всем основным вопросам организации и проведения крупномасштабных операций;
- разработка систем целей и задач;
- обоснование множества  $\{X^i\}$  элементов структурно-операционального (СОБ) и структурно-функционального (СФБ) базисов и отношений  $\{R^i\}$  между ними, т.е. разработка принципов применения больших технических систем на соответствующих научных уровнях их исследования.

Концептуальное исследование проводится с позиций метасистемы (системы ЭМ и более высоких уровней) и организуется в основном на методологических уровнях У4 и У3 (см. рис. 3, ч. 2).

Концептуальные исследования, как правило, проводятся на ранних этапах принятия решений и служат для определения областей возможных стратегий достижения поставленных целей. Этим обеспечивается содержательность и рациональная взаимосвязь всех остальных этапов исследования системы. Для формирования методологического базиса проведения концептуальных исследований определим основные компоненты концепции развития сложной организационно-технической системы.

На самом общем уровне детальности любая концепция развития представляет собой систему научно обоснованных взглядов на способы преобразования текущего состояния объекта исследований в некоторое желаемое состояние, определяемое как цель развития. Формально концепцию развития можно представить следующим образом:

$$\langle T_0, G_{T_0}, T_{FIN}, G_{T_{FIN}}, \Psi \rangle ,$$

где  $T_0$  – множество возможных исходных (начальных) моментов времени, определяющих начало реализации концепции;  $G_{T_0}$  – множество возможных состояний системы на начальном этапе реали-

зации концепции;  $T_{FIN}$  – множество возможных конечных моментов времени, определяющих этап завершения реализации концепции;  $G_{T_{FIN}}$  – множество возможных состояний системы к моменту завершения реализации концепции;  $\Psi$  – множество операторов перехода системы из начального состояния  $g_{t_0} \in G_{T_0}$  в конечное  $g_{t_{FIN}} \in G_{T_{FIN}}$  за период времени от  $t_0 \in T_0$  до  $t_{FIN} \in T_{FIN}$ .

По своей сущности любой оператор перехода  $\psi \in \Psi$  определяет процесс достижения поставленных целей развития системы. Достижение поставленных целей возможно лишь при наличии определенных условий. Состав и содержание данных условий определяются в первую очередь стратегиями достижения целей  $U$ , наличием факторов, способных прямо или косвенно повлиять на достижение цели или реализацию выбранной стратегии  $\Lambda$ , и информации, необходимой для реализации принятой концепции развития  $I$ .

Формально оператор перехода  $\psi \in \Psi$  можно представить следующим образом:

$$\psi : T_0 \times G_{T_0} \times U \times \Lambda \times I \rightarrow T_{FIN} \times G_{T_{FIN}},$$

где  $T_0 \times G_{T_0} \times U \times \Lambda \times I$  – декартово произведение множеств, элементы которых определяют исходную ситуацию реализации выбранной концепции развития;  $T_{FIN} \times G_{T_{FIN}}$  – декартово произведение множеств, элементы которых определяют результаты реализации выбранной концепции развития.

Поэтапное представление процесса реализации выбранной концепции предполагает, что при переходе из начального состояния в конечное компоненты, определяющие содержание концепции развития, претерпевают определенные структурные изменения, связанные, прежде всего, с существенным влиянием результатов реализации концепции на реализуемые стратегии осуществления концепции развития  $U$ , содержание факторов, определяющих возможность достижения целей  $\Lambda$ , и информацию  $I$ , необходимую для реализации концепции развития.

Поэтому при формировании концепции развития необходимо выделять наиболее характерные этапы, определяемые достаточно устойчивыми структурными компонентами рассматриваемых множеств. При этом собственно оператор перехода  $\psi \in \Psi$  будет представлять хронологическую последовательность операторов перехо-

да каждого из этапов. Завершающий этап будет определять целевые условия реализации концепции.

Раскрытие содержания целей реализации концепции развития КС ДЗЗ, исходной ситуации её реализации, этапов и возможных стратегий осуществления представляет собой предмет концептуальных исследований.

Следует отметить, что в начале 90-х годов концепций создания КС ДЗЗ и ее подсистем не существовало вообще, чем обуславливалась необходимость приоритетности разработки и реализации данного комплекса концепций.

Программа разработки концепций создания КС ДЗЗ начала реализовываться после создания в 1992 г. Российского космического агентства с участием ведущих ученых и специалистов отрасли, когда последовательно был разработан и реализован комплекс концепций различных уровней функционирования системы.

Как отмечалось в ч.2, с точки зрения особенностей проектирования КС ДЗЗ можно выделить два периода их развития:

1) период, когда разработки КС шли с наивысшим в стране приоритетом, на их реализацию выделялись неограниченные средства и имелся жесткий контроль высшего государственного аппарата;

2) современный период неустойчивости политико-экономического положения в стране и ограниченности бюджетного финансирования программ со всеми вытекающими отсюда последствиями.

Значительные успехи в области космической техники в первом периоде определялись широкими возможностями научно-технического эксперимента, в том числе и натурного. Для данного периода характерна определенная избыточность элементов, определяющих как операторов достижения поставленных целей  $\psi \in \Psi$ , так и возможных стратегий их осуществления  $U$ .

В большей части условиями развития космической техники в этот период являлось наличие большого объема ресурсов. Это обусловило применение экстенсивных подходов в достижении поставленных целей. Таким образом, если определить начальное состояние  $g_{t_0} \in G_{t_0}$  как состав орбитальной группировки КА на начальном этапе развития КС ДЗЗ, то оператор  $\psi \in \Psi$  обеспечивал постоянное наращивание состава группировки.

Формально такое развитие космической техники можно пред-

ставить как рост количественных параметров орбитальной группировки:

$$\forall t_1, t_2 : t_2 > t_1 \Rightarrow M[g_{t_1}] \leq M[g_{t_2}],$$

где  $M[g]$  – мощность (число элементов) множества  $g$ .

Существенной особенностью второго периода явился развивающийся кризис российской экономики на фоне нестабильной политической системы, повлекший распад сложившегося ОПК, недофинансирование оборонного производства, в том числе и ракетно–космической отрасли. Состав орбитальной группировки стал сокращаться, что существенно повлияло на эффективность решения поставленных задач.

Возможности по поддержанию заданного уровня решения задач КС ДЗЗ были существенно сужены. Это означало, что на выбор того или иного вида оператора достижения целей накладывалось большое число ограничений, связанных, прежде всего, с ресурсным обеспечением развития КС ДЗЗ. Формально данные ограничения выражаются в виде условий дефицита ресурсов на осуществление развития КС ДЗЗ:

$$C^{TP}(t) > C^{выд}(t),$$

где  $C^{mp}(t)$  – требуемые объёмы ресурсов к моменту времени  $t$ , необходимые для развития КС ДЗЗ;  $C^{выд}(t)$  – выделяемые объёмы ресурсов к моменту времени  $t$ .

Для сокращения ресурсного дефицита во втором периоде основные акценты в деятельности заказывающих и проектных организаций переносятся на разработку рациональных методов проектирования КС как на макро-, так и на микроуровнях. Существенно возрастает роль таких этапов системного проектирования, как учет реальных условий функционирования КС, оценка их эффективности, степень удовлетворения требований потребителей, возможность двойного применения военных КС, интеграции в международное космическое сообщество.

Отличительной особенностью системного проектирования во втором периоде развития КС является также возросшая значимость разработки основ развития КС в рамках их макропроектирования, чему способствовали накопленный опыт создания и эксплуатации первых подсистем КС ДЗЗ и последовательное внедрение в практику проектирования КС принципа "от решаемых задач – к облику КА".

Анализ опыта эксплуатации отечественных КС ДЗЗ показал, что к началу 90-х годов сложившаяся организация работ по проектированию и совершенствованию КА ДЗЗ, обработке поступающей КИ и обеспечения ею потребителей носит разобщенный, ведомственный характер, что препятствует комплексному подходу к развитию системы средств ДЗЗ и повышению эффективности использования КИ.

В сложившейся ситуации становится очевидной необходимость поиска как заказчиками, так и производителями КС новых путей деятельности, способных создать условия для сохранения имевшегося ракетно-космического потенциала государства. Представителями заказчиков, руководством РКА, учеными и научно-производственными коллективами отрасли выдвигался ряд предложений, реализация которых позволила к концу 90-х годов обстановку в отрасли стабилизировать.

К их числу следует отнести следующие наиболее значимые предложения, позволившие сформулировать и реализовать важные для отрасли научно-технические и организационные решения, включавшие:

- идею определения концептуальных основ построения перспективных КС ДЗЗ путем проведения отраслевых конкурсов ТП и ЭП КС, разработку программ подготовки, проведения и внедрения результатов конкурсов в концепции развития соответствующих КС;
- обоснование и реализацию принципов двойного применения КС ДЗЗ;
- реализацию программ создания и эксплуатации малоразмерных КА;
- внедрение новых технологий в основные подсистемы КС;
- активное использование возможностей мирового космического сообщества.

Для этого периода были также характерны проводимые в ряде организаций отрасли разработки, отражавшие специфику совершенствования проектирования КС в условиях несформировавшихся рыночных отношений. Это, прежде всего, относилось к развитию методов оценки целевой и экономической эффективности создаваемых и эксплуатируемых систем, экономическим отношениям партнеров производственного процесса.

Совокупность концептуальных положений развития КС и от-

дельных подсистем, логической структуры их организации, методов получения и обработки информации и средств их реализации, оценки эффективности проектируемых КС в реальных условиях политико-экономических отношений в государстве создавали методологическую основу деятельности заказывающих и производственных организаций по проектированию и совершенствованию КС.

К настоящему времени разработаны, совершенствуются и реализуются концепции создания и развития различных уровней предназначения и организации КС ДЗЗ и их подсистем.

Хотя теоретические проработки концептуальных вопросов обоснования структуры и логической организации КС ДЗЗ проводились уже в 80-х годах, первые документальные варианты концепций были утверждены в середине 90-х годов, чему существенно способствовали результаты конкурса проектов КС.

В общей сложной системе проектирования КС ДЗЗ созданные и разрабатываемые концепции в порядке возрастания уровней их иерархической организации представляются региональными, национальными и международными вариантами. На каждом из перечисленных уровней определялась исходная ситуация реализации концепции, цели и задачи, стоящие перед КС ДЗЗ, и система отношений и условий, позволяющих обеспечить достижение целей к требуемому времени. С учетом реально действующих ограничений в виде существующей политико-экономической обстановки в России целесообразно базовым уровнем иерархии концепций проектирования КС ДЗЗ считать уровень концепций развития национальных КС.

Утвержденный в 1994 г. первый вариант концепции развития национальной системы КС ДЗЗ позволяет определить основной состав концептуальных компонентов в виде структуры (см. рис. 2), включающей следующие элементы:

$$G_{r_0} = \langle Q, S, V, N, P, W \rangle ,$$

где  $Q$  – перечень заказывающих организаций;  $S$  – состав орбитальной группировки и баллистические характеристики КС;  $V$  – структуру космического сегмента и состав бортового информационного комплекса;  $N$  – структуру наземного комплекса приема, обработки и распространения информации (НКПОР);  $P$  – полигонный комплекс НАКУ;  $W$  – анализ возможностей существующих КС,

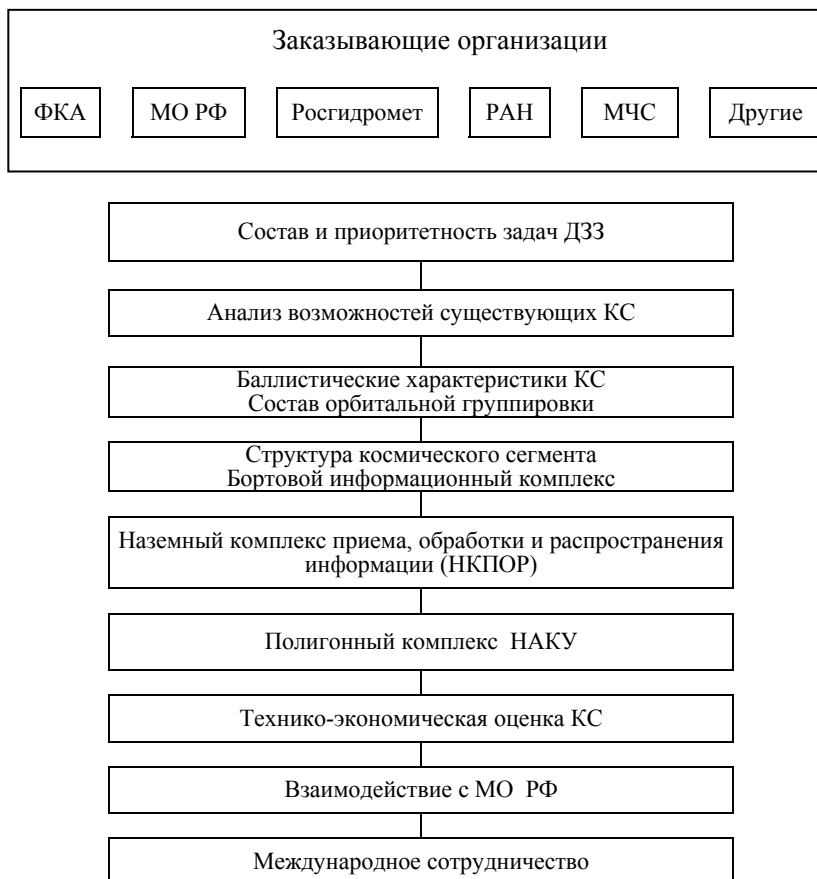


$$G_{FIN} = \langle Z, C \rangle,$$

где  $Z$  – состав и приоритетность задач ДЗЗ;  $C$  – технико-экономическую оценку КС;

$$\Psi = \langle \Psi_{MO}, \Psi_{MC} \rangle,$$

где  $\Psi_{MO}$  – взаимодействие с МО РФ;  $\Psi_{MC}$  – интеграция с международными космическими организациями.



**Рис. 2. Структуризация концептуальных положений**

Структура концепции	Содержание основных направлений концепции
1. Задача МПС (ранжирование по важности)	1. Контроль погодо- и климатообразующих факторов. 2. Контроль источников загрязнения атмосферы, воды и почвы. 3. Оперативный контроль чрезвычайных ситуаций. 4. Информационное обеспечение хозяйственной деятельности. 5. Создание динамической модели Земли как системы.
2. Основные принципы построения КС ДЗЗ	1. Сохранение существующих систем ДЗЗ до 2000г. 2. Поэтапность развития КС ДЗЗ. 3. Использование возможностей международного сотрудничества.
3. Разработка перспективной бортовой аппаратуры	1. Многозональные разномасштабные съемочные системы. 2. Спектрометрические и радиометрические приборы (от УФ до СВЧ диапазона). 3. Приборы для контроля околоземного пространства. 4. Аппаратура новых типов (поисковая).
4. НКПОР: основные задачи развития  принципы совершенствования структуры	1. Глубокое техническое перевооружение комплекса. 2. Создание архивов и современных распределенных банков данных. 3. Создание и обновление интегрированного каталога КИ. 4. Организация взаимодействия с отечественными и зарубежными потребителями.  1. Децентрализация комплекса и автономность наземных центров. 2. Открытость для новых потребителей и центров обработки КИ. 3. Соответствие требованиям распределенной архитектуры. 4. Развитие системы обмена данными с любыми пользователями КС. 5. Разработка общих стандартов управления элементами комплекса.
5. Направления использования военных КС в интересах потребителей	1. Выполнение съемок по заявкам потребителей. 2. Предоставление данных из архива МО. 3. Использование базовых конструкций КА МО для КС ДЗЗ.
6. Направления сотрудничества с другими государствами и международными организациями	1. Взаимообмен и совместное использование КИ. 2. Интеграция разрабатываемых российских КА с международными КС. 3. Установка зарубежных приборов ДЗЗ на российских КА. 4. Совместная разработка космических проектов.

Данная структура, являясь исчерпывающей по требованиям к формированию облика КС, используется при построении подсистем национальных ОКС ДЗЗ (гидрометеорологических, океанологических, экологического мониторинга, ИПРЗ и единой ОКС в целом), КС регионального уровня, а также для обоснования требований к отдельным элементам структуры концепции (КС двойного назначения, международного сотрудничества и др.).

В рамках принятой структуры концепции состав и содержание ее основных компонентов представлено в таблице.

Практическая значимость разработанных концептуальных положений обусловлена:

- обоснованием состава и приоритетности задач в рамках ключевых проблем мониторинга природной среды;
- разработкой основных принципов и этапов развития подсистем КС, их взаимосвязи, структуры системы в целом;
- разработкой классификации и обоснованием приоритетности создания аппаратуры бортового информационного комплекса;
- выработкой рекомендаций по определению структуры НКПОР, этапности его развития, методам и средствам обработки КИ;
- обоснованием методических основ взаимодействия с организациями МО РФ для повышения эффективности использования существующих и разрабатываемых КС военного назначения в интересах решения задач ДЗЗ;
- обоснованием направлений сотрудничества нашей страны с государствами и организациями, добившимися высоких достижений в рассматриваемой области.

Основные положения данной концепции являются составной частью "Концепции национальной космической политики РФ", использованы при разработке принципов создания КС двойного назначения и документов по ряду международных проектов и являются базой для разработки концепций создания национальных подсистем ОКС ДЗЗ.

### **Заключение**

1. Эффективность использования результатов вертикальной декомпозиции процесса принятия решений определяется корректностью организации и проведения концептуальных исследований, в рамках которых определяются гипотезы рационального поведения

элементов СОБ и СФБ на операциональном и детальном уровнях исследований.

2. Рассмотренное логико-формальное обоснование формирования структуры концепций поведения сложных систем на примере КС ДЗЗ является обобщением проведенных исследований в организациях Роскосмоса, апробировано в процессе проведения конкурсного отбора вариантов построения КС ДЗЗ, использовано при разработке вариантов концепций подсистем КС ДЗЗ и может быть рекомендовано для развития процесса декомпозиции процессов на концептуальном уровне.

### **Литература**

1. Воробьев С.Н. Методология принятия решений при исследовании военно-технических систем / С.Н. Воробьев, Е.С. Егоров, В.У. Торбин – М.: МО РФ, 1987. – 92 с.

2. Надежность и эффективность: справочник / Под ред. Крючкова Ю.В. – М.: Машиностроение, 1987. – Т. 3. – 342 с.

3. Балаян Г.Г. Информационное моделирование научно-технических программ / Г.Г. Балаян – М.: Наука, 1990. – 248 с.