

ИНФОРМАЦИОННЫЕ РЕСУРСЫ ПРОЦЕССА СОЗДАНИЯ СОВРЕМЕННЫХ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ СВЯЗИ (КАС)

Процесс создания (ПС) КА состоит из трех компонентов: проектирования и конструирования, представляющих в совокупности процесс разработки, а также технологического процесса изготовления первого летного образца КА.

Обобщенная функциональная схема процесса проектирования КА в поэтапном варианте представлена на рис. 1, где: $\{v_1^{(n)}, \dots, v_n^{(n)}\}$ - множество входных (возмущающих) действий; $\{r_1^{(n)}, \dots, r_k^{(n)}\}$ - множество выходных переменных (переменные состояния, сигналы реакции); $\{x_1^{(n)}, \dots, x_m^{(n)}\}$ - множество управляющих воздействий (команд); $\{y_1^{(n)}, \dots, y_l^{(n)}\}$ - множество наблюдаемых переменных (контрольная информация).

Множество $\{v_1^{(n)}, \dots, v_n^{(n)}\}$ - это все обеспечивающие материальные, экономические и человеческие факторы процесса проектирования (количество и качество задействованного персонала, оборудование и принадлежности, методология выполнения проектных работ и др.), а также исходные данные директивно-информационного характера (требования технического задания, информация об изделиях-аналогах и прототипах, патентная информация, научно-техническая информация и др.). Множество $\{r_1^{(n)}, \dots, r_k^{(n)}\}$ - выходные результаты процесса проектирования (проектная документация, математические и физические модели, часть эксплуатационной документации и др.). Множество $\{x_1^{(n)}, \dots, x_m^{(n)}\}$ - все виды управляющих воздействий (УВ) на процесс проектирования (распоряжения, приказы, сигналы управления, директивы и др.). Множество $\{y_1^{(n)}, \dots, y_l^{(n)}\}$ - разнообразная информация (доклады, донесения, контролируемые сигналы и параметры и др.), по которой можно объективно и полностью оценивать процесс проектирования. Физическая суть компонент множеств $\{x_i^{(n)}\}$ и $\{y_j^{(n)}\}$ зависит от уровня автоматизации системы управления.

Таким образом, процесс проектирования является системой «система управления - объект управления», математическую модель которой в самом общем виде можно представить как

$$R^{(n)}(t) = f[R^{(n)}(t_0); V^{(n)}(t_0); X^{(n)}(t_0); Y^{(n)}(t_0)], \quad (1.1)$$

$$\begin{aligned} R^{(n)}(t) &\in A(t); \\ V^{(n)}(t) &\in B(t); \\ X^{(n)}(t) &\in C(t); \\ Y^{(n)}(t) &\in D(t); \end{aligned}$$

где $R^{(n)}(t_0)$, $R^{(n)}(t)$ - состояние системы в начальный (t_0) и любой (t) моменты времени; $A(t)$, $B(t)$, $C(t)$, $D(t)$ - некоторые замкнутые области векторного пространства состояния, возмущения, управления и контроля, лимитирующие все возможные замечания соответствующих векторов $r_1^{(n)}, \dots, r_k^{(n)}$, $v_1^{(n)}, \dots, v_n^{(n)}$, $x_1^{(n)}, \dots, x_m^{(n)}$, $y_1^{(n)}, \dots, y_l^{(n)}$, обусловленные физическими закономерностями, в соответствии с которыми функционируют технические системы (ограничения первого рода), и ограниченностью привлекаемых ресурсов (ограничения второго рода).

Если компоненты множеств $\{v_i^{(n)}\}$, $\{r_j^{(n)}\}$, $\{x_q^{(n)}\}$, $\{y_s^{(n)}\}$ можно считать детерминированными, то имеют место многомерные векторы:

$$V^{(n)}(t) = \begin{bmatrix} v_1^{(n)}(t) \\ \vdots \\ v_n^{(n)}(t) \end{bmatrix}; R^{(n)}(t) = \begin{bmatrix} r_1^{(n)}(t) \\ \vdots \\ r_k^{(n)}(t) \end{bmatrix}; X^{(n)}(t) = \begin{bmatrix} x_1^{(n)}(t) \\ \vdots \\ x_m^{(n)}(t) \end{bmatrix}; Y^{(n)}(t) = \begin{bmatrix} y_1^{(n)}(t) \\ \vdots \\ y_l^{(n)}(t) \end{bmatrix}, \quad (1.2),$$

представляющие соответственно векторы-столбцы возмущения, состояния, управления и контроля, а модель (1.1) является детерминированной, динамической.

Если множества $\{v_i^{(n)}\}$, $\{r_j^{(n)}\}$, $\{x_q^{(n)}\}$, $\{y_s^{(n)}\}$ состоят из элементов случайного типа, то последние тоже можно представить векторами-столбцами, но эти элементы являются математическими ожиданиями соответствующих величин.

Полагая, что поведение системы $R^{(n)}(t)$ может быть описано системой обыкновенных дифференциальных уравнений, уравнение (1.1) можно привести к виду

$$\frac{dR^{(n)}}{dt} = f[R^{(n)}(t); V^{(n)}(t); X^{(n)}(t); Y^{(n)}(t)]. \quad (1.3)$$

Целевая функция исследуемого процесса может быть представлена как

$$G^{(n)} = \Phi[R^{(n)}(t); V^{(n)}(t); X^{(n)}(t); Y^{(n)}(t)]. \quad (1.4)$$

Если для простоты считать, что оптимальный процесс проектирования соответствует некоторому экстремальному значению целевой функции (1.4), то задачу оптимального управления процессом проектирования в наиболее простом ее виде можно сформулировать как определение оптимального вектора $X^{(n)}_{\text{онт}}(t)$, обеспечивающего экстремальное значение целевой функции $G^{(n)}$ и удовлетворяющего ограничениям (1.1). Для большей математической строгости необходимо, разумеется, исследовать случай одновременного изменения векторов $R^{(n)}(t)$ и $V^{(n)}(t)$. Но такая задача весьма сложна по причине высокой размерности этих векторов.

Процесс конструирования КА как объект математической интерпретации и управления аналогичен процессу проектирования (рис. 2).

Технологический процесс изготовления КА укрупненно можно представить набором операций по изготовле-

ТУРКЕНИЧ Роман Петрович - кандидат технических наук, заслуженный машиностроитель РФ, начальник Управления информационного обеспечения ОАО «Информационные спутниковые системы имени академика М.Ф. Решетнева». Адрес: 662972, Красноярский край, г. Железногорск, ул. Ленина, 52 e-mail: gonti@iss-reshetnev.ru

НОСЕНКОВ Александр Алексеевич - доктор технических наук, профессор Сибирского государственного аэрокосмического университета. Адрес: 660014, г. Красноярск, проспект имени газеты «Красноярский рабочий», 31 e-mail: elfimar@mail.ru

ДВИРНЫЙ Валерий Васильевич - доктор технических наук, профессор КГТУ, академик МАХ, член-корреспондент САН ВШ, академический советник Российской инженерной академии, заместитель начальника патентно-информационного отдела ОАО «Информационные спутниковые системы имени академика М.Ф. Решетнева». Адрес: 662972, Красноярский край, г. Железногорск, ул. Ленина, 52 e-mail: dvirnyi@mail.ru

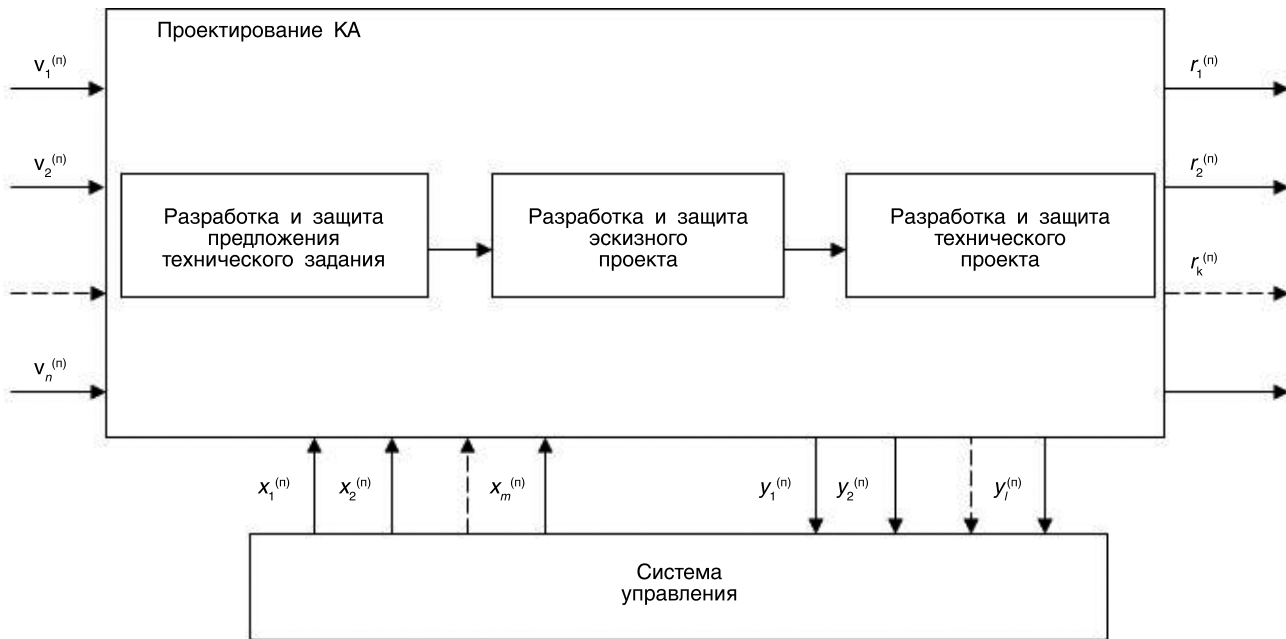


Рис. 1. Обобщенная функциональная схема процесса проектирования КА

нию и обработке бортовых узлов и приборов, операций по изготовлению и отработке бортовых устройств и систем более высокого иерархического уровня, по наземной экспериментальной отработке (НЭО) бортовой аппаратуры в составе электрорадиотехнического образца КА, по сборке и испытаниям летного образца КА. Формализованная таким образом обобщенная функциональная схема технологического процесса (ТП) изготовления представлена на рис. 3. Информационным ресурсом этого ТП являются соответствующие компоненты вектора состояния $R^{(p)}(t)$ процесса разработки КА, а также технологическая документация, разработанная на основании конструкторских документов и документов по технологическому обеспечению.

Поскольку все представленные выше процессы имеют одинаковую математическую трактовку и в совокупности представляют собой процесс создания КА, то можно

отметить, что задачу оптимизации здесь следует решить в два этапа. На этапе первичной оптимизации определяют идеальный вектор управления $X_{ид}(t)$, который практически не реализуем, но является тем пределом, к которому должна стремиться система управления. На этом этапе вторичной оптимизации выбирают так называемый квазиоптимальный вектор управления $X_{кон}(t)$, который можно реализовать, зная вектор $X_{ид}(t)$. При этом цель задачи управления заключается в получении наиболее полноценных, исходя из содержательного уровня векторов входных воздействий (возмущения), информационных ресурсов процесса создания КА. Следует при этом отметить, что в мировой практике даже удачно оптимизированные процессы создания современной техники подвергаются корректировке. Это обусловлено невозможностью математически достаточно учесть ряд воздействующих факторов. Кроме того, проблема процесса управления за-

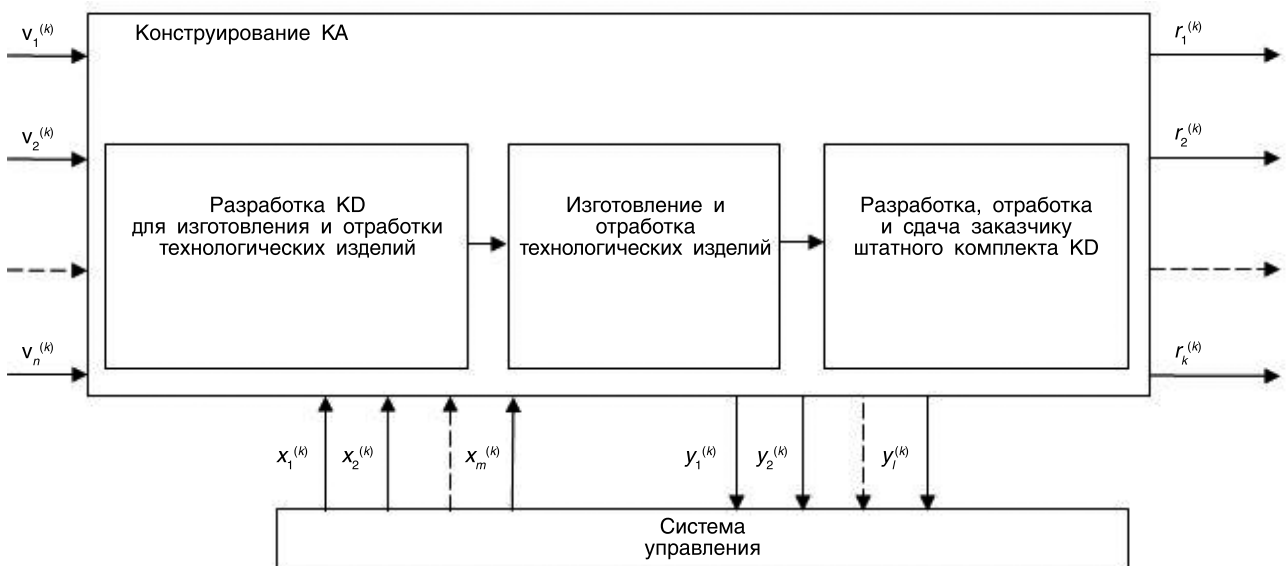


Рис. 2. Обобщенная функциональная схема процесса конструирования КА

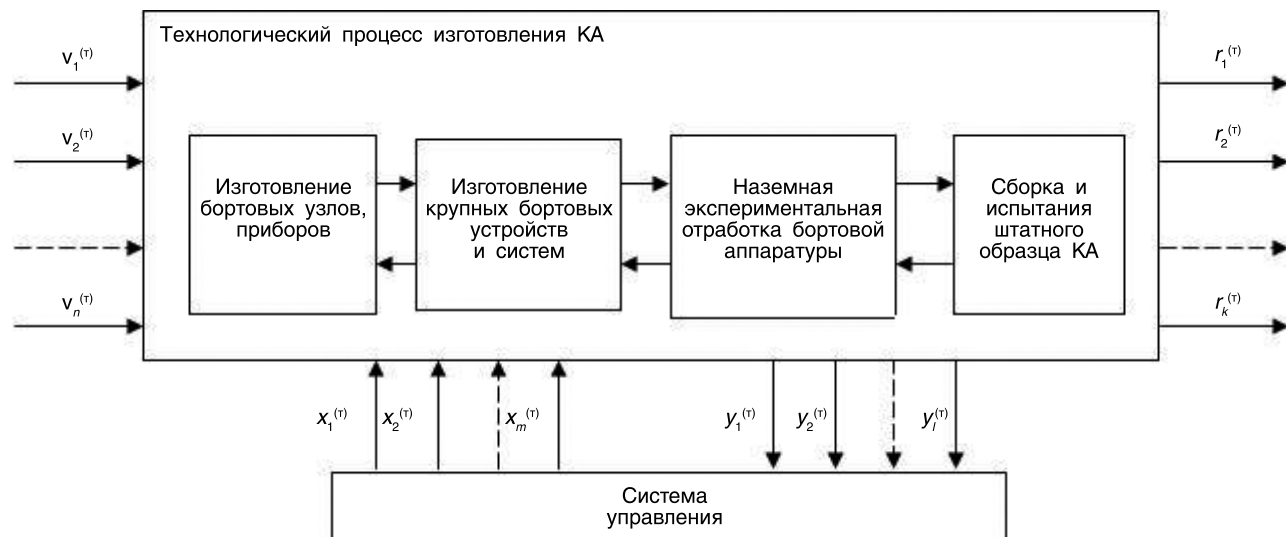


Рис. 3. Обобщенная функциональная схема технологического процесса изготовления КА

висит и от сложности создаваемого изделия. Чем проще изделие, тем более строго можно математически представить процесс управления, а сама СУ по своей сути более похожа на систему автоматического управления (САУ). И, наоборот, повышение сложности создаваемого изделия приводит к более абстрактным моделям управления, а сама СУ реализуется в лучшем случае на уровне автоматизированной системы управления.

Возвращаясь к обобщенным функциональным схемам (рис. 1-3), следует отметить, что если для ПС КАС они являются средствами демонстрации проблемы, то для проблемы ИО этого процесса они рассматриваются как своего рода опорные точки ее решения, так как во всех своих структурных составляющих содержат компоненты ИР.

Априорное изложение затронутой проблемной ситуации начнем с того, что начальный период ПС любого типа КАС должен быть обеспечен определенным объемом исходных ресурсов (людских, материальных, финансовых, технических, информационных) $R_{исх} \in R$. Однако такая работа выполняется на основании исходного директивного документа - Постановления Правительства РФ. А поскольку этот документ своим информационным содержанием оказывает на весь ПС КАС организационно-управляющее воздействие высшего иерархического уровня, то его следует считать внешним ИР $R_{Ai}^{(EA)}$, поступающим в числе всех ресурсов $R_{вн}$, и обосновывающим решение всех необходимых вопросов, в том числе и по формированию требуемых ресурсов R . Для головного предприятия выход Постановления является важнейшим моментом, поэтому оно принимает самое непосредственное участие в его подготовке.

На основании Постановления головное предприятие выдает смежным предприятиям ТЗ на разработку, изготовление и поставку необходимых бортовых приборов и наземного оборудования и финансирует эти работы.

По ТЗ выполняются (с соответствующим финансированием) и научные исследования, необходимость в которых, как правило, возникает при открытии новых тем по созданию КАС и космических систем (КС) на их основе. Все указанные ТЗ также следует считать директивными ИР $R_{за}$ для выполнения предусмотренных ими работ, относящихся к более низким иерархическим уровням. Эти ИР являются составной частью всего объема затрачиваемых на конкретные работы ресурсов. Так, для научных исследований это можно представить как $R_{на}^{(H)} \in R^{(H)}$.

Результаты выполненных исследований ($V_1^{(H)}, \dots, V_4^{(H)}$) являются научно-техническими ИР, необходимыми для выполнения отдельных этапов ПС, прежде и больше всего - для проектирования. Результаты проектирования ($V_1^{(H)}, \dots, V_3^{(H)}$) представляют собой инженерные ИР, используемые в большинстве своем при конструировании и отработке КАС и лишь частично - при их изготовлении. Разработанные конструкторские документы ($V_1^{(K)}, V_2^{(K)}$) являются инженерными ИР для этапов изготовления и отработки КАС.

Однако поскольку создаваемые КАС имеют как оборонное назначение, так и международное применение, они должны быть воплощением самых передовых научных и инженерных идей. А для этого необходимо иметь в информационном фонде предприятия лишь сведения, полученные в результате исследований, выполненных собственными силами и даже известными отечественными специалистами, мероприятие явно недостаточное. Создатели КАС должны быть обеспечены своевременной, полной и достоверной информацией о так называемом уровне мировых стандартов, чтобы они имели все возможности создавать конкурентоспособную продукцию столь ответственного назначения, потребляющую к тому же огромные ресурсы, как правило, дефицитного характера.

Это позволит своевременно выявлять и, по возможности и необходимости, устранять влияние дестабилизирующих факторов $D^{(P)}$.

Литература:

1. Конструирование автоматических космических аппаратов / Д.И. Козлов, Г.П. Аншаков, В.А. Агарков и др. Под ред. акад. АН СССР Д.И. Козлова. - М.: Машиностроение, 1996. - 448 с.

2. Совершенствование системы информационного обеспечения процесса создания космических аппаратов связи / Р.П. Туркенич, А.А. Носенков, В.В. Двирный, С.Е. Терпигин. Материалы 15-й Международной научной конференции, посвященной памяти академика М.Ф. Решетнева, 2011, г. Красноярск. - Часть 1. - С. 101-102.