

## ВОПРОСЫ СИНТЕЗА МОДЕЛИ ПРОЦЕССОВ КОНТРОЛЯ И ДИАГНОСТИКИ БОРТОВЫХ КОМПЛЕКСОВ ОБОРУДОВАНИЯ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ

© 2011 А.Н. Коптев<sup>1</sup>, А.В. Кириллов<sup>1</sup>, Н.А. Яковенко<sup>1</sup>, Д.Ю. Дронов<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Самарский государственный аэрокосмический университет

<sup>2</sup>Поволжский государственный университет телекоммуникаций и информатики, г. Самара

Поступила в редакцию 16.09.2011

Статья посвящена вопросам синтеза модели сети для контроля и диагностики при производстве бортового комплекса оборудования. В данной работе с общих позиций сформулирована задача синтеза сети; представлены условия предпочтения из множества возможных решений задач проектирования сети производства; определены общие подходы к решению частных задач инженерного проектирования и синтеза при построении моделей проектируемых процессов производства на основе тензорного анализа и теории образов.

Моделирование, синтез сети оборудования, структура объекта, задача проектирования, теория образов, тензорный анализ сетей.

Современная теория систем развивалась как научная дисциплина, которая используется для описания и анализа совокупностей взаимосвязанных переменных без учета их конкретной природы. Центральное место в теории систем занимает понятие модели, которое описывает взаимодействие между переменными системы. Основные понятия теории систем – это взаимосвязь и поведение, а основная задача – расчет поведения взаимосвязанных объектов, исходя из поведения отдельных объектов.

В последние десять лет наблюдалось интенсивное развитие методики применения общих идей и разработок теории систем к проблемам, с которыми сталкиваются лица, принимающие решения. Значительная часть теории была создана в расчете на многочисленные задачи составления расписаний, планирования и прогнозирования, причем был достигнут прогресс в имитационном моделировании сложных систем.

Под задачей синтеза модели сети для контроля и диагностики бортовых комплексов оборудования (БКО) будем понимать цель, данную в определенных условиях, и представим ее как трехкомпонентную систему:

$$\langle D_a; D_{тр}^*; D_{усл} \rangle, \quad (1)$$

где:  $D_a$  – некоторый предмет задачи в актуальном (текущем, исходном) состоянии;

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

*Кириллов Алексей Владимирович, ассистент кафедры эксплуатации авиационной техники.*

*Яковенко Николай Александрович, аспирант.*

*Дронов Дмитрий Юрьевич, аспирант.*

$D_{тр}^*$  – императивная (виртуальная) модель желаемого состояния этого предмета или модель потребного будущего;

$D_{усл}$  – условия, ограничения, которые должны быть выполнены в процессе перевода предмета задачи из его актуального состояния в требуемое.

По отношению к задаче проектирования (ЗП) компоненты системы (1) интерпретируются следующим образом:

$D_a$  – заявка на объект проектирования (ОП), представляющая потребности и мотивы, относящиеся к некоторому фрагменту действительности. Эту заявку в ЗП представляет целевая модель искомого объекта  $M(0)_ц$ ;

$D_{тр}^*$  – продуктивная модель ОП  $M(0)_{пр}$  – комплект технической документации для изготовления или использования сети в производственных условиях, которая отвечает требованиям определенных стандартов (ЕСКД, ЕСТД или др.);

$D_{усл}$  – условия реализации задачи или ограничения на временные, трудовые, материальные ресурсы  $Q$ , выделяемые для решения данной ЗП.

Под ЗП любой сети, в том числе сетей передачи информации при контроле и диагностике, в дальнейшем понимается задача построения продуктивной модели сети  $M(0)_{пр}$ , для которого определена целевая модель  $M(0)_ц$  и установлены условия или ресурсы  $Q$  решения задачи. ЗП в обобщенной постановке может быть представлена следующим образом:

$$ЗП = \langle M(0)_ц, M(0)_{пр}, Q \rangle = \langle \langle FnM(0), Z', Y', X', G \rangle, M(0)_{пр}, Q \rangle \quad (2)$$

где компоненты  $Z', Y', X', G$  являются в общем случае векторами, имеющими свои размерности.

Требования к функциональным свойствам ОП задаются в постановке ЗП в форме модели  $F_n M'(0) \in Y_n \times Z$ . Требования к условиям функционирования ОП  $Z'$  задаются допустимыми областями множества возможных состояний среды (внешних  $Z_y$  или окрестностных  $Z_0$  условий), а также продолжительностью, функционирования  $Y''$ .

Требования к свойствам ОП помимо  $F_n M'(0)$  ограничивают:

а) допустимую область множества возможных значений внешних (существенных и утилитарных) свойств ОП  $Y'$  для всех  $z \in Z$ ;

б) допустимую область множества возможных значений внутренних (сущностных) свойств объекта  $X'$ , которые характеризуют принципы его построения действия и обуславливают обладание множеством внешних свойств  $Y$ , согласованных с  $F_n M'(0)$ .

Границы допустимой области множества значений сущностных свойств объекта  $X'$  часто определяются ресурсами, необходимыми для изготовления или использования ОП. В общем случае ограничения могут касаться ресурса какого-либо одного вида (материалоемкости интегральной или по конкретным классам материалов, трудоёмкости, энергоёмкости, фондоёмкости и т. д.) или одновременно нескольких видов.

Условия решения ЗП задаются допустимой областью значений ресурсов  $Q$ , выделенных для использования в процессе проектирования объекта. В качестве таких ресурсов обычно рассматриваются продолжительность решения, общая трудоёмкость, полная стоимость решения ЗП. При этом стоимость проектирования может выражаться не только в виде денежных расходов, но и в количестве дефицитных материалов, времени использования уникального оборудования и т. п.

Условия предпочтения в допустимой области множества возможных решений ЗП определяются следующим:

1. Критерием эффективности или совершенства (КС), функцией ценности или качества объектов  $G$ , которая обобщенно характеризуют ценность данного ОП по ряду особо выделяемых его внешних и/или внутренних свойств, а также параметров функционирования ( $Y''$ ,  $X''$ ,  $Z''$ ). Последние признаются важнейшими по отношению к основной цели создания ОП, поэтому требования к ним представляется невозможным или нецелесообразным формулировать только в виде ограничений. В общем случае:

$$G = Y'' \times X'' \times Z'' \quad (3)$$

Предпочтение должно быть отдано проектному решению с таким набором значений вне-

шних  $\bar{y} \in Y$  и внутренних  $\bar{x} \in X$  свойств, реализуемых при  $\bar{z} \in Z$ , что:

$$\bar{G}(\bar{X}, \bar{Y}, \bar{Z}) > G(X, Y, Z) \quad (4)$$

для всех допустимых  $\bar{x} \in X$ ,  $\bar{y} \in Y$ ,  $\bar{z} \in Z$ .

2. Оценочной функцией  $M$ , соотносящей внешние и внутренние свойства ОП при  $\bar{z} \in Z$  с затратами (ресурсами)  $Q$ , необходимыми для реализации процесса проектирования. В общем случае:

$$M(Y \times X \times Z) \rightarrow Q, \quad (5)$$

таким образом оценочная функция  $M$  характеризует затраты, определяемые в виде различных ресурсов (временных, трудовых, материальных и т. п.), на создание объекта с данным набором свойств. Предпочтение должно быть отдано проектному решению с таким набором внешних  $y \in Y$  и внутренних  $x \in X$  свойств, реализуемых при  $\bar{z} \in Z$ , что:

$$\bar{M}(\bar{X}, \bar{Y}, \bar{Z}) > M(X, Y, Z) \quad (6)$$

для всех допустимых  $\bar{x} \in X$ ,  $\bar{y} \in Y$ ,  $\bar{z} \in Z$ .

Таким образом, все многообразие глобальных целевых ориентаций ЗП любых ОП сводится к двум:

а) максимизировать эффективность  $G$  проектируемого объекта (допустимые затраты на процесс проектирования  $Q$  задаются в виде ограничений);

б) минимизировать затраты  $Q$  (временные, трудовые, материальные), необходимые для реализации процесса проектирования (требования к внешним  $Y$ , внутренним  $X$  свойствам и условиям функционирования  $Z$  ОП задаются в виде ограничений).

Все множество представлений для решения задач инженерного проектирования может быть отнесено к трем основным типам: выбору из перечислений, определению в пространстве состояний, сведению задачи к подзадачам.

Использование представлений на основе выбора из перечислений возможно при наличии множества готовых, ранее спроектированных объектов (систем, устройств, компонентов, элементов схем, блоки из них и т.п.). Решение ЗП при использовании представлении по типу выбора из перечислений реализуется по следующей схеме:

- поиск для построения перечислений в виде упорядоченных множеств перечисленных выше моделей, готовых проектных решений, соответствующих по уровню сущности и основным свойствам назначения тем объектам, которые составляют предмет ЗП;

- выделение из множества потенциально возможных решений первой или второй моделей подмножества допустимых и целесообразных решений;

- выбор одного из ранее существовавших, готовых объектов в качестве наиболее предпочтительного решения данной ЗП.

Представления на основе выбора из перечислений широко используются при решении ЗП объектов низких уровней сущности: электрических схем проводов, деталей схем, микросхем небольшого уровня интеграции.

Использование представлений на основе определения в пространстве состояний предполагает наличие как возможность построения полной структурно-функциональной модели объектов того класса, к которому может быть отнесен конкретный объект данной ЗП. Эта модель отображает внутренние свойства  $X$  объекта на внешние  $Y$ , т.е. состав элементов объекта, состав и схему его внутренних связей, а также свойства этих элементов и связей на внешние свойства объекта. Она характеризует пространство возможных состояний объектов определенного класса в границах своей применимости для всех допустимых данной моделью значений  $X$  и  $Y$ .

Решение ЗП при использовании представления на основе определения в пространстве состояний заключается в формировании модели проектируемого объекта и реализуется по следующей схеме:

- заимствование или построение множества структурно-функциональных моделей, потенциально пригодных для формирования частных моделей, отображающих отдельные структуры объекта, составляющего предмет данной ЗП;

- выбор условий реализации КС и ограничений данной ЗП;

- функциональное построение частной структурной модели проектируемого объекта.

Использованию представлений на основе определения в пространстве состояний должно отдаваться предпочтение в тех случаях, когда целевая ориентация ЗП направлена на достижение возможно более высокого значения КС проектируемого объекта.

Использование представлений на основе сведения задачи к подзадачам предполагает разбиение задачи на совокупность подзадач, решения которых приводят к выполнению исходной задачи. Процесс этот применяют рекурсивно для порождения подзадач, подподзадач и т. д. до тех пор, пока, наконец, не получится множество тривиальных задач, решения которых известны. Использование представлений на основе декомпозиции исходной задачи реализует принцип “редукция сложности” и в применении к ЗП эквивалентно разбиению проектируемого объекта на подобъекты более низкого уровня сущности и установлению связи между этими подобъектами.

Разбиение проектируемого объекта – неизвестного целого – на подобъекты, которые в общем случае могут иметь различную степень определенности, также означает не что иное, как построение его структурно-функциональной модели.

Решение ЗП при использовании представлений по типу сведения задачи к подзадачам реализуется по следующей схеме:

- заимствование или построение множества моделей, потенциально пригодных для формирования интерпретаторов объекта, составляющего предмет данной ЗП;

- выбор из полученного множества модели, наилучшей в смысле возможности построения объекта данной ЗП с учетом особенностей условий реализации задачи, КС и ограничений;

- построение “модели-интерпретатора” проектируемого объекта.

Представления на основе сведения задачи к подзадачам используются во всех случаях, когда в силу высоких уровней сущности или сложности проектируемых объектов или из-за отсутствия необходимых методов и средств ЗП не может быть решена на основе других типов представлений.

Важно отметить тот факт, что в общем случае на разных стадиях решения каждой конкретной ЗП могут использоваться различные типы представлений: на высшем уровне решение по типу сведения задачи к подзадачам; на уровне составных единиц - по типу определения в пространстве состояний; на уровне элементов - по типу выбора из перечислений и т.п. При вариантном проектировании возможен “конкурс” типов представлений, когда одна и та же ЗП данного уровня сущности решается параллельно, на основе различных типов представлений, а окончательный выбор варианта производится на уровне сопоставления результатов полученных решений.

При решении ЗП различных объектов широко применяется вариантное проектирование. Оно реализуется за счет использования различных принципов построения или действия объекта данной ЗП; различных по степени полноты содержания и структуре моделей ОП для проработки каждого выбранного принципа их построения; различных методов формирования и параметризации каждой из выбранных моделей ОП.

Остановимся на постановке задач синтеза. При синтезе сетей передачи информации считают, что конструкционные константы (образующие – неприводные компоненты, используемые для построения конфигураций, подсетей и сетей в целом) неизвестны, и соединения между компонентами не установлены.

С общих позиций задача может быть сформулирована следующим образом.

Пусть даны определенные требуемые характеристики поведения сети передачи информации, и задача состоит в нахождении соотношения, которое должно существовать между компонентами будущей сети передачи информации, чтобы сеть работала требуемым образом. Эти соотношения между компонентами в конфигурации и сети в целом, в соответствии с введенным выше определением, будем называть “критерием эффективности”. Каждая конфигурация имеет свой тип критерия, определяемого её составом и структурой.

В качестве образующей базы решения задачи синтеза любой сети используем то направление тензорного анализа, которое основал Г. Крон [1].

Для синтеза сети введем тензор синтеза  $C'_\sigma$  или как его компоненты тензор соединения, который занимает особое место среди тензоров, отождествляемых с компонентами этой сети.

На базе введенных понятий отметим, что теорией этих сетей является теория тензора преобразования  $C'_\alpha$ . Фундаментальная подобность сетей, описываемых тензором  $C'_\alpha$ , позволяет высказать предположение о существовании математического и физического подобия в технологии проектирования этих сетей и её базовой составляющей – синтеза сети.

Для создания метода синтеза, описывающего проектирование сетей передачи информации, как многообразные преобразования набора образующих на этапах решения частных задач синтеза. Решением задачи будем называть способ получения заданного результата.

Математическая формулировка общей задачи синтеза обеспечивается следующей гипотезой, выдвинутой профессором А.Н. Коптевым [3], трансформируемой для целей синтеза сетей передачи информации.

Процесс синтеза любой сети передачи информации есть процесс преобразования заданного пространства компонентов в пространство, состоящее из подпространств для решения конкретных задач, который может быть представлен тензорным уравнением, описывающим изменения пространства–структуры, в которое вложены как образующие, так и их соединения для реализации конкретной цели.

Таким образом, под процессом решения задачи синтеза или эквивалентным ему понятием процесса проектирования (ПП) будем понимать совокупность последовательно меняющихся состояний задачи, а значит моделей объекта проектирования, рассматриваемых в прямой связи с действиями, реализующими эти изменения, в основе которых лежит представление о пространстве–структуре.

Основы теории представлений БКО ЛА можно записать с помощью следующего матема-

тического формализма.

В теории представлений все пространство в целом – континуальное множество точек  $N$ . Однако носителем физических свойств пространства служит дискретное подмножество  $M$ , каждая точка которого является не только геометрической, но и вещественной:

$$N = S_q \cup M_q; S_q \cap M_q = \emptyset; q = 1, 2, 3, \quad (7)$$

где  $S_q$  - подмножество, дополнительное к  $M_q$ ;  $\emptyset$  – пустое множество.

Индекс  $q$  имеет следующий смысл. Описание всего пространства через подпространства  $S_1$  и  $M_1$  оказывается не только необходимым, но недостаточным, так как связность подпространства нарушается тем, что дополняется подпространством  $M_1$ . Подпространство объекта или системы БКО ЛА состоит из конечного множества точечных, дискретно расположенных компонентов, каждый из которых представляет собой реальный элемент этого объекта или системы, обладающий конкретными специфическими свойствами. Описание этих специфических физических свойств каждого входящих в объект или систему компонентов требует ввода подпространства компонентов, которое является дополнительным к подпространствам как  $S_1$ , так и  $M_1$ . Следовательно, для описания точки опорного пространства–компонента в теории представлений производится такое переопределение координат этого компонента, при котором дополнительное пространство ( $S_2$  и  $M_2$ ) описывается уже другой  $n$ -матрицей и другим геометрическим комплексом т.е. становится другим, хотя по-прежнему евклидовым  $R^3$  пространством. После описания каждого компонента объекта или системы рассматривается единое подпространство компонентов - свободное пространство объекта или системы.

Сходное положение наблюдается и с описанием в третьем подпространстве с той (существенной) разницей, что в нем рассматриваются не только компоненты объекта или системы, но и единое пространство электрических цепей, в котором соединение узлов компонентов (структура) задает само пространство электрических цепей, размерность которого определяется числом линейно-независимых путей распространения в этой структуре электрических сигналов.

Таким образом, каждое из континуальных подпространств  $S_q$  и дискретных  $M_q$  заполняет все пространство  $N$ . Одновременное рассмотрение всех характеризующих объект или систему величин, возможно лишь очень большим числом  $n$ -матриц. Организация этих величин в  $n$ -матрицы позволяет вводить новые дополнительные понятия в теории представлений БКО ЛА, само существование которых определяется этой организацией. Суть применения топологии и тензор-

ного анализа сетей в теории представлений БКО ЛА заключается в следующем. Все различные объекты или системы БКО ЛА рассматриваются как проекции обобщенного объекта или системы в частных системах координат пространства. Структура этого пространства различна и усложняется в зависимости от этапа представления. Для этапа макропредставления - представление компонентов обычное (евклидово и дискретное), для представления электрических цепей используется пространство-структура.

Математический аппарат теории допускает существование в пространстве нескольких взаимно и последовательно ограниченных дополнительных одно к другому подпространств  $S_1 \cup M_1, S_2 \cup M_2, \dots, S_n \cup M_n$ . Набор, достаточный для полного описания пространств в задачах контроля и испытаний объектов или систем БКО ЛА, обозначается  $S_q \cup M_q$ . Число подпространств, необходимое для полного описания  $N$ , определяется одним критерием: последнее из них  $S_n \cup M_n$  должно описывать все соединения компонентов, т.е. отражать сетевую структуру объекта или системы.

Введем в теорию представлений основные математические объекты и соотношения, устанавливаемые между ними для решения теоретических и практических задач этой теории. Предложенная выше методика представления объектов и систем БКО ЛА опирается на эволюцию их представления от совокупности точек, связанных структурой отношений. Структура отношений, развиваясь, переходит в понятие пространство сетей, т.е. физически – в пространство-структуру. Оно включает компоненты сети, электрические проводники, соединенные тем или иным способом. Пространство сетей дискретно, поскольку существует только вдоль выделенных электрических проводников – геометрических линий, помещенных в обычное геометрическое пространство. Геометрические линии (электрические проводники) и последовательности линий в этом пространстве образуют пути (электрические цепи), по которым распространяются сигналы и потоки электрической энергии. С точки зрения геометрии объектами этого пространства, его линиями, состоящими из точек, являются пути.

В теории представлений для решений, связанных со структурами, состоящими из соединенных элементов, будем пользоваться методами комбинаторной топологии и теории гомологии.

Введем топологические эквиваленты понятий, связанных с структурами объектов и систем БКО ЛА. Для изучения геометрических свойств объектов или систем будем рассматривать их как объединение очень простых элементарных фи-

гур - симплексов. При этом узлам – монтажным точкам объекта или системы БКО ЛА – будем ставить в соответствие нульмерный симплекс  $[\alpha_0]$ ; проводнику, соединяющему два узла - одномерный симплекс  $[\alpha_0; \alpha_1]$ , а электрической цепи - формально составленную сумму ориентированных одномерных симплексов:

$$C^1 = \alpha_1 \cdot S_1^1 + \alpha_2 \cdot S_2^1 + \alpha_\alpha \cdot S_\alpha^1, \quad (8)$$

где  $S_1^1, S_2^1, S_\alpha^1$  – одномерные ориентированные симплексы;  $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_\alpha$  – целые числа.

Уравнение (8) представляет собой линейную комбинацию переменных  $S_1^1, S_2^1, S_\alpha^1$  с коэффициентами  $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_\alpha$ . Умножение симплексов на -1 означает изменение его ориентации, т.е.  $-1[\alpha_0; \alpha_1] = [\alpha_1; \alpha_0]$ . Границей одномерного симплекса  $S = [\alpha_0; \alpha_1]$  называется нульмерная последовательность вида:

$$\partial S = \alpha_1 - \alpha_0, \quad (9)$$

а граница последовательности (8) определяется формулой:

$$\partial C^1 = \sum_{i=1}^{\alpha} \alpha_i \partial S_i^1. \quad (10)$$

Операция определения границы представляет собой гомеоморфизм, преобразующий группу одномерных последовательностей в группу нульмерных последовательностей. Следовательно, рассматривая подмножество  $R$  компонентов системы  $F$  и обозначив через  $R^*$  последовательность вида, получим

$$R^* = \sum_{r_i \in R} r_i. \quad (11)$$

Дадим определение электрической цепи через топологические понятия. Если для подмножества  $R$  элементов топологической системы  $F$  справедливы условия

$$\partial R^* = \alpha_i - \alpha_j; \partial r_i = 0, \quad (12)$$

где  $R^* = \sum_{r_i \in R} r_i, \alpha_i \in d_1 \cdot R, \alpha_j \in d_p \cdot R$ , и где

$d_1 \cdot R$  - есть элемент левосторонней области (вход);  $d_p \cdot R$  - элемент правосторонней области (выход), то подмножество  $R$  называется электрической цепью системы  $F$ . Геометрическое изображение пути есть граф, в котором каждый симплекс - ребро, соединяющее вершины  $\alpha_i, \alpha_j$ . Наиболее общим представлением главной структуры объекта или системы БКО ЛА является сеть. Топологическим эквивалентом сети объекта или системы является комплекс  $K$ , т.е. совокупность одномерных симплексов, обладающая определенными свойствами.

Множество всех цепей с произвольными целыми коэффициентами представляет собой любой объект или систему БКО ЛА и составляет группу цепей по сложению:

$$C^1(K) = \sum_v \left\{ \sum_{k=1}^{\alpha} \alpha_k \cdot S_k^1 \right\}. \quad (13)$$

В теории представлений БКО ЛА рассматриваются только детерминированные объекты и системы, которые можно представить как упорядоченные пары:

$$A = \langle S, f \rangle \quad (14)$$

множества  $S$  одномерных симплексов и описывающей функции  $f$ . Для определения многозначной функции  $f$  со значениями из множества  $z$  натуральных чисел поставим в соответствие множества  $S$  и  $z$ :

$$f : S \rightarrow z. \quad (15)$$

Откуда следует, что функция  $f$  ставит в соответствие симплексам  $S_i \in S$  натуральные числа  $z_i$ :

$$f(S_i) = z_i, \quad (16)$$

т.е. каждому симплексу соответствуют различные числа  $z_i$ . Топологический эквивалент объекта или системы, для которой определена описывающая функция  $f$ , при решении практических задач анализа этих объектов и систем будем называть детерминированным графом или просто графом объекта или системы.

Совокупности симплексов произвольной размерности  $S^n$  (двухмерных, трехмерных) обладают теми же свойствами, что совокупности одномерных симплексов, они также позволяют изучать сложные фигуры теми же методами, которые использовались для изучения фигур, построенных из одномерных симплексов. Цели размерности  $n$  в комплексе - это функция, которая каждому  $n$ -мерному симплексу  $S_k^n$  ставит в соответствие целое число  $\alpha_k$ , причем  $\alpha_k \neq 0$  лишь для конечного числа симплексов  $S_k^n$ . А формальная линейная сумма - это лишь удобный вид записи цепи. При этом сумма двух цепей определяется как сумма двух линейных форм. Использование абстрактных структур, состоящих из абстрактных симплексов с абстрактным отношением инцидентности ( $S_i^n > S_i^{n-1}$ , если  $(n-1)$ -мерный симплекс входит в состав границы симплекса  $S_i^n$ ), которое порождает во множестве симплексов упорядоченность для моделирования объектов и систем БКО ЛА, позволяет решить ряд очень важных задач.

Рассмотрим построение формализма синтеза сети как некоторой регулярной структуры (РС). Формализм для описания синтеза РС нуждается в некоторой математической процедуре. Он должен обладать достаточной общностью для того, чтобы можно было применять ко всем тем многочисленным разновидностям РС, которые будут встречаться, но такой формализм должен обладать и гибкостью, обеспечивающей удобство пользования им, а также возможность опираться на его понятийную систему. Такой формализм не будет решать за нас задачи, но поможет точно сформулировать их, выделяя об-

щие свойства внешне различных образующих сети (ОС). Следовательно, речь идет о построении некоторых объектов, в частности сетей, посредством комбинирования заданных объектов (образующих) в соответствии с определенными правилами их построения.

Правила ограничивают произвольность схем и конструкций из них: чем строже правила, тем жестче оказываются получаемые в результате их применения РС.

Как правило, при синтезе РС – сети передачи информации используются геометрические образы, когда объектами служат множества, представляющие конкретные образующие, определяемые заданными правилами.

При синтезе сети встречаемся, прежде всего, с топологией структуры связей, которая представляется в явном виде. Различные понятия, которые введены выше, необходимо связать между собой, т.е. для создания общего метода синтеза виртуальных сетей необходимо, чтобы его основные понятия естественно были согласованы друг с другом.

Примером, иллюстрирующим, что, собственно, мы имеем в виду, служит классическое понятие топологической группы. Топологическая группа – это не просто некоторое топологическое пространство. Это пространство, на котором определена операция группы. Кроме того, необходимо, чтобы групповая операция была непрерывна относительно заданной топологии, т.е. алгебраические и топологические свойства связаны между собой.

Подобным же образом при формализации таких понятий, как “образующая”, “конфигурация”, “изображение”, и т.д., должны быть согласованы, например, отношение связей соотносится с преобразованиями подобия посредством условия его инвариантности  $A$  (инвариантности относительно группы преобразований подобия [1]). Будет встречаться и множество других ситуаций, когда будем стараться объединить различные теоретические требования в единую теорию метода.

Анализ большинства сетей, как регулярных структур обладают тем общим свойством, что они сформулированы на математическом языке – тензорного анализа и синтеза схем, теории массового обслуживания и др.

Во-первых, очевидно, что все эти сети построены из некоторых элементарных объектов; т.е. атомистичны по своей природе. Сами эти объекты в различных конкретных случаях обладают различными математическими свойствами в соответствии с понятием “сходства”, состоящем в том, что два объекта, в сущности, одинаковы, хотя не обязательно идентичны.

Во-вторых, эти объекты соединены друг с другом некоторым специальным способом, который иногда представляется схемой, описывающей топологию соединений. Существенность отдельных связей на множестве введенных соединений определяется специальными правилами. Можно сказать, что такие структуры являются комбинаторными.

В-третьих, комбинациям объектов, построенным в соответствии с определенными правилами, придается путем введения идеального наблюдателя некоторая интерпретация. Интерпретация, или значение, комбинации зависит от точки зрения наблюдателя, т.е. от того, каким образом он ее воспринимает.

И наконец, в-четвертых, реальные сети и, как следствие, их образы могут концептуально отли-

чаться от только что упомянутых идеальных и, следовательно, характер соответствия между реальными и идеальными образами должен быть точно определен. Наше обсуждение до сих пор носило концептуальный характер, и мы лишь sporadически пользовались математическим формализмом.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Крон Г.* Тензорный анализ сетей. М.: Советское радио, 1978. 720 с.
2. *Гренандер У.* Лекции по теории образов. Том 1. Синтез образов. М.: Мир, 1979. 383 с.
3. *Коптев А.Н., Миненков А.А., Марьин Б.Н., Иванов Ю.Л.* Монтаж, контроль и испытания электротехнического оборудования ЛА. М.: Машиностроение, 1998. 296 с.

### THE QUESTIONS OF SYNTHESIS PROCESS CONTROL AND DIAGNOSTICS MODEL OF AIRCRAFT ONBOARD EQUIPMENT

© 2011 A.N. Koptev<sup>1</sup>, A.V. Kirillov<sup>1</sup>, N.A. Yakovenko<sup>1</sup>, D.Y. Dronov<sup>2</sup>

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

<sup>2</sup>Povolzhskiy State University of Telecommunications and Informatics, Samara

Article is devoted questions of synthesis of model of a network for control and diagnostics by manufacture of an onboard equipment. In the given work from common positions the problem of synthesis of a network is formulated; conditions of preference from set of possible decisions of problems of designing of a network of manufacture are presented; the general approaches to the decision of private problems of engineering designing and synthesis at construction of models of projected processes of manufacture on a basis of tensor analysis and the pattern theory are defined.

Key words: simulation, synthesis of a network of the equipment, object structure, designing problem, pattern theory, tensor analysis of networks.

*Anatoly Koptev, Doctor of Technics, Professor, Head at the Aircraft Maintenance Department. E-mail: eat@ssau.ru*

*Alexei Kirillov, Assistant Lecturer at the Aircraft Maintenance Department.*

*Nikolay Yakovenko, Post-Graduate Student.*

*Dmitriy Dronov, Post-Graduate Student.*