

РАЗРАБОТКА ФУНКЦИОНАЛЬНОЙ СХЕМЫ ПРОГРАММНОГО КОМПЛЕКСА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО РАСПОЗНАВАНИЯ КТЭ

© 2018 И.А. Зинатуллин, Д.С. Горяинов

Самарский государственный технический университет

Статья поступила в редакцию 25.06.2018

В статье приводятся результаты разработки функциональной схемы программного комплекса автоматизированного распознавания КТЭ. Определены этапы и основные модули программного продукта, реализующего функционал автоматизированного распознавания КТЭ с применением нейронных сетей. Приведён перечень КТЭ, распознавание которых, является задачей программного комплекса.

Ключевые слова: программный комплекс, САПР, конструкторско-технологический элемент, современные интегрированные системы, технологическая операция, обработка элементарных поверхностей.

ВВЕДЕНИЕ

Задача представления модели продукта производства (ПП) в виде ограниченного набора конструкторско-технологических элементов (КТЭ) (формирование технологического описания ПП) является важнейшей задачей создания полноценной интеграции между конструкторским САПР (САПР К) и генеративными САПР технологических процессов (САПР ТП). Интегра-

электронной геометрической модели в форме электронной модели изделия (ЭМИ), описанной набором КТЭ, реализуется с помощью теоретических основ метода автоматизированного распознавания (АР) КТЭ, формализованных в виде функциональных схем программного комплекса.

Для определения места программного комплекса в структуре современных интегрированных САД/САРР систем на рис. 1 представлена его функциональная схема.

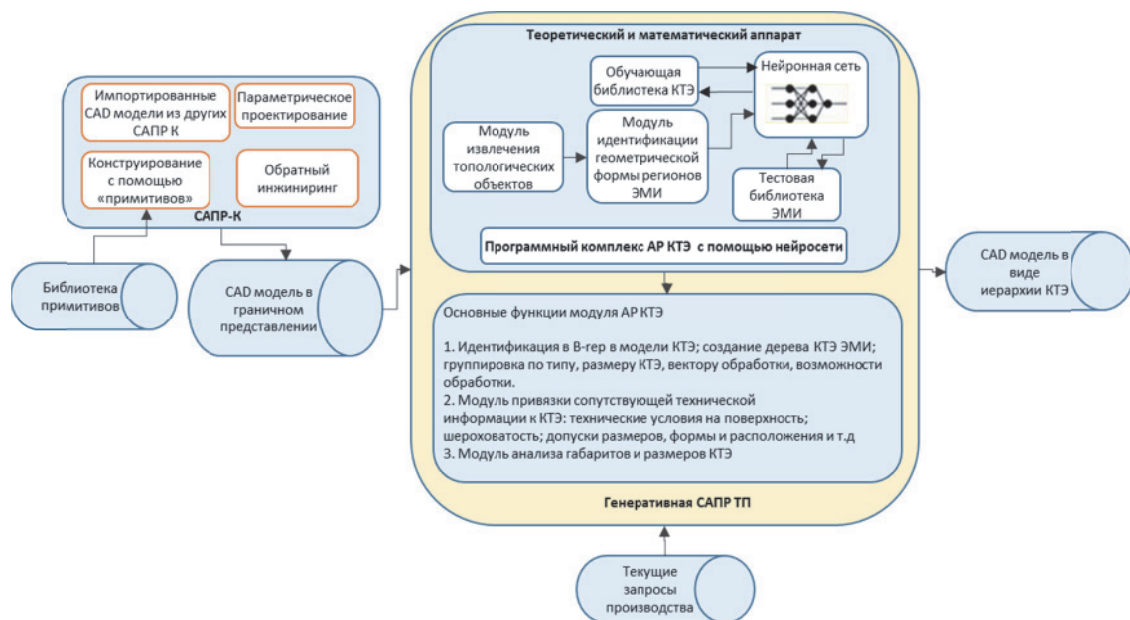


Рис. 1. Место программного комплекса в интегрированных САПР К и САПР ТП

ции, как процесса, позволяющего полноценно воспринять информацию созданной конструктором на этапе проектирования в САПР К генеративными САПР ТП. Функция представления

*Зинатуллин Ильдар, аспирант. E-mail: tms@samgtu.ru
Горяинов Дмитрий Сергеевич, кандидат технических наук, доцент кафедры «Технология машиностроения». E-mail: tms@samgtu.ru*

В САПР-К ЭМИ ПП проектируется конструктором с позиции выполнения ею своего служебного назначения посредством элементарных поверхностей и их сочетании (опорные торцы цилиндрические вала, стенки паза и т.д.). В САПР-ТП синтеза единичного маршрутного ТП на основе конструктивно-технологических параметров ПП состав (содержание) технологической

операции формируется из списка типовых технологических переходов обработки элементарных поверхностей (ЭП) ЭМИ и их типовых сочетаниях (КТЭ: паз, отверстие, карман, ступень, и т.д.).

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

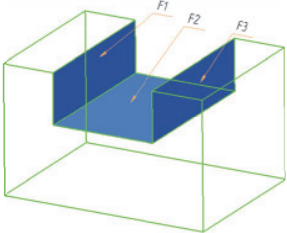

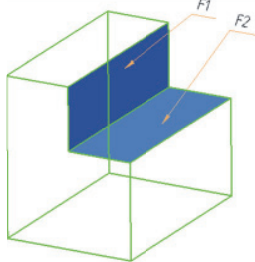

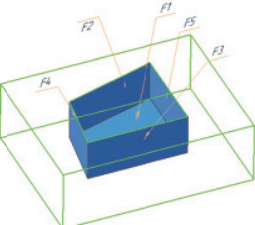
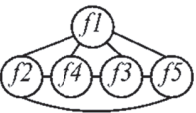
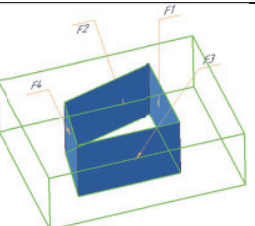
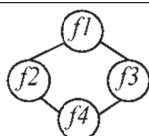
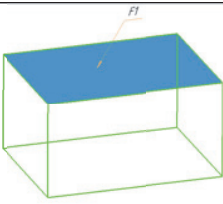

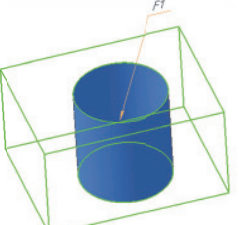

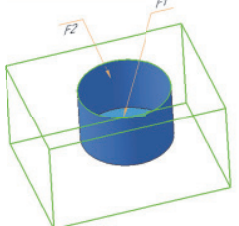

Высокоавтоматизированные системы САПР ТП механообработки синтеза ТП на основе конструкторско-технологических параметров ПП предусматривают генерацию проектных ТР получения структуры ТП на базе геометрических и технологических моделей ПП, роль которой в современных условиях выполняет ЭМИ [1, 2, 3]. Принятие проектных ТР по получению первич-

ной структуры ТП возможно при представлении ЭМИ в виде множества КТЭ. КТЭ представляют собой сочетание различных типов ЭП ЭМИ, скомпонованных в группы по принципу общности технологии их формообразования.

Каждому КТЭ соответствует ограниченное количество методов его формообразования, выполняющихся режущим инструментом (РИ) (или несколькими РИ) для достижения заданных параметров качества и точности обрабатываемых поверхностей. Формирование поверхностей КТЭ осуществляется за счет движения РИ по заданной траектории, что обеспечивает последовательный процесс получения требуемых геометрических форм и размеров изготавливаемой детали [4, 5].

Таблица 1. Начальные КТЭ

Идентификатор КТЭ	Изображение КТЭ	Примерные технологические методы обработки	Описание
сквозное отверстие		фрезерование концевое фрезерование цилиндрическое шлифование сверление, рассверливание зенкерование, развертывание расточивание	
глухое отверстие		фрезерование концевое фрезерование цилиндрическое шлифование сверление, рассверливание зенкерование, развертывание расточивание	
ступень		фрезерование концевое фрезерование цилиндрическое шлифование	
карман		фрезерование концевое фрезерование цилиндрическое шлифование	карман – это отрицательный объем, который пересекается с предыдущим телом лишь один раз.
сквозной карман		фрезерование концевое фрезерование цилиндрическое шлифование	
опорная плоскость		фрезерование концевое фрезерование цилиндрическое протягивание шлифование строгание	
паз		фрезерование концевое фрезерование цилиндрическое протягивание шлифование строгание	

Наименование КТЭ	Визуальное представление КТЭ на геометрической модели	Гроне-рёберный граф связности	Примерные технологические методы обработки
Паз			Фрезерование концевое Фрезерование цилиндрическое Протягивание Шлифование Строгание
Ступень			Фрезерование концевое Фрезерование цилиндрическое Шлифование
Карман			Фрезерование концевое Фрезерование цилиндрическое Шлифование
Сквозной карман			Фрезерование концевое Фрезерование цилиндрическое Шлифование
Опорная плоскость			Фрезерование концевое Фрезерование цилиндрическое Протягивание Шлифование Строгание
Отверстие сквозное			Фрезерование концевое Фрезерование цилиндрическое Шлифование Сверление, рассверливание Зенкерование, развертывание Растачивание
Отверстие глухое			Фрезерование концевое Фрезерование цилиндрическое Шлифование Сверление, рассверливание Зенкерование, развертывание Растачивание

Процесс формообразования КТЭ образует множество технологических переходов, выполняющихся раздельно, последовательно или одновременно и являющихся элементарными структурными единицами ТП. Также процесс образования переходов подразумевает соответствующее технологическое оснащение: РИ, оснастку и т.п.

Каждый КЭ отражает часть геометрической формы конструкции изделия и представляет собой сочетание ЭП (реже одиночную ЭП) в совокупности позволяющих изделию выполнять свои служебные функции. Инженер-конструктор при конструировании изделия закладывает для каждого КЭ определенные задачи по участии данного структурного элемента в рабочем процессе при функционировании детали в сборочной единице, узле, изделии. В дальнейшем предполагается использовать КЭ для отражения характеристик геометрической формы структуры элементов ЭМИ, из которых она состоит.

Задача автоматизированного распознавания КТЭ в ЭМИ требует перехода на уровень элементарных структурных элементов КТЭ (ЭП и их сочетании в совокупности образующих КЭ) и последующего математического описания геометрической формы КТЭ на базе ЭП. Формализация знаний о форме КЭ позволяет создать базу знаний (шаблонов) для реализации на ее базе процесса автоматизированного распознавания КТЭ. КЭ образует определенную геометрическую форму из ЭП, имеющих взаимоотношения смежности между собой с наложенными ограничениями.

Математическое представление КТЭ можно, в общем, представить следующим образом:

$$F_F = (f_1 \cup f_2 \cup \dots \cup f_i) \cup (A_1 \cup A_2 \cup \dots \cup A_n) \cup (C_1 \cup C_2 \cup \dots \cup C_m) = \\ = (\cup_{i=1}^n f_i) \cup (\cup_{j=1}^n A_j) \cup (\cup_{k=1}^m C_k),$$

где f_i – ЭП являющееся элементарным структурным элементом КЭ; A_j – отражает характеристики смежности между двумя ЭП (гранями), которые связаны между собой через выпуклое или вогнутое ребро соответственно; C_k – отражает характер наложенных ограничений между ЭП КЭ.

Предлагаемая концепция автоматизированного распознавания КТЭ является подсистемой САПР синтеза ТП и предусматривает разработку методики, обеспечивающей автоматизированное формирование иерархии КТЭ – исходного материала для автоматизированного формирования состава (содержания) технологической операции инвариантно к классу ПП [6].

Важным параметром, позволяющим в последующем оценить количественные параметры распознанного КТЭ такие как глубина, ширина, высота и т.п. и, тем самым, перейти к автоматизированной оценке способа машинной обработки данного региона детали является определение грани основания. Грань основания

– это грань, задающая нормаль инструмента при обработке КТЭ.

Выделим основные эвристические характеристики, позволяющие распознать грань основания во множестве граничного представления ЭМИ и использовать данные знания для КТЭ:

- Грань основания в КТЭ может быть только одна.
- Грань основания для каждого типа КТЭ имеет свой тип (плоская, цилиндрическая и т.п.).
- Грань основания КТЭ полностью доступна (открыта) для подхода режущего инструмента в направлении нормальном базовой грани.

1. Последовательность выполнения основных функций комплекса АР:

2. Разбор геометрической модели, сохранённой в любом формате граничного представления, на топологические объекты (геометрические примитивы) и нумерации элементов (поверхностей) модели.

3. Идентификация КТЭ (см. табл. 1) из одиночных геометрических примитивов, либо сочетания геометрических примитивов. Распознанные КТЭ записываются в БД.

Производится распознавание технических условий по поверхности (допуски размеров, формы и расположения, шероховатость и т.п.). Полученные данные дополняют БД или отправляются в дополнительные БД.

Для реализации алгоритмов воспользуемся развитыми возможностями программного продукта Siemens NX, модуля UG/OpenAPI, реализованного на принципах открытой архитектуры и предоставляющего доступ к объектам геометрической модели для программных приложений разработчиков или программ отдельных пользователей. UG/Open даёт возможность программным способом создавать геометрические модели, получать информацию об объектах, формировать сборки, генерировать чертёжную документацию и т. д. Практически все функциональные возможности NX, доступные пользователю при интерактивном взаимодействии с системой, реализуемы посредством функций API.

В зависимости от способа построения программа пользователя может выполняться как внешнее или как внутреннее приложение. В первом случае программа запускается средствами операционной системы как независимое приложение или как процесс, порожденный NX. Так как внешнее приложение не имеет средств графического вывода, ему доступны функции вывода на печатающие устройства и формирования CGI-файла. Во втором случае программа может быть запущена только из текущей сессии NX. Она загружается в пространство процесса и может быть остановлена только соответствующими командами API, а все результаты работы программы отображаются в графическом окне NX.

Создание собственного внутреннего приложения задача нетривиальная, и требует определенных усилий. В частности, файл с программным кодом создаётся в среде Microsoft Visual C++ с использованием шаблона для создания модулей NX. Шаблон поставляется вместе с дистрибутивом программы NX и в принципе доступен.

Для создания нового проекта в среде Visual C++, организуются необходимые диалоговые окна, выбирается тип приложения (внутреннее или внешнее) и язык (C/C++). Затем выбирается точка входа в приложение (автоматически при запуске программы, ручной запуск, определённое действие пользователя) и способ завершения (вместе с NX, завершение по требованию). Документация по функциям библиотек UG/Open поставляется с дистрибутивом NX.

В случае если тип приложения – внутренний, точка запуска – вручную, то после компиляции программы получаем файл *.dll. Для запуска приложения из среды NX необходимо в меню «Файл –> Выполнить –> Функция пользователя» выбрать нужный файл.

Таким образом, разработана функциональная схема автоматизированного распознавания топологических объектов ЭМИ (ребра, вершины, грани, петли) на основе граничного пред-

ставления. Предлагаемая схема ориентирована на поддержку процессов распознавания путем применения инструментов анализа к топологическим объектам.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кондаков А.И. САПР технологических процессов. М.: Академия, 2007. 272 с.
2. Митрофанов В.Г. Калачев О.Н., Схиртладзе А.Г. САПР ТП в технологии машиностроения. Ярославль: 1995. 298 с.
3. W.D. Li, S.K. Ong, A.Y.C. Nee. Integrated and collaborative product development environment. World Scientific Publishing Co Pte Ltd (27 Mar 2006), 348 pp.
4. Regli W.C. Feature Recognition and Process Planning. URL: <http://www-pal.usc.edu/~jan/gnc.html> (дата обращения 14.06.2018).
5. Butterfield.W Feature Recognition for Manufacturing Automation in Unigraphics NX CAM. URL: <http://newsletter.plmworld.org/archive/Vol3No3> (дата обращения 14.06.2018).
6. Носов Н.В., Черепашков А.А., Горяинов Д.С., Хрустицкий К.В. Комплексная автоматизация машиностроительного проектирования и производства при программном базировании деталей на станках с ЧПУ. Известия Самарского научного центра РАН. 2016. Т. 18. № 4(2). С. 316-320.

THE DEVELOPMENT OF THE FUNCTIONAL SCHEME OF SOFTWARE FOR AUTOMATED FEATURE RECOGNITION

© 2018 I.A. Zinnatullin, D.S. Goryainov

Samara State Technical University

The article presents the results of the development of a functional scheme of the software complex automated feature recognition (AFR). The stages and main modules of the software product that implements the functionality of AFR with the use of neural networks are defined. The list of features, recognition of which is the task of the software complex, is given.

Keywords. Software, CAD, design and technological element, modern integrated systems, technological operation, processing of elementary surfaces.

Ildar Zinnatullin, Postgraduated Student.

E-mail: tms@samgtu.ru

Dmitry Goryainov, Candidate of Technics, Associate Professor at the Technology of Mechanical Engineering Department.

E-mail: goryainovd@yandex.ru