УДК 629.3.08

Ю.В. Дудукалов, доцент, канд. техн. наук
Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет
ул. Петровского, 25, г. Харьков, Украина, 61002
yvdudukalov@mail.ru

МЕТОДЫ СТРУКТУРНО-ФУНКЦИОНАЛЬНОГО АНАЛИЗА ПРИ АВТОМАТИЗИРОВАННОМ ПРОЕКТИРОВАНИИ В ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМАХ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ И РЕМОНТА СРЕДСТВ ТРАНСПОРТА

Рассмотрены особенности применения методов структурно-функционального анализа графо-аналитических математических моделей в информационном обеспечении технологических систем технического обслуживания и ремонта средств транспорта.

Ключевые слова: *эффективность управления, математическая модель, средства транспорта, жизненный цикл, технология ремонта, граф, инциденция, матрица.*

Постановка проблемы. Существенное повышение эффективности процессов технического обслуживания и ремонта (ТОиР) средств транспорта может быть достигнуто при комплексной оптимизации этих технологических систем (ТС). В наиболее полной мере эффективность управления ТС ТОиР реализуется при использовании методологии RCM (Reliability Centered Maintenance), поскольку именно такие процессы ТОиР направлены на обеспечение надежности функционирования средств транспорта при эксплуатации.

Анализ последних публикаций. Известно [1, 2], что средства автоматизации конструкторско-технологической подготовки широко применяются в машиностроительном производстве, но при этом в ТОиР практически не используются. Одной из причин такого положения является существование информационных разрывов между стадиями жизненного цикла [3]. Возможности традиционных математических моделей (ММ) объектов автоматизированного проектирования ограничены задачами конструкторско-технологической подготовки технологий изготовления. Таким образом, проблема разработки ММ с учетом задач анализа структурно-функциональных свойств изделий в области CALS-технологий является актуальной. При структурном моделировании используется математический аппарат теории множеств и теории графов [2, 4]. Однако его недостаточно для описания состояний изделий при восстановлении в ТС ТОиР, поскольку он не имеет средств описания разнообразных свойств объектов, изменяющихся во времени. Следовательно, предлагаемые ММ должны обеспечить возможность анализа этих свойств и выполнения технологических принципов проектирования (технологической преемственности, сохранения конструкторских и технологических баз и т.д.).

Постановка задач. Разработать методы структурно-функционального анализа при автоматизированном проектировании на основе системного моделирования объектов в ТС ТОиР.

Результаты исследований. Прежде всего, получило дальнейшее развитие понятие «системы» применительно к сложным, многофункциональным техническим объектам, в том числе таким, в жизненном цикле которых существуют этапы технического обслуживания, модернизации или ремонта для восстановления первоначального ресурса. Для формирования такого представления «системы», которое отвечает потребностям полных ММ, предлагается совокупность атрибутов по трем составляющим: иерархическим структурным уровням, множеству функций и временным полихромным и изохронным циклам. Взаимосвязь главных атрибутов системы выделяет ее ядро, которое расположено в центре. Ядро отвечает иерархическому уровню свойств системы и ее основным функциям в настоящем времени, а также определяет вид системы и задает тем самым ее основной отличительный признак.

Система позиционируется своим ядром в общей иерархии технических объектов, а её атрибуты связываются временами (стадиями в CALS-технологиях), функциональностью и внутренней иерархией. Благодаря этим отличиям описание системы становится более информативным, соответствует кластерам традиционных атрибутов технических объектов, которые рассматриваются как сложные системы в реальном, семиотическом и умственном пространствах. Часть атрибутов, которая относится к определению сферы применения и назначения технических объектов, может рассматриваться как внешняя. Функции, принципы действия, процессы, структуры и параметры являются внутренними атрибутами системы, соответствующими внешним атрибутам. Этим определяется главное свойство системы – ее целостность, обуславливается согласованность системы с надсистемою.

Для решения задач моделирования геометрических, геометрико-кинематических, динамических и других свойств с учетом обеспечения компьютерной реализации использовался аппарат многопараметрических отображений. Этот аппарат основан на наиболее общих в современной математике понятиях «множество» и «отображение». Прочностные, теплофизические, технологические и другие свойства моделировались многопараметрическими отображениями.

Уровни формализованного описания изделий соответствуют уровням абстрагирования при

моделировании (вербальное или графо-аналитическое описание) и формируют методы анализа:

1) размерно-структурный анализ для поверхностей требующих восстановления;

2) обеспечения технологической реализации, сохранения схемы базирования, технологической и конструкторской преемственности;

3) анализ маршрутов и операций по восстановлению в соответствии с принципами подобия, в частности, для реализации максимальной эффективности фирменных методов ремонта.

Для ММ используется графо-аналитическая форма с выделением описания функциональных свойств. По иерархическому описанию это может быть цепочка: «элемент поверхности»-«поверхность»-«деталь»-«сборочная единица»-«узел»-«агрегат»-«машина».

Для описания детали используется направленный граф

$$\vec{Det} = \langle P;\, r \rangle, \tag{1}$$

где $r = \{(p_i; p_j) \mid p_i,\, p_j \in P\} \subseteq P \otimes P$, $P = \{\, p_1,\, p_2, \ldots p_i \ldots p_n \}$ - множество элементарных поверхностей или функционально связанные сочетания поверхностей, которые составляют геометрическую модель детали.

Такая форма представления графа (1) применяется в тех случаях, когда необходимо отметить дополнительные характеристики по отрезкам линий, соединяющих вершины графа. Одним из основных аспектов моделирования сложных систем является отображение различных связей между элементами этих систем. Связь $\boldsymbol{r}$ определяется для смежных по расположению или последовательности обработки во времени, а также по функциональной предназначенности поверхностей [4].

Так, в методе структурно-функционального анализа свойств восстанавливаемых деталей используются положения теории графов о связности, инциденции, смежности и достижимости. Поскольку инциденция есть отношение принадлежности элемента одного множества $\boldsymbol{P}$ другому множеству $\boldsymbol{r}$, то матрица инциденции $\|\boldsymbol{q}_{i;j}\|$ должна быть прямоугольной, число строк которой равно мощности множества отношений $|\boldsymbol{r}|=\boldsymbol{m}$, а число столбцов - мощности множества вершин графа $|\boldsymbol{P}|=\boldsymbol{n}$.

При автоматизированном проектировании анализ матриц смежности и достижимости позволяет сделать выводы о структурно-функциональных свойствах технологических процессов изготовления и восстановления деталей, скорректировать конструкторско-технологическую подготовку ТОиР.

Выводы. Разработаны методы структурно-функционального анализа при автоматизированном проектировании в ТС ТОиР, учитывающие на основе системного построения полных ММ конструкторско-технологические ограничения. Полученные методы могут быть использованы для формализованного анализа в машиностроительном и машиноремонтном производстве.

Библиографический список использованной литературы

1. Информационно-вычислительные системы в машиностроении CALS-технологии / Ю.М. Соломенцев, В.Г. Митрофанов, В.В. Павлов, А.В. Рыбаков. – М.: Наука, 2003. – 292 с.

2. Дементьев Ю.В. САПР в автомобиле- и тракторостроении: учебник для студ. высш. учеб. завед. / Ю.В. Дементьев. Ю.С. Щетинин; под ред. Шарипова В.М. – М.: Издательский центр «Академия», 2004. – 224 с.

3. Говорущенко Н.Я. Системотехника транспорта (на примере автомобильного транспорта). Ч.1 / Н.Я. Говорущенко, А.Н. Туренко. – Харьков: РИО ХГАДТУ, 1998. – 255 с.

4. Цветков В.Д. Системно-структурное моделирование и автоматизация проектирования технологических процессов / Виктор Дмитриевич Цветков. – Минск: Наука и техника, 1979. – 264 с.

Поступила в редакцию 19.05.2013 г.

Дудукалов Ю.В. Методи структурно-функціонального аналізу при автоматизованому проектуванні в технологічних системах технічного обслуговування й ремонту засобів транспорту

Розглянуті особливості застосування методів структурно-функціонального аналізу графо-аналітичних математичних моделей в інформаційному забезпеченні технологічних систем технічного обслуговування та ремонту засобів транспорту.

Ключові слова: ефективність керування, математична модель, засоби транспорту, життєвий цикл, технологія ремонту, граф, інциденція, матриця.

Dudukalov Y. Methods of structural and functional analysis for computer aided design in technological systems maintenance and repair of transport

The features of the application of methods of structural-functional analysis of graph-analytical mathematical models in information security technology systems maintenance and repair of vehicles.

Keywords: the effectiveness of management, mathematical model, the means of transport, the life cycle of the technology of repair, count, incidence, matrix.