

## МОДЕЛЬНЫЕ ПРЕДСТАВЛЕНИЯ ОПЫТНОГО ПРОИЗВОДСТВА САМОЛЕТОВ

© 2013 А.Н. Коптев<sup>1</sup>, А.И. Пекарш<sup>2</sup>, А.Н. Стройкин<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П. Королева  
(Национальный исследовательский университет)

<sup>2</sup>Авиационная холдинговая компания “Сухой”, Москва

Поступила в редакцию 02.12.2013

В статье рассматриваются методы решения задачи и модельных представлений, которые могут существовать в нескольких “копиях” с отличающимися значениями количественных и качественных признаков, характеризующих их свойства.

Ключевые слов: модель, множества, мультимножества, опытное производство, объект производства, предметная область, метрика, принятие решений.

Высокая наукоемкость авиационного производства требует предварительного решения комплекса задач его синтеза, начиная со стадии опытного образца до серийного производства, в частности, на начальном этапе необходимо решение задачи сравнительного анализа существующего и будущего производства нового типа самолета.

Для организации и реализации процесса проектирования опытного производства характерно широкое использование научных знаний в теоретической форме.

Главными признаками теоретического знания являются независимость от структуры того фрагмента действительности, по отношению к которому оно рассматривается, аналогичность, общезначимость и строгая необходимость.

В рамках такого подхода в данной работе на базе пространства множеств и мультимножеств [3, 4] рассматриваются модельные представления для сравнительного анализа производства опытных образцов самолетов. При этом в качестве общей модели используются логико-математические модели объектов производств  $M(O)$  как множества  $(M_1, M_2, \dots, M_k)$  с заданными наборами поименованных и в общем случае разноместных отношений  $(r_1, r_2, \dots, r_m)$ , то есть

$$M(O) = \langle (M_1, M_2, \dots, M_k), (r_1, r_2, \dots, r_m) \rangle. \quad (1)$$

Моделью  $M(O)$  с набором идентификаторов (имен) отношений, входящих в состав модели ( $\Omega$  – сигнатура), будем называть пару  $(M, \alpha)$ , где  $M = (M_1)^k$  – базовое множество модели;  $\alpha$  – инъективное отображение, которое сопоставля-

ет каждое название (уникальное имя, идентификатор) с отношением  $R^n$  из сигнатуры  $\Omega$  отношению  $r^n$  соответствует местности.

Выбор той или иной модели для представления рассматриваемых объектов производства и исследования структуры их связей определяется свойствами этих объектов, которые выражаются признаками (атрибутами) объектов. Признаки, характеризующие свойства объектов, могут быть непрерывными и дискретными, количественными и качественными, либо смешанными.

Обычно совокупность объектов представляется множеством точек в некотором многомерном (как правило, метрическом) пространстве, оси которого соотносятся с соответствующими признаками. В прикладных задачах в качестве такого пространства достаточно часто (но, заметим, не всегда обоснованно) выбирается пространство типа евклидова  $E^n$  с метриками  $d_{E^n}$  [1] при различных значениях  $n$ , выраженными формулами

$$E^1 = (\mathbb{R}, d_{E^1}) \text{ с метрикой}$$

$$d_{E^1}(x, y) = \sqrt{(x - y)^2} = |x - y|, \quad (2)$$

$$E^2 = (\mathbb{R}^2, d_{E^2}) \text{ с метрикой}$$

$$d_{E^2}(x, y) = \sqrt{(x_1 - y_1)^2 + (x_2 - y_2)^2}, \quad (3)$$

$$E^n = (\mathbb{R}^n, d_{E^n}) \text{ с метрикой Евклида}$$

$$d_{E^n}(x, y) = \sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - y_i)^2}. \quad (4)$$

Задание расстояния между объектами позволяет оценивать близость или удаленность этих объектов относительно друг друга вне зависимости от их природы, исследовать структурные особенности совокупности объектов и всего пространства в целом.

В проблемах многокритериального принятия решений, распознавания образов, классифика-

*Коптев Анатолий Никитович, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой эксплуатации авиационной техники. E-mail: eat@ssau.ru*

*Пекарш Александр Иванович, заместитель генерального директора.*

*Стройкин Александр Николаевич, ассистент кафедры эксплуатации авиационной техники.*

*E-mail: communnnet@mail.ru*

ции и других предметных областях рассматриваются совокупности объектов  $A = \{A_p, \dots, A_k\}$ , которые описываются  $m$  дискретными признаками  $Q_1, \dots, Q_m$ , имеющими конечное число  $q_s^{e_s}, e_s = 1, \dots, h_s, s = 1, \dots, m$  количественных (числовых) или качественных (номинальных, либо порядковых) значений. Порядковые значения качественного признака  $Q_s$  обычно предполагаются упорядоченными от лучшего значения к худшему  $q_s^1 > q_s^2 > \dots > q_s^{h_s}$ . Каждый объект из  $A_p, i = 1, \dots, k$  из совокупности  $A$  можно представить как точку  $q_i$ , в  $m$ -мерном векторном пространстве  $Q = Q_1 \times Q_2 \times \dots \times Q_m$ , являющемся прямым произведением шкал значений признаков  $Q_s$ , и поставить объекту  $A_i$  в соответствие  $m$ -мерный вектор

$$q_i = (q_{i1}^{e_1}, q_{i2}^{e_2}, \dots, q_{im}^{e_m}). \quad (5)$$

Ситуация существенно усложняется, если одному и тому же объекту  $A_p$  может соответствовать не один, а несколько  $m$ -мерных векторов с различающимися значениями признаков [1, 2].

В рамках теоретико-множественных представлений, как членения самолета, так и состава его сборочных частей (СЧ) и сборочных единиц (СЕ) представляют собой обычное множество  $U = \{x_1, x_2, \dots, x_n\}$ , все элементы  $x_i$  которого различны для различных СЕ и самолетов в целом. Однако в рамках опытного производства запланировано изготовление пяти опытных образцов (ОО) для различных видов испытания. Этот факт фиксируется в создаваемой автором единой теории представлений объектов производства (ОП) путем введения мультимножества или множества с повторяющимися элементами, как и обычное множество, есть совокупность элементов произвольной природы. Однако в отличие от множеств, один и тот же элемент может присутствовать в мультимножестве многократно, и кратность вхождения элемента является существенной особенностью, делающей мультимножество качественно новым математическим понятием. Элементы множеств и мультимножеств будем обозначать строчными буквами  $a, b, \dots$ , множества - прописными буквами  $A, B, \dots$ , мультимножества - прописными полужирными буквами  $\mathbf{A}, \mathbf{B}, \dots$ , семейства множеств и мультимножеств - рукописными буквами  $\mathcal{A}, \mathcal{B}, \dots$ , системы множеств и мультимножеств - прямыми буквами  $A, B, \dots$  [3].

С точки зрения формализации ОП (конструкции самолета; схема членения планера самолета, сборочных единиц, сборочных частей и т.д.) мультимножеством  $\mathbf{A}$ , порожденным основным (обычным) множеством  $U = \{x_1, x_2, \dots\}$ , все элементы конструкций (ЭК) ОП (самолета и его частей)  $x_i$ , которого различны, называется сово-

купность групп одинаковых элементов конструкций самолета и его частей.

$$\mathbf{A} = \{k_{A_1} \cdot x_1, k_{A_2} \cdot x_2, \dots\}, x_i \in U. \quad (6)$$

Группу одинаковых элементов  $k_{A_1} \cdot x_1$  будем называть компонентой мультимножества, одинаковые элементы  $x_i$ , входящие в компоненту  $k_{A_1} \cdot x_1$  - экземплярами элементов мультимножества, а функцию  $k_{A_1}$ , значение которой  $k_{A_1}(x_i) = k_{A_1}$ , определяет число вхождения элемента  $x_i \in U$  в мультимножество  $\mathbf{A}$  или "вес" элемента  $x_i$  в мультимножестве  $\mathbf{A}$  - функцией кратности или функцией числа экземпляров мультимножества  $\mathbf{A}$ . Таким образом, мультимножество - это множество, состоящее из различных групп одинаковых экземпляров ЭК.

Характеристика принадлежности ЭК к мультимножеству  $\mathbf{A}$  некоторой конструкции определяется функцией кратности

$$k_A(x) = \begin{cases} k > 0 - \text{целое, если } x \in \mathbf{A}, \\ 0, \text{ если } x \notin \mathbf{A} \end{cases} \quad (7)$$

Наряду с функцией кратности  $k_A$  введем характеристическую функцию  $\chi_A$  мультимножества  $\mathbf{A}$ , ко:  $\chi_A(x) = \begin{cases} 1, \text{ если } x \in \mathbf{A}, \\ 0, \text{ если } x \notin \mathbf{A} \end{cases}$ , значения

$$\chi_A(x) = \begin{cases} 1, \text{ если } x \in \mathbf{A}, \\ 0, \text{ если } x \notin \mathbf{A} \end{cases} \quad (8)$$

Эти функции задают соответственно отображения:  $k_A: U \rightarrow Z_+$  и  $\chi_A: U \rightarrow Z_{01}$ . Множество  $U$  служит областью определения функций  $k_A$  и  $\chi_A$ , а множества  $Z_+$  и  $Z_{01}$  - соответственно областями значений.

Так как мультимножества семейства  $\mathcal{A} = \{A_1, A_2, \dots\}$  в нашем случае образуются из одного и того же множества  $G = \{x_1, x_2, \dots\}$ , то множество  $G$  называется порождающим множеством ЭК ОП или доменов для семейства  $\mathcal{A}$ . В дальнейшем будем считать, что мультимножества порождены одним и тем же доменом.

В компактной форме мультимножество ЭК ОП в рамках систем опытного производства (СОП) записывается в символическом виде следующим образом:

$$\mathbf{A}_i = \{k_{A_i}(x_1) \cdot x_1, \dots, k_{A_i}(x_h) \cdot x_h\}, \quad (9)$$

определив элементы множества  $G = \{x_1, \dots, x_h\}$  следующим образом:

$$x_1 = q_1^1, x_2 = q_1^2, \dots, x_{h_1} = q_1^{h_1}, x_{h_1+1} = q_2^1, \dots, x_{h_1+h_2} = q_2^{h_2}, \dots, x_{h_1+\dots+h_{m-1}+1} = q_m^1, \dots, x_{h_1+\dots+h_m} = q_m^{h_m}, h = h_1 + \dots + h_m. \quad (10)$$

Множество  $G$  определяет свойства совокупности объектов  $\mathcal{A} = \{A_1, \dots, A_k\}$  и множеством их признаков  $G = \{x_1, \dots, x_h\}$ , выраженные с помощью матрицы  $C = \|c_{ij}\|_{k,h}$ , которая использована для представления конструкций серийных образцов (СО), а использование операций, объединения, пересечения, арифметического сложения, арифметического вычитания, дополнения, симметрической разности, умножения на число, арифме-

тического умножения и возведения в арифметическую степень, прямого произведения и возведения в прямую степень позволяет провести системно-информационный анализ конструкций, с одной стороны для научно обоснованного группирования сборочных единиц по методам сборки с учетом наличия сборочной оснастки, способам базирования, и с другой – структурных свойствах самолета как объекта производства [3].

Например, группы  $X_t$  объектов, классификация и типизация которых осуществлена на базе основных характеристик: опорного множества или носителя мультимножества  $A_t$ , состоящее из единичных экземпляров всех элементов, входящих в эти мультимножества

$$\text{Supp}A = \{x | x \in G, \chi_{\text{Supp}A}(x) = \chi_A(x); \quad (11)$$

мощность мультимножества  $A$  определяется как общее число экземпляров всех его элементов

$$|A| = \text{card}A = \sum_{x \in G} k_A(x), \quad (12)$$

а размерность мультимножества  $A$  – как общее число различных элементов

$$/A/ = \text{dim}A = \sum_{x \in G} \chi_A(x). \quad (13)$$

Группы  $X_t$  объектов, представленных мультимножествами  $A_t$ , могут быть получены как суммы  $X_t = \sum_{i \in I_t} A_i$ , объединение  $X_t = \bigcup_{i \in I_t} A_i$ , или пере-

сечение  $X_t = \bigcap_{i \in I_t} A_i$  мультимножеств, описывающих

объекты  $A_t$ . Тогда совокупность  $X_t$  объектов характеризуется матрицей  $C' = \|c'_{ij}\|$ ,  $c'_{ij} = k'_i(x_j)$ , имеющей соответственно следующие элементы

$$k'_i(x_j) = \sum_{i \in I_t} k_i(x_j), k'_i(x_j) = \max_{i \in I_t} k_i(x_j), k'_i(x_j) = \min_{i \in I_t} k_i(x_j). \quad (14)$$

Носитель мультимножества является подмножеством порождающего множества  $G$  ( $\text{Supp}A \subseteq G$ ). Мощность носителя равна размерности мультимножества  $|\text{Supp}A| = /A/$  и не превосходит мощности домена  $|\text{Supp}A| \leq |G|$ . Очевидно, что разные мультимножества могут иметь один и тот же носитель.

Очень важным для формализации агрегатно-сборочного производства является введение отношения включено, так некоторая сборка, представленная мультимножеством  $B$  содержится или включено в мультимножество  $A$  ( $B \subseteq A$ ), если  $k_B(x) \leq k_A(x)$ , для каждого элемента  $x \in G$ . Мультимножество  $B$  называется тогда подмультимножеством мультимножества  $A$ , а мультимножество  $A$  – надмультимножеством мультимножества  $B$ . В этом случае  $/B/ \leq |A|$ ,  $/B/ \leq /A/$ ,  $\text{hgt}B \leq \text{hgt}A$ ,  $\text{Supp}B \subseteq \text{Supp}A$ , а  $X_A = X_B$ , либо  $X_A \neq X_B$ . Как и в случае обычных множеств, од-

новременное выполнение условий  $B \subseteq A$  и  $A \subseteq B$  влечет мультимножества  $A = B$ .

В рамках введенных отношений и операций над мультимножествами и проводившихся автором исследований, относящихся к классификации конструкции самолетов как ОП (агрегатов, отсеков, секций, панелей и т.д.), привели его к задаче выяснения тех методологических средств, которые необходимы для формирования непересекающихся классов ОП различных уровней, используемых для построения и сравнения различных сборочных единиц из составных частей, агрегатов, секций, панелей и самолета из них, будем в дальнейшем называть образующими конструкций и самолета в целом. Множество образующих будем обозначать в соответствии с введенными выше обозначениями для мультимножеств:  $A$ , а для его отдельных элементов  $a, a \in A$ .

На различных этапах анализа образующие ОП представляются лишь как неделимые целостности, как наличные в среде проекта носители своих свойств, они для нашего анализа будут двух типов: признаки и связи.

Первый тип свойств – признаки в качестве его значений для конкретной, могут выступать целые числа, действительные числа, векторы, тензоры и т.д. Второй тип свойств охватывает связи, необходимые для включения образующей в сложные конструкции.

С системных позиций следующим шагом в детализации представлений об ОП является декомпозиция средств, в которых он рассматривается. Целостный ОП в среде одного уровня рассматривается как структурная единица целостности, например, панель, а в другой, например в среде этого ОП (панели), в которой будут обнаружены различающиеся по своим признакам и связям новые объекты (например, обшивка, продольный и поперечный набор составных частей), то есть объекты в объектах (ОП в ОП), которые характеризуются своими признаками.

Для решения задач глубокой классификации ОП с целью построения СОП введем понятие «наблюдение», которое в рамках многократного наблюдения ОП, как ОП в ОП привело к системному выводу о необходимости различать в целостности две такие противоположности, как часть и целое, и о возможности в целом выделять части с их границами, не нарушая целостности. Условием осуществления этой процедуры оказывается осмысление того факта, что частям целого присущи не только качества и границы, но еще и связи, то есть нарушения границ. Целостность целого оказывается, в различных условиях его нахождения, конкретной разновидностью такой целостности, которая выражает связность частей, и тогда сохранность границ целого осознается как

следствие нарушения границ частей.

Таким образом, введенные системные, теоретико-множественные понятия, позволяющие описывать целостность различного уровня (агрегат, отсек, секция, панель и т.д.) в виде связности. Центральным звеном в понимании связности является связь. Связи ОП нередко необходимо рассматривать не просто как сумму особых компонентов, а в их непосредственной роли: как связующие компоненты, конкретным образом расположенные между образующими. Каждой определенной образующей соответствует число соединений, связывающих данную образующую с остальными. Каждому соединению соответствует показатели связи  $V$ .

Множество связей всякой образующей  $a$ , соответствующим образом перенумерованное, образует структуру связей образующей. Структура связей не определяет значения показателей, поставленных в соответствие отдельным связям.

Связность ОП выражается, как уже отмечалось, в том, что его элементы включены в сеть связей друг с другом. Будем называть схему сети связей между образующими ОП структурой этого ОП. В этом случае будем говорить не о составе, а о сети связей объекта, обеспечивающей связность.

Факты контактирования связей через посредничество образующих – соединителей, будет рассматриваться как точка, представляющая собой узел связей в структуре.

Для решения комплекса задач агрегатно-сборочного производства введено понятие формального описания ОП, которые обладают внутренней структурой и могут в рамках их декомпозиции расщепляться на компоненты. Объекты, являющиеся на некотором уровне формального описания изображениями, считать образующими в формализме более высокого уровня. Независимо от того, работаем ли мы с подобной иерархической структурой или нет, на любом уровне образующая будет рассматриваться как неприводимый элемент.

Таким образом, предложенные формы описания ОП позволяют осуществить переход от реального объекта к формальному описанию, которое может быть реализовано с разной степенью точности, что, в свою очередь, приводит к описаниям разного типа, которые широко используются для решения задач 1-го этапа: постановку задачи проектирования опытного производства конкретного самолета, разработку концептуальной модели предметной области. Предлагаемая модель ПО, как и знаковая модель любого ОП, представляется базовыми множествами, введенными выше, и набором заданных на них отношений. Базовые множества модели отображают классы, подклассы и типы объектов,

выделяемых в ПО, в соответствии с классификацией ОП, которые объединены в множества всех образующих, состоящее из непересекающихся классов образующих  $A^b$ ,  $A^b \subset A$ , где  $b$  – общий

индекс, индекс класса образующих  $A = \bigcup_a A^a$ ,  $A^b$

– непересекающиеся классы.

Интерпретация этого разбиения состоит в том, что образующие, сходные качественно, будут отнесены к одному классу. Образующие базовых множеств описывают отдельные ОП каждого данного класса, подкласса, типа, представляя их как целостности – носители свойств в среде и на фоне своей структуры. Поскольку состав и значения существенных признаков любого ОП могут быть конкретизированы только для точно определенных состояний среды (внешних и окрестностных условий объекта), описание объектов должно включать описание присущего им окружения – элементарных фрагментов предметной области (ПО), структура которых представлена на рис. 1.

Отношения, входящие в состав концептуальной модели ПО, должны отображать реально существующие отношения между ОП: различных классов, подклассов, типов (род – вид, целое – часть, вид – род, часть – целое, соподчинения и др.); одного класса, подкласса, типа (тождества, принадлежности и др.).

Отношения между ОП и средой (внешними и окрестностными его условиями) подлежат отображению в описании каждого элементарного фрагмента ПО.

Рассматривая объекты различных классов в аспекте их жизненного цикла, выделим в окрестностных условиях их среды основные, “взаимодействующие с каждым объектом, системы: использующую, изготавливающую, проектирующую, исследующую, информирующую. Любой объект есть некоторая целостность, которая состоит из отдельных компонентов или элементов, рассматриваемых как подобъекты по отношению к объекту или сообъекты – объекты равного уровня сущности по отношению друг к другу. При этом объект по отношению к своим компонентам выступает в качестве окрестностных условий их среды. В этой связи желательно, чтобы состояниями любых объектов ПО, рассматриваемых самостоятельно или в качестве компонентов других объектов, отображались посредством единой, типовой модели-описания. За основу построения такой типовой модели берется образующая ПО.

Необходимая степень полноты и детализации отображения ПО достигается посредством предлагаемого подхода только потому, что спектр задач НТП затрагивает ограниченную и точно

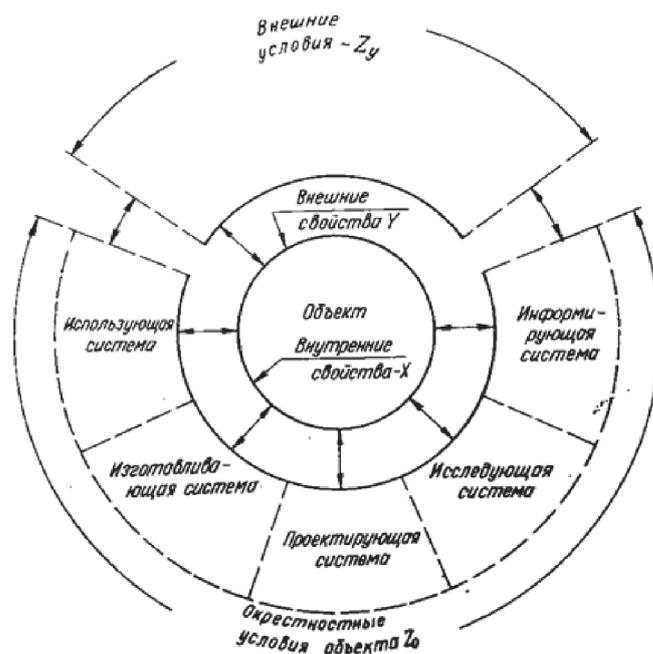


Рис. 1. Модель-описание типowego фрагмента предметной области.  
Среда  $Z = Z_y \cup Z_0$ .

известную часть отношений, существующих между входящими в состав ПО объектами.

При сравнительном анализе конструкций на основе концептуальной модели, который выполняется для формирования перечня конструкторско-технологических проблем создания самолетов данного класса, в частности, анализ СО (В) и ОО (А) позволил в рамках одноименности (гомогенности) их конструкций ( $A \cong B$ ), если их носители совпадают ( $\text{Supp}A = \text{Supp}B$ ) и существует взаимно однозначное соответствие  $f$  между одноименными компонентами:  $k_B(x) = f(k_A(x))$  для каждого элемента  $x \in G$ ; разноименно (гетерогенно) или D-эквивалентными ( $A \approx B$ ), если их носители эквивалентны ( $\text{Supp}A \sim \text{Supp}B$ ) и существует взаимно однозначное соответствие  $f$  между разноименными компонентами:  $k_B(x_i) = f(k_A(x_j))$ ,  $x_i, x_j \in G$  где  $f$  – целочисленная функция с областью значений  $Z_+$ . S- и D-эквивалентные мультимножества равноразмерны  $|B| = |A|$ , их высоты связаны равенством  $\text{hgt}B = f(\text{hgt}A)$ , установить факторы снижающие и повышающие трудоемкость ОО по сравнению с СО, а также осуществить классификацию и типизацию ОП.

Предложенная методология и теория представления ОП позволяет в процессе системно-информационного анализа реального проекта самолета РПС в рамках сохранения структурных единиц целостности (СЕЦ), на которые расчленен самолет и которые взаимопределены, взаимообусловлены и существуют лишь в соотношении друг с другом, в контексте представления об их целостном единстве, установить связь между

исследуемыми объектами будущего производства и их моделями, которая отображается следующей схемой:

$$\text{РПС}(\text{ОП})_{\text{пр}} \xleftrightarrow{R_1} \text{М}(\text{ОП})_{\text{и}} \xleftrightarrow{R_2} \text{М}[\text{М}(\text{ОП})_{\text{и}}], \quad (12)$$

где  $\text{РПС}(\text{ОП})_{\text{пр}}$  – реальный проект самолета (РПС);  $\text{М}(\text{ОП})_{\text{и}}$  – идеализированный, направленно-упрощенный, гипотетический образ РПС – модель, определенная средствами языка мультимножеств, в границах которой рассматривается объект, сформированный для достижения точно определенных, конкретных целей (именно в этой связи данная модель должна удовлетворять критерию практики), на основе ряда аксиом и теорем, всегда неполного по составу, а также тезауруса предметной области, к которой данный объект относится, или в среде объектов которой рассматривается;  $\text{М}[\text{М}(\text{ОП})_{\text{и}}]$  – знаковая, логико-математическая, символическая, наглядно-образная модель идеализированного образа РПС;  $R_1$  – отношение, имеющее характер гомоморфизма (направленное упрощение РПС, выражающееся в выделении и отображении лишь некоторых сторон структуры, лишь части свойств и отношений между свойствами объекта);  $R_2$  – отношение, которое может быть гомоморфным и даже изоморфным.

Схема связи между объектами РПС и его моделями имеет вид:

$$\{\text{М}[\text{М}(\text{ОП})_{\text{и}}]\} \xleftrightarrow{R_0} \text{РПС}(\text{ОП}). \quad (13)$$

Основные отношения, которые наиболее важны для проектирования любых объектов, в том числе агрегатов РПС, и соответственно для предметной интерпретации получаемых результатов, – это отношения  $R_0$ :

$$\text{РПС(ОП)}_{\text{рп}} \xrightarrow{R_0} \{M [M(\text{ОП})_n]\}$$

где  $R_0$  – морфизмы неопределенной и непостоянной категории. В общем случае  $R_0$  – отношения, отображающие лишь факт сомоделируемости соотносимых объектов  $\text{РПС(ОП)}_{\text{рп}}$  и  $\{M [M(\text{ОП})_n]\}$ .

В соответствии с приведенной формальной процедурой решаются проблемы классификации ОП, необходимая для технологической подготовки их производства (ТПП), получения полного набора образующих для построения образа технологического процесса (ТП) их изготовления, сравнения образов ОП и самолетов, распределения работ ТПП между станочным оборудованием и расчета трудоемкости реализации того или иного ТП с учетом состава операций соединения агрегатов, отсеков, секций, панелей на основе ис-

пользования теоретико-множественных операций, позволяет с высокой достоверностью определить трудоемкость.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. О некторых метриках, возникающих в задачах обработки данных // Г.М. Гамбаров, Н.Д. Мандель, И.А. Рыбкина // Автоматика и телемеханика. 1980, №12, с. 116-123.
2. Коган М.С. Система и структура // Системные исследования: Методологические проблемы. Ежегодник. М.: Наука, 1983. С.86-106.
3. Петровский А.Б. Системы поддержки принятий решений для структуризации и анализа качественных альтернатив. Дисс. ... докт. техн. наук. Институт системного анализа РАН, М., 1994.
4. Петровский А.Б. Основные понятия теории множеств. М.: УРСС, 2005.

## MODELS OF AIRCRAFT EXPERIMENTAL PRODUCTION

© 2013 A.N. Koptev<sup>1</sup>, A.I. Pekarsh<sup>2</sup>, A.N. Stroykin<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Samara State Aerospace University

<sup>2</sup>Aviation Holding Company "Sukhoi", Moscow

This article considers methods both solving the problem and model representations, that can exist in several "copies" with different values of quantitative and qualitative features, characterized their properties. Key words: model, set, multiset, pilot production, working object, the subject area, metric, decisions making.

---

Anatoly Koptev, Doctor of Technics, Professor, Head at the Aircraft Maintenance Department. E-mail: eat@ssau.ru  
Alexander Pekarsh, Deputy General Director.  
Alexander Stroykin, Assistant Lecturer at the Aircraft Maintenance Department. E-mail: communnet@mail.ru