

УДК 629.114

Н.Э.Тернюк, Ю.В.Дудукалов

Харьковский национальный автомобильно-дорожный университет

## **ФОРМИРОВАНИЕ ПОЛНЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ ПОДГОТОВКИ ПРОЦЕССОВ РЕМОНТА АВТОТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ**

*В работе приведены принципы формирования полных информационных моделей восстанавливаемых автотранспортных средств на основе применения*

Ключевые слова: *информационная модель, жизненный цикл, технология восстановления, ремонт, полихроматическое множество, полихроматический граф.*

### Введение

Для повышения качества технического обслуживания и ремонта (ТОиР) автотранспортных средств необходимо построение организационной схемы функционирования ремонтных предприятий производить с учетом внедрения CALS-технологий (Continuous Acquisition and Life-cycle Support – непрерывная информационная поддержка жизненного цикла (ЖЦ) продукта) как информационной основы управления качеством ТОиР автотранспортных средств [1].

В этом смысле система управления качеством связана с внедрением CALS-технологий, а информация, используемая в конструкторско-технологической подготовке (КТП) производства и управления качеством продукции, должна быть представлена в форматах информационной модели (ИМ), которые согласованы с CALS-стандартами.

Для создания информационной модели (ИМ) в едином информационном пространстве (ЕИП) обычно применяются принципы методологии SADT, которая является основой языка представления данных EXPRESS и регламентирована стандартами ISO 10303.

При информатизации процессов ТОиР автотранспортных средств возникают дополнительные трудности, связанные с описанием изменяющихся во времени иерархических объектов. Для формирования их полных ИМ следует определить методы математического моделирования, отражающие специфику смыслового описания динамических процессов при функционировании сложных систем [2,3].

Таким образом, создание информационного обеспечения ЕИП процессов ТОиР и определение методов математического моделирования в области CALS-технологий остаётся актуальной проблемой.

### Анализ последних публикаций

Современные автотранспортные средства являются высокотехнологичной и наукоемкой продукцией. Для её автоматизированной КТП целесообразно использовать CAD-CAM-, PDM-, ERP-системы, входящие в объединяющее понятие CALS-технологий.

Обработка геометрической и технологической информации остаётся в наибольшей степени функциональным содержанием CAD-CAM-систем, развитие которых продолжается во многих исследованиях [2-5].

Стандартного набора функций типовой ERP-системы для решения задач управления ТОиР недостаточно. Применение специализированных систем класса CMMS не дает оценки реальных затрат эффективности. В то же время наиболее прогрессивные EAM-системы IFS Applications, оснащённые средствами OLAP, обеспечивают оперативный мониторинг процессов, но не обладают функциональными возможностями для выполнения КТП.

Эффективной системой комплексного компьютерного моделирования на всех этапах ЖЦ может стать ИСТРА (Иерархическая система трансляции), в которой математической основой является аппарат полихроматических множеств и полихроматических графов [2,5]. Но выполненные разработки в этой системе ориентированы исключительно на цикл технологий изготовления и не учитывают особенности КТП технологий ТОиР.

В специализированных программных продуктах EAM/MRO системы TRIM существуют отдельные решения для эффективной организации ТОиР, но отсутствует общая методологическая

основа для сквозной КТП. Полученные в системах SAP CRM-решения охватывают проблемы только оптимального управления сервисным обслуживанием автотранспортных средств.

#### Цель и задачи исследований

Целью исследования является определение методов формирования полных ИМ для выполнения КТП при ТОиР автотранспортных средств.

Для достижения указанной цели необходимо решить следующие задачи:

- установить состав полной ИМ для КТП с учетом процессов ТОиР;

- определить математические методы для формирования полной ИМ в соответствии с КТП ТОиР автотранспортных средств.

#### Моделирование свойств объектов ТОиР в ИМ

Эффективное математическое моделирование информационных объектов является важнейшим условием продуктивного функционирования автоматизированных систем КТП и включает совокупность математических методов, моделей и алгоритмов. Для автоматизированных систем проектирования в составе CALS-технологий математические модели информационных объектов должны быть интегрированы в полную ИМ изделия [2].

При проектировании основным результатом должен быть не только «традиционный» геометрический образ изделия, но и его полная ИМ, включающая для изделий, подлежащих ТОиР:

- во-первых, геометрические двух- и трехмерные представления поверхностей как образца изделия в целом, так и всех его компонентов;

- во-вторых, информационные описания изменения геометрии и свойств во времени под действием процессов изнашивания, динамические модели возникающих отказов и дефектов при эксплуатационных нагрузках, технологических методов восстановления работоспособного состояния и устранения дефектов на поверхностях деталей при ТОиР и т.д.

Обычно информационное моделирование рассматривается для изделий, в ЖЦ которых технологическая обработка выполняется однократно при изготовлении. Для автотранспортных средств характерно существование в ЖЦ чередующихся этапов эксплуатации и ТОиР, причем многократно повторяющихся. Возможны работы по модернизации изделий, что также связано с КТП для ремонтного производства.

Таким образом, ИМ должна учитывать возможность многократного проведения КТП на общей методологической основе. Причем в отличие от первоначального изготовления при восстановлении исходной будет не заготовка (поковка, штамповка или другая заготовка), а изделие после эксплуатации с различными дефектами.

ИМ объекта воспроизводит те его свойства, которые необходимы для выполнения ТОиР. ИМ должна обладать полнотой и содержать существенные сведения об изделии с учетом целей и содержания ТОиР. Формированию ИМ предшествует системный анализ для выделения существенных частей, свойств объекта и связей между ними с учетом конкретной цели КТП в процессе ТОиР. В зависимости от цели КТП ИМ одного и того же объекта может быть различной.

В ЕИП автомобилестроительных и авторемонтных предприятий Е-сущности – это изделия этих производств, т.е. автотранспортные средства, их узлы, агрегаты, детали, поверхности деталей и конструктивные элементы. Е-сущности обладают свойствами, их может быть бесконечно много. В системологии абстрактный образ свойства устанавливается переменными, имеющими множество его проявлений [2].

#### Математические методы формирования ИМ изделий в системах ТОиР

Основной информацией об изделии, как объекте производства и ремонта, является геометрическая информация об изделии в целом, о деталях, их поверхностях и характеристиках взаимного расположения, о всех изменениях в процессе эксплуатации, возникающих дефектах и способах их устранения. Поэтому ИМ изделия должна содержать полный объем такой информации, а средства САПР должны обеспечить её обработку и преобразование.

При концептуальном моделировании ЕИП необходимо для формирования ИМ сформировать каноническую структуру информационной базы. В рамках системологического подхода автотранспортные средства, их узлы, агрегаты и детали представляют собой технические системы.

При формировании математических описаний для составляющих полной ИМ используются ПС-графы и ПС-множества [5], в которых понятие «цвет» является универсальным, задающим

различные характеристики описанием. Таким образом, изменение «цвета» отражает динамические свойства моделей, связанные с эксплуатационными воздействиями и возникновением дефектов, указывает на изменение свойств элементов, определяет возможности применения технологий ТОиР. Формирование полной ИМ выполняется на основе ПС -графа с унитарной раскраской  $F(D)$ , вершины которого являются полихроматическим множеством

$$\dot{I} S = (dF(d), F(D), [D \times F(d)], [D \times F(D)], [A \times A(F)]) ,$$

где  $D = \langle d_1, \dots, d_i, \dots, d_n \rangle$  - множество элементов, характеризующих структуру технической системы;  $F(d)$  - множество персональных цветов вершин;  $F(D)$  - множество унитарных цветов;  $[D \times F(d)]$  - булева матрица персональных цветов отдельных вершин;  $[D \times F(D)]$  - булева матрица персональной раскраски вершин, совпадающих с унитарным цветом  $F(D)$ ;  $[A \times A(F)]$  - булева матрица определения существования унитарных цветов.

Например, ПС-множество, формирующее ИМ детали при ТОиР, включает множество унитарных цветов  $F(D) = (F_1, \dots, F_j, \dots, F_m)$ :  $F_1(D)$  - новая деталь, соответствующая техническим требованиям;  $F_2(D)$  - годная деталь после эксплуатации;  $F_3(D)$  - непригодна к эксплуатации, но возможно её восстановление;  $F_4(D)$  - брак, деталь подлежит утилизации. Множество персональных цветов  $F(d) = (F_1, \dots, F_j, \dots, F_m)$  включает идентификацию свойств отдельных элементов детали:  $F_1(d)$  - соответствует первоначальным техническим требованиям;  $F_2(d)$  - допускается к эксплуатации при существующих изменениях;  $F_3(d)$  - не допускается к эксплуатации.

Идентификация конкретной детали выполняется с учетом конъюнктивной связи персональных и унитарных цветов в виде булевых матриц и определяется их соотношение в ИМ.

#### Выводы

1. Установлен состав полной ИМ для КТП с учетом процессов ТОиР автотранспортных средств, включающий конструкторскую, технологическую и эксплуатационную информацию.

2. Для формирования полных ИМ для сквозной КТП целесообразно использовать полихроматические ПС-графы и ПС-множества, удовлетворяющие требованиям информационного обеспечения процессов ТОиР.

1. Говорущенко Н.Я., Туренко А.Н. Системотехника транспорта (на примере автомобильного транспорта): В двух частях: Часть 1. – Харьков: РИО ХГАДТУ, 1998. – 255 с.
2. Информационно-вычислительные системы в машиностроении CALS-технологии /Ю.М. Соломенцев, В.Г. Митрофанов, В.В. Павлов, Л.В. Рыбаков. – М.: Наука, 2003.- 292 с.
3. Судов Е.В. Интегрированная информационная поддержка жизненного цикла машиностроительной продукции. Принципы. Технологии. Методы. Модели. – М.: ИД «МВМ», 2003. – 264 с.
4. Шерстобитова В.Н. Алгоритмы интеграции систем автоматизации конструкторского и технологического проектирования: Дис. канд. техн. Наук. – Оренбург, 2004. – 165 с.
5. Павлов В.В. Структурное моделирование в CALS-технологиях. –М: Наука, 2006. –307 с.