

# Активный экспертный подход в системе информационного обеспечения процесса создания космических аппаратов связи

## An active expert approach in the dataware system when producing communication satellites

**Ключевые слова:** информация – information; информационное обеспечение – dataware; информационно-функциональная совместимость – informational-functional compliance; граф-модель – graph-model; активный экспертный подход – active expert approach; ценность информации – value of the information.

Рассмотрены проблемность и решаемость задачи совершенствования информационного обеспечения (ИО) проектирования и производства космических аппаратов, создаваемых в ОАО «"Информационные спутниковые системы" имени академика М.Ф. Решетнева», обобщенно названных в статье космическими аппаратами связи (КАС).

The problems and objects of the SC (produced in OAO «"Informational satellite systems" by the Academician M. Reshetnev» designing and production dataware updating were discussed; this satellites are generally named (SCS), space communication satellite.

Общеизвестно, что качество продукции машиностроения зависит от уровня информационного обеспечения (ИО) процесса ее создания, состоящего из проектно-конструкторских и производственно-технологических работ. Прежде всего, это относится к сложным техническим объектам типа космических аппаратов связи, навигации и геодезии, обобщенно названным далее космическими аппаратами связи (КАС), создаваемыми ОАО «"Информационные спутниковые системы" им. академика М.Ф. Решетнева». Компания владеет технологиями полного цикла создания космических комплексов от проектирования до управления космическими аппаратами на всех орбитах – от низких круговых до геостационарных. В 2009 году доля компании на отечественном рынке по числу изготовленных и

**ТУРКЕНИЧ / TOURKENICH R.**

**Роман Петрович**

(gonti@iss-reshetnev.ru)

начальник Управления информационного обеспечения, начальник патентно-информационного отдела ОАО «"Информационные спутниковые системы"» им. академика М.Ф. Решетнева», Железногорск

запущенных космических аппаратов составила 47,6%, в 2008 году – 73,3%, на мировом рынке в 2009 г. – 3,2%, в 2008 г. – 2,9% [1].

Актуальность статьи определили следующие обстоятельства:

1. Возрастающая роль информационного обеспечения проектно-конструкторских и производственно-технологических работ по созданию сложных технических объектов (СТО) типа космических аппаратов связи (КАС) в современных социально-экономических условиях и международных отношениях.

2. Потеря доперестроечного потенциала системы ИО отечественной оборонной отрасли, особенно ракетно-космической техники (РКТ), вызванная вводом рыночных отношений в хозяйственный механизм и упразднением ряда важных государственных функций по ее материальной и научно-технической поддержке.

3. Недостаточность исследования в известных работах возможности совершенствования взаимосвязанной деятельности информационных и тематических подразделений предприятий отрасли.

Система ИО процесса создания КАС, сложившаяся на предприятии, обобщенно представлена в разработанной структурно-функциональной модели (рис. 1) как обратная связь организационной системы управления (ОСУ) ПС КАС [2]. Основная функция ИО – поставка необходимой информации, прежде всего – научно-технической (НТИ), в аппарат управления (АУ), который принимая со-ответствующие решения, реализует ее в ПС КАС. Информационная служба предприятия (ИСП) получает необходимую

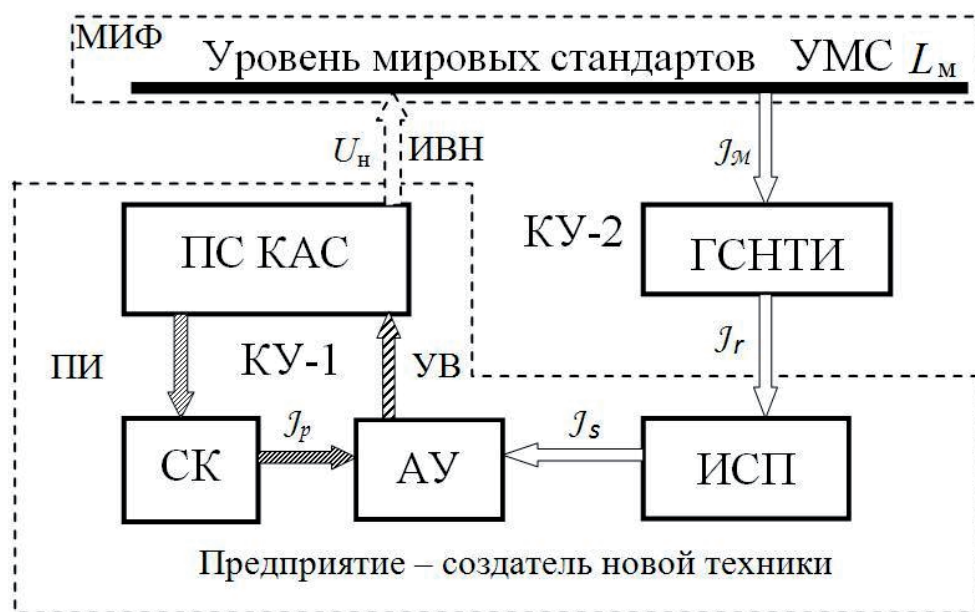


Рис. 1. Структурно-функциональная модель ИО процесса создания КАС

НТИ из мирового (в том числе – отечественного) информационного фонда (МИФ) через Государственную систему научно-технической информации (ГСНТИ).

Основная функция АУ – управление регулируемыи координатами ПС КАС в соответствии с заданными параметрами, ограничениями и располагаемыми ресурсами. Тогда целевую функцию управления можно представить следующим выражением:

$$F_p^{(K)} = \text{contr} \left[ t^{(d)}, \{r_1^{(d)}, r_2^{(d)}, \dots, r_m^{(d)}\}, \{p_1^{(d)}, p_2^{(d)}, \dots, p_n^{(d)}\} \right],$$

$$t^{(d)} \leq t^{(j)} \quad r_i^{(d)} \leq r_i^{(j)} \quad p_k^{(j)} \leq p_k^{(d)} \geq p_k^{(m)}, \quad (1)$$

где  $t^{(d)}$  – время, затраченное на создание изделия;  $t^{(j)}$  – время создания изделия, заданное заказчиком;

$$\{r_1^{(d)}, r_2^{(d)}, \dots, r_m^{(d)}\}$$

– множество  $R^{(d)}$  видов и объем фактических ресурсозатрат на создание изделия;

$$\{r_1^{(j)}, r_2^{(j)}, \dots, r_m^{(j)}\}$$

– множество  $R^{(j)}$  видов и объем заданных ресурсозатрат;

$$\{p_1^{(d)}, p_2^{(d)}, \dots, p_n^{(d)}\}$$

– множество  $R^{(d)}$  и уровень получаемых выходных параметров (ВП) создаваемого изделия;

$$\{p_1^{(j)}, p_2^{(j)}, \dots, p_n^{(j)}\}$$

– множество  $R^{(j)}$  и уровень ВП изделия, заданных заказчиком;

$$\{p_1^{(m)}, p_2^{(m)}, \dots, p_n^{(m)}\}$$

– множество  $R^{(m)}$  и уровень ВП изделий-аналогов (из МИФ).

В организационной системе управления имеется система контроля (СК), куда поступает вся производственная информация (ПИ) от ПС КАС. На основании анализа этой информации передаются необходимые сведения  $J_p$  в АУ для выработки и выдачи управляющих воздействий (УВ). Так образуется внутренний контур КУ-1 для оперативного управления координатами  $t^{(d)}$ ,  $R^{(d)}$ ,  $P^{(d)}$ . Контур КУ-2 является внешним, так как его ИО осуществляется за счет сведений  $J_M$ , получаемых ГСНТИ из МИФ. На основании  $J_M$  в ГСНТИ формируется для предприятия информация  $J_r$ . Из нее ИСП формирует информацию  $J_s$  для АУ.

Импульс влияния нового (ИВН) – условное понятие, учитывающее влияние технического уровня созданного КАС на УМС  $L_m$ . Так, если КАС по своим показателям не отвечает требова-

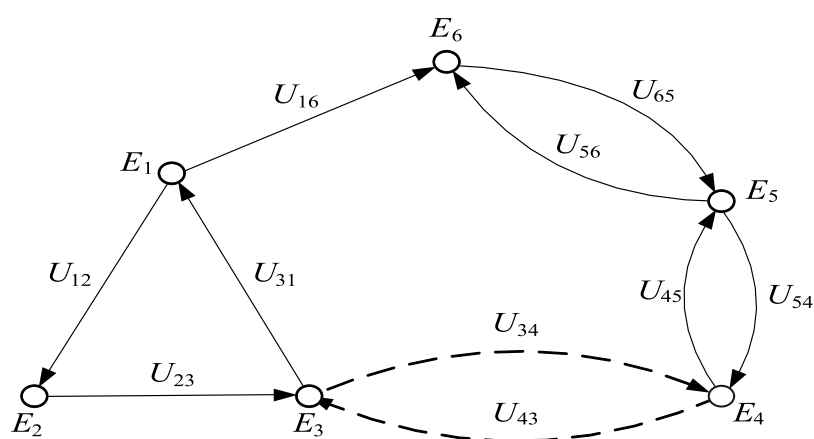


Рис. 2. Граф-модель ИО процесса создания КАС

ниям мировых стандартов, ему дается неудовлетворительная оценка. Если КАС соответствует УМС, ему дается удовлетворительная оценка. Чем больше показатели КАС превосходят УМС, тем более высокой оценки он заслуживает и фактом своего появления повышает УМС.

Для правильного определения всей стратегии создания КАС необходима тщательная подготовка априорной информации на ранних стадиях проектирования. Ошибки, при этом допущенные, чреваты наиболее тяжелыми потерями и упущениями. Весьма нежелательны ошибочные решения и на более поздних этапах, когда в КУ преобладающее значение получает информация о ходе выполнения проекта (например, на этапе производства), так как они могут свести на нет эффективность первоначальных решений. В общем плане задача сводится к необходимости качественной подготовки проектно-конструкторских решений, своевременного выявления тенденций их устаревания и оперативного проведения соответствующих корректировок.

Отображаемый моделью (см. рис. 1) вариант ИО более 30 лет удовлетворял потребности проектировщиков, конструкторов, технологов и всех других специалистов космической отрасли. Однако в 80-х годах прошлого века стало ощущаться несовершенство данного варианта. Основным его признаком явилось снижение ценности поступающей информации. При этом информационные фонды предприятия переполнялись, а эффект от них снижался. Дело в том, что в этот период произошел информационный взрыв, порожденный новым этапом научно-технической революции. Он стал интенсивно поглощать потенциал ИСП, которая перестала выполнять в требуемом объеме

свои задачи по информатизации АУ предприятия. В то же время возрастающая сложность процесса создания современных КА и ряд других усугубляющих факторов стали снижать потенциал самого АУ, который все больше расходовался на текущие дела, а не на анализ НТИ и выработку наиболее прогрессивных решений как по самим проектам, так и по их реализации. Это отрицательно сказалось на темпах приближения технического уровня создаваемых изделий к уровню их мировых стандартов.

С позиций теории управления причина сложившейся ситуации заключалась в ощущаемом разрыве цепи «информация – управление», а с позиций теории технической совместимости (ТТС) – в потере достаточной информационно-функциональной совместимости АУ и ИСП. В итоге они оказались, по сути дела, в автономных режимах работы, т.е. ОСУ из замкнутой превратилась в разомкнутую, в принципе неспособную обеспечить требуемое качество ПС КАС. Логико-математическую трактовку ситуации с позиций ТТС можно выполнить с помощью графмодели системы ИО путем преобразования составных частей структурно-функциональной модели (см. рис. 1) в соответствующие элементы граф-модели (рис. 2): ПС КАС  $E_1$ , СК  $E_2$ , АУ  $E_3$ , ИСП  $E_4$ , ГСНТИ  $E_5$ , МИФ  $E_6$  и связи между ними.

Настоящая граф-модель представляет собой ориентированный граф  $G(E, U)$ , вершинами которого являются элементы ОСУ, а дугами – связи по входам и выходам этих элементов. То, что элемент  $E_i \in E$  находится в отношении  $A_{ij}$  к элементу  $E_j \in E$ , отображено соответствующим направленным ребром  $U_{ij}$ .

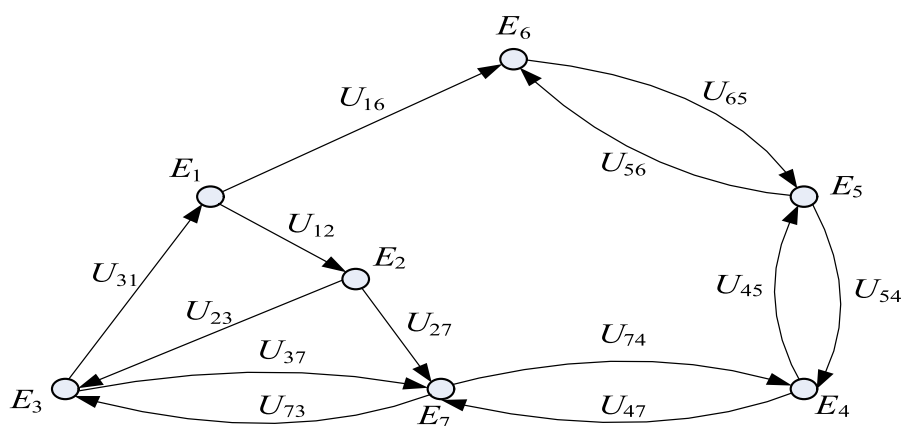


Рис. 3. Граф-модель ИО процесса создания КАС по варианту с согласующим элементом

В представленной граф-модели по связи  $U_{34}$  осуществляется запрос требуемой для АУ ( $E_3$ ) НТИ в ИСП ( $E_4$ ). Этот запрос последней транслируется по связи  $U_{45}$  в ГСНТИ ( $E_5$ ). Для выполнения полученного запроса ГСНТИ взаимодействует с МИФ ( $E_6$ ) через исходящую  $U_{56}$  и входящую  $U_{65}$  связи, затем передает запрошенную НТИ в АУ ( $E_3$ ) через связь  $U_{43}$  для реализации ее в виде УВ в ПС КАС ( $E_1$ ) через связь  $U_{31}$ . Когда изделие (КАС) будет создано, информация о его техническом уровне пополняет МИФ по связи  $U_{16}$ . В действительности связь  $U_{16}$  значительно сложнее и по структурно-функциональному назначению, и по времени реализации. Так, если созданный КАС имеет оборонное назначение, тактико-техническая информация о нем поступает в МИФ лишь через несколько лет со дня создания или вообще не поступает. В последнем случае связь  $U_{16}$  имеет чисто виртуальный характер. Для изделий гражданского (коммерческого) назначения связь  $U_{16}$  имеет существенное значение, в том числе — в целях рекламы.

Операции по запросу и передаче НТИ составляют процесс функционирования контура КУ-2 в виде управления стратегического характера. По контуру КУ-1 осуществляется оперативно-тактическое управление. При этом ПИ поступает от ПС КАС ( $E_1$ ) по связи  $U_{12}$  в СК ( $E_2$ ), где она обобщается и передается по связи  $U_{23}$  в АУ ( $E_3$ ). Аппарат управления анализирует информацию, полученную по обоим контурам, и принимает соответствующие решения (выдает УВ) по ПС КАС.

Граф  $G(E, U)$  позволяет наглядно показать недостаточную совместимость какой-либо пары элементов  $E_i$  и  $E_j$ , например, путем замены сплошной линии дуги  $U_{ij}$  или  $U_{ji}$  на штриховую

линию. Так, на построенной граф-модели факт потери информационно-функциональной совместимости элементов  $E_4$  и  $E_5$  (см. рис. 2) визуально показан штриховым изображением дуг  $U_{43}$  и  $U_{34}$ .

Вопросы восстановления технической совместимости довольно детально исследованы [2].

Если  $E_i \not\approx E_j$ ,

т.е. утрачена взаимная совместимость элементов  $E_i$  и  $E_j$ , восстановить ее можно двумя путями. Первый путь предусматривает соответствующую доработку этих элементов (повышение чувствительности, снижение влияния воздействующих факторов и т.п.). Если этот путь не эффективен (например, требует недопустимых ресурсозатрат), переходят от непосредственного к опосредствованному варианту взаимодействия этих элементов путем ввода между ними согласующего (переходного) элемента (СЭ)  $E_{ij}$  и выполнения условия совместимости этого элемента с каждым из согласуемых элементов:

$$E_i \approx E_{ij} \approx E_j. \quad (2)$$

При исследовании вопроса восстановления информационно-функциональной совместимости АУ и ИСП был принят второй путь, т.е. введение между элементами  $E_3$  и  $E_4$  элемента  $E_7$  (СЭ), что привело к появлению граф-модели (рис. 3). В ней информационные связи СЭ ( $E_7$ ) с АУ ( $E_3$ ) и ИСП ( $E_4$ ) получают другое содержание. Так, связь  $U_{73}$  предназначена для изучения информационных потребностей АУ, а по связи  $U_{37}$  в СЭ ( $E_7$ ) поступают заявки на НТИ, которые СЭ ( $E_7$ ) анализирует и передает по связи  $U_{74}$  в



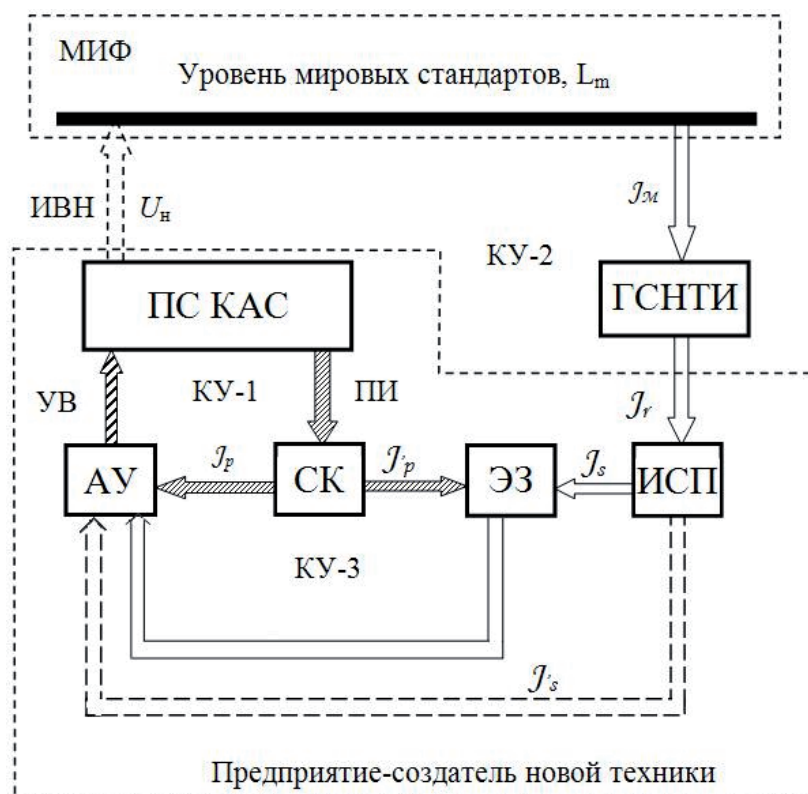


Рис. 4. Структурно-функциональная модель ИО процесса создания КАС с экспертным звеном

ИСП ( $E_4$ ). Полученная из ГСНТИ ( $E_5$ ) по связи  $U_{54}$  информация передается через  $U_{47}$  из ИСП ( $E_4$ ) в СЭ ( $E_7$ ), который анализирует ее и передает для принятия решения в АУ ( $E_3$ ). Передача  $A_{27}$  по связи  $U_{27}$  дает информацию о состоянии ПС КАС элементу  $E_7$  от  $E_2$  (СК) для текущего и сравнительного (с УМС) анализа параметров, создаваемого КАС в помощь АУ при выполнении такой трудоемкой задачи. Следовательно, СЭ  $E_7$  является переходником, который должен компенсировать отмеченные недостатки характеристик элементов  $E_3$  и  $E_4$ . Таким звеном может стать подразделение экспертов – специалистов высокой квалификации, в совершенстве знающих вопросы ИО, проектирования, производства и состояние дел в мировой науке и технике по своему профилю.

К предпосылкам изложенного также относятся необходимость рассмотрения множества проектных решений в их единстве и высокая степень неопределенности всех факторов, на основе которых эти решения принимаются и реализуются, возможность лишь частичного использования методов экстраполяции при подготовке проектных решений и т.д. При этом речь идет о формировании в промышленности эксперта

нового, активного типа, который может периодически подготавливать по запросу заключения или высказывать свои мнения при экспертной оценке каких-либо вопросов и выполнять совокупность взаимосвязанных задач по теме.

На основании граф-модели (см. рис. 3) и изложенной интерпретации задач ЭЗ построена структурно-функциональная модель ИО управления ПС КАС (рис. 4). Основное отличие этой модели состоит в появлении еще одного контура управления (КУ-3), по которому осуществляется самоподстройка процесса управления к изменяющимся условиям выполнения проектно-конструкторских и (или) технологических работ с целью поддержания требуемой величины координаты  $P^{(d)}$  (1). Такую самоподстройку выполняет ЭЗ по результатам анализа сведений  $J'_s$  и  $J'_p$ . При этом информация  $J'_s$  составляет незначительную часть сведений  $J_s$  и формируется, например, для дифференцированного обслуживания АУ.

Влияние предложенного методологического подхода на качество НТИ можно установить по выражению ценности так называемой актуальной информации, т.е. основополагающей информации для принятия решения [4]. Пусть выбор решения

АУ зависит от сообщения (информации)  $J_k$  о каком-либо эксперименте (выполняемом, например, фирмой-конкурентом), возможными исходами (результатами) которого могут быть случайные события  $x_1, x_2, \dots, x_n$ , имеющие вероятности своего появления  $P(x_1), P(x_2), \dots, P(x_n)$ , соответственно. Условная вероятность  $P(x_i/J_k)$  – вероятность того, что согласно полученному сообщению  $J_k$  исходом эксперимента явилось событие. Обозначим через решение АУ, принимаемое при отсутствии сообщения  $J_k$ , т.е. информации  $J_s$  (см. рис. 1), ввиду отсутствия ЭЗ в системе ИО, а через решение АУ, принимаемое при поступлении сообщения  $J_k$ , т.е. информации  $J_e$  (см. рис. 4), благодаря наличию ЭЗ в системе ИО. Тогда ценность актуальной информации определяется следующим выражением:

$$C_{ac} = \sum_{i=1}^n X(x_i, y_j)P(x_i) - \sum_{i=1}^n X(x_i, y_k)P(x_i / J_k).$$

Величина  $X(x_m, y_n)$  характеризует потери от решения  $y_n$ , принимаемого АУ в случае, когда результат опыта  $X$  есть  $x_m$ . Формула (3) показывает, что величина  $C_{ac}$  повышается при наличии ЭЗ. Математически этот факт объясняется тем, что потери  $X(x_i, y_j)$  остаются постоянными, а потери  $X(x_i, y_k)$  уменьшаются по мере роста опытности эксперта, который при этом допускает все меньшее количество неточностей и ошибок. Это также означает, что ценность НТИ, предоставляемой с участием одного и того же эксперта, имеет постоянную тенденцию к повышению. Из формулы видно, что априорная ценность актуальной информации зависит не только от ее соответствия решаемой задаче, но и от алгоритма ее использования. Здесь также следует отдать предпочтение предложному активному экспертному подходу. Изложенными обстоятельствами объясняется факт повышения степени адаптации и предвидения устаревания первоначальных решений, что также обеспечивается улучшением информационно-функциональной совместимости ОСУ за счет введения ЭЗ в ее информационную связь.

### Литература

1. Экспресс-информация. Космическая деятельность России и стран мира // Поиск. – 2010. – № 23. – С. 12–13.
2. Носенков А.А., Туркенич Р.П. Задачи совершенствования информационного обеспечения отечественного приборостроения на со-временном этапе // Известия вузов. Приборостроение. – 2008. – № 8. – С. 37–43.
3. Носенков А.А. *Техническая совместимость: практика, наука проблемы*. – Красноярск: СибГАУ, 2005.
4. Айзенберг Ю.Д. О мере ценности информации // Научно-техническая информация. – Сер. 2. – 1979. – № 8. – С. 7–10.

## ИНФОРМАЦИЯ КОСМОС

предлагает докторам и кандидатам наук, а также аспирантам

**опубликовать свои  
научные материалы  
на страницах  
нашего журнала**

Кроме того, редакция журнала оказывает следующие услуги:

- дизайн плакатов, брошюр и буклетов;
- разработка фирменного стиля вашей компании: создание логотипа, рекламных модулей, визиток и т.д.;
- редактирование и корректирование сборников и монографий;
- распространение печатной рекламно-информационной продукции вашей фирмы на крупнейших выставках и конференциях.



Санкт-Петербург,  
ул. Кантемировская, д. 5/5.  
Тел. +7(921) 966-25-60