

---

---

# ГРУППИРОВАНИЕ ДЕТАЛЕЙ И РАЗРАБОТКА УПРАВЛЯЮЩИХ ПРОГРАММ

---

---

УДК 004.89: 002.53

Е. И. Яблочников, В. И. Молочник, В. С. Гусельников

## МЕТОД РАЗРАБОТКИ ГРУППОВЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ДЛЯ ОБОРУДОВАНИЯ С ЧИСЛОВЫМ ПРОГРАММНЫМ УПРАВЛЕНИЕМ

Рассматривается метод групповых технологических процессов с использованием процедур САМ-системы с применением механизма, основанного на принципах нечеткой логики для формирования групп деталей. Рассматривается возможность создания шаблонов из набора процедур САМ-системы для создания групповой управляющей программы.

*Ключевые слова:* групповой технологический процесс, САМ-система.

Использование групповых технологических процессов (ТП) в производстве обеспечивает снижение затрат на разработку индивидуальных ТП, позволяет сокращать сроки технологической подготовки производства [1]. Однако разработка ТП для оборудования с ЧПУ имеет существенную специфику, связанную с необходимостью детализации всех перемещений инструмента до уровня управляющей программы. В связи с этим в условиях постоянно возрастающей роли оборудования с ЧПУ актуальность приобретают вопросы построения групповых ТП, учитывающих специфику и возможности данного класса оборудования.

Как было показано в работе [2], групповой операционный ТП для станка с ЧПУ может быть представлен некоторым параметризованным технологическим шаблоном (темплейтом) в среде САД/САМ-системы. Этот шаблон строится как последовательность технологических процедур, в которых обрабатываемая геометрия соответствует тому или иному элементу предварительно созданной трехмерной модели комплексной детали (или, более строго, детали-операции). При разработке индивидуального ТП для конкретной детали с использованием шаблона, параметры ТП конкретизируются, из списка процедур исключаются избыточные (если таковые имеются).

Несмотря на универсальность предложенный метод имеет два существенных недостатка. Первый из них заключается в необходимости „прямого просмотра“ последовательности процедур и удаления лишних из списка. Более удобно было бы иметь возможность указывать на наличие или отсутствие тех или иных геометрических элементов комплексной детали, а не анализировать набор процедур. Второй недостаток заключается в строгой линейности списка процедур и отсутствии возможности выбрать ту или иную процедуру в зависимости от некоторого условия. Это может приводить к созданию большого числа групповых ТП вместо того, чтобы объединить эти групповые ТП в один и обеспечить технологу более высокий уровень удобства при работе со средствами автоматизации.

Причины обоих недостатков кроются в том, что в предлагаемом методе возможности построения групповых ТП ограничены свойствами САД/САМ-системы (точнее, ее

САМ-подсистемы). Эти свойства позволяют строить только линейные последовательности процедур и не позволяют строить иерархические или сетевые структуры.

В условиях создания автоматизированных систем технологической подготовки производства (АСТПП), которые строятся на базе не только САД/САМ-систем, но и PDM-систем [3], указанные выше недостатки могут быть устранены за счет использования возможностей PDM-системы, а также других видов современного программного обеспечения.

Прежде чем переходить к построению групповой ТП в среде PDM-системы, приведем два примера, иллюстрирующие возможность выбора той или иной процедуры.

1. Пусть на комплексной детали, предназначенной для токарной обработки, имеется канавка, ее форма может быть разной, и для обработки канавки требуются различные процедуры. В простейшем случае это может быть обработка путем перемещения канавочного резца соответствующих размеров в направлении, перпендикулярном оси вращения шпинделя. В другом случае может понадобиться процедура точения, в третьем — обработка разных частей канавки двумя инструментами. Если связывать групповой ТП с видом обработки, то пришлось бы создавать несколько комплексных деталей, имеющих по существу однотипную геометрию.

2. В детали существует геометрическая зона обработки, называемая поверхностным колодецом. Это колодец, ограниченный сверху замкнутым контуром и образованный набором 3D-поверхностей. В зависимости от характера поверхностей могут потребоваться существенно различные последовательности процедур фрезерной 3D-обработки колодца. Так, САД/САМ-система Cimatron E содержит целый ряд процедур черновой, получистовой и чистовой обработки, связанных с характером и особенностями поверхностей. Например, существуют специальные процедуры обработки поверхностей, близких к вертикальным или горизонтальным. Здесь деление по видам обработки привело бы к созданию целого ряда комплексных деталей, имеющих поверхностные колодцы с теми или иными особенностями.

Групповой ТП в среде PDM-системы строится, как и в случае его построения в среде САД/САМ-системы, с учетом предварительно созданной комплексной детали. Однако комплексная деталь при этом обладает значительно более высокой степенью общности, так как учитывает в основном лишь геометрическое подобие деталей, входящих в группу, а не особенности обработки тех или иных геометрических элементов.

Различные варианты последовательностей процедур обработки, входящих в данную группу, создаются средствами САД/САМ-системы в виде технологических шаблонов и сохраняются в отдельных файлах. Выбор того или иного файла в зависимости от особенностей конкретной детали осуществляется специальной программой, написанной на языке API используемой PDM-системы — так называемым „технологическим решателем“ (ТР), который опирается на использование базы производственных правил „ЕСЛИ <условие>, ТО <решение>“, где в качестве условий фигурируют параметры детали, а в качестве решений — выбор той или иной схемы обработки.

Параметры детали могут носить как количественный, так и качественный характер. Их значения поступают в ТР путем специально организованного диалога с технологом или определяются за счет автоматического анализа 3D-модели конкретной детали (если возможность проведения такого анализа существует).

При составлении базы правил могут возникать ситуации, когда нужно принимать решение в условиях частичной неопределенности. Например, трудно однозначно определить, что считать „поверхностью, близкой к вертикальной“. В таких ситуациях представляется перспективным использование нечетких знаний, имеющих вид правил нечетких продукций: „ЕСЛИ <нечеткое условие>, ТО <нечеткое заключение>“ [4, 5]. Здесь нечеткое условие и нечеткое заключение представляют собой так называемые нечеткие высказывания, степень

истинности которых определяется значением из интервала действительных чисел  $[0, 1]$ . Это позволяет формально описывать ситуации с неопределенностью, что применительно к задаче группирования означает возможность описания групп с нечеткими границами.

База правил, используемая в ТР для выбора того или иного технологического решения, может включать в себя два раздела — обычные производственные правила и нечеткие правила. Работа с нечеткими правилами требует использования механизмов нечеткого логического вывода, которые могут быть созданы с применением соответствующих инструментальных средств [5].

Таким образом, структура группового ТП описывается совокупно составом шаблонов, логикой ТР и содержанием баз правил. Схема предлагаемой организации групповых ТП обработки деталей на станках с ЧПУ представлена на рис. 1.

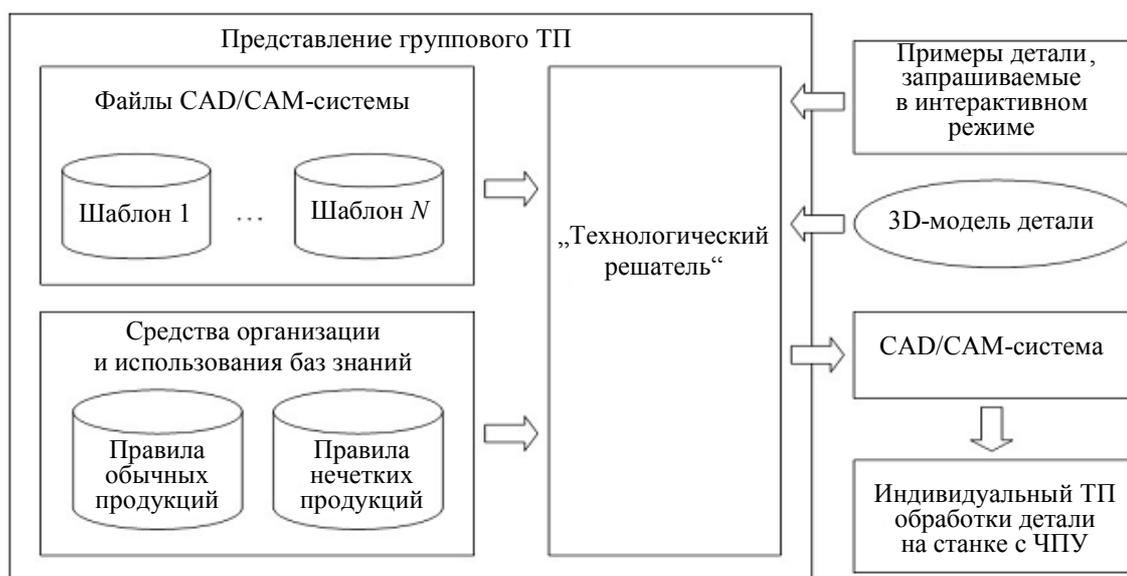


Рис. 1

Создаваемые комплексные детали и соответствующие им групповые ТП обработки заготовок деталей на станках с ЧПУ интегрируются в состав АСТПП, которая обеспечивает также организацию библиотек комплексных деталей и соответствующих им групповых ТП, поддержку механизмов просмотра и выбора комплексной детали, использование групповых ТП в процессе функционирования САПР ТП. Комплексная деталь может быть представлена в виде графического изображения, которое технолог сопоставляет с реальной деталью, подлежащей изготовлению на станке с ЧПУ. Путем такого сопоставления технолог определяет, принадлежит реальная деталь (РД) группе, которую представляет комплексная деталь (КД), или нет. Данное графическое изображение может рассматриваться как „внешнее“ представление комплексной детали, тогда как ее „внутренним“ представлением является описанная в шаблонах совокупность параметризованных геометрических объектов.

Алгоритм использования группового ТП для проектирования индивидуального ТП обработки детали на станке с ЧПУ приведен на рис. 2.

Часть параметров обработки, определяемых базой знаний, может использоваться в „технологическом решателе“, а часть — передаваться в CAD/CAM-систему. При этом способ передачи параметров в CAD/CAM-систему зависит от возможностей используемой системы. Если система допускает прием и подстановку значений параметров обработки, то передача параметров происходит в автоматическом режиме. В противном случае ТР формирует таблицу с именами и значениями параметров, которая просматривается технологом при работе с

CAD/CAM-системой в специальном окне. Перенос значений параметров из таблицы в CAD/CAM-систему может осуществляться путем копирования.

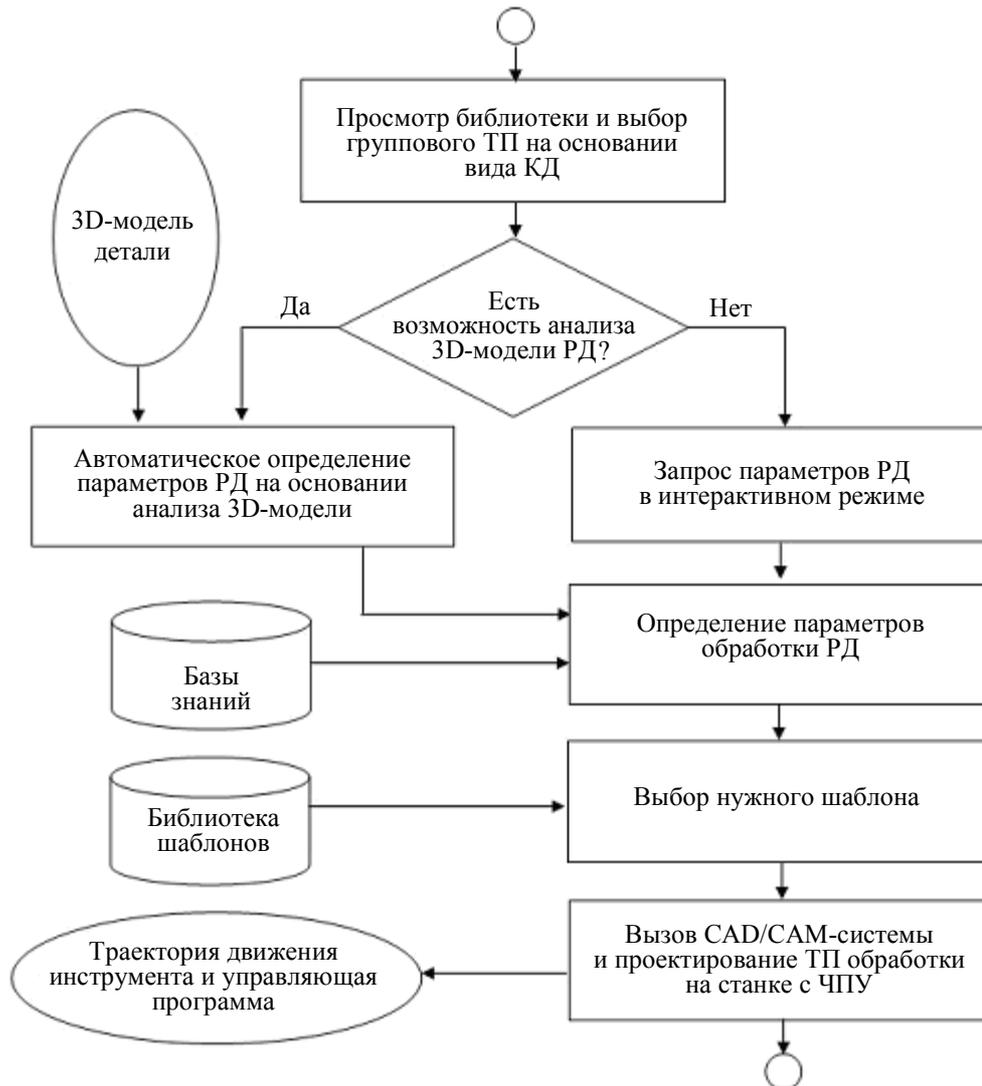


Рис. 2

Предлагаемое „расширенное“ представление группового ТП, в сравнении с его представлением лишь средствами CAD/CAM-системы, не только позволяет оптимизировать состав библиотеки групповых ТП, но и существенно облегчает как процесс использования этой библиотеки, так и процесс создания комплексных деталей. Предлагаемый метод позволяет производить отбор деталей в группу (которая будет представлена комплексной деталью) на основании общности их геометрических характеристик, не анализируя при этом возможные варианты обработки тех или иных геометрических элементов. Дополнительным преимуществом метода является представление технологических знаний в виде баз правил, которые при необходимости могут быть использованы в нескольких групповых технологических процессах.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Митрофанов С. П., Куликов Д. Д., Миляев О. Н., Падун Б. С. Технологическая подготовка гибких производственных систем. Л.: Машиностроение, 1987. 352 с.
2. Пелипенко А. Б. Исследование и разработка методов решения задач конструкторско-технологической подготовки производства предприятий машино- и приборостроения в условиях применения CAD/CAM-систем. Дис. ... канд. техн. наук. СПб: СПбГИТМО (ТУ), 1998. 168 с.

3. Зильбербург Л. И., Молочник В. И., Яблочников Е. И. Информационные технологии в проектировании и производстве. СПб: Политехника, 2008. 304 с.
4. Гаврилова Т. А., Хорошевский В. Ф. Базы знаний интеллектуальных систем. СПб: Питер, 2000. 384 с.
5. Леоненков А. В. Нечеткое моделирование в среде MATLAB и fuzzyTECH. СПб: БХВ-Петербург, 2005. 736 с.

**Сведения об авторах**

- Евгений Иванович Яблочников** — канд. техн. наук, доцент; Санкт-Петербургский государственный университет информационных технологий, механики и оптики, кафедра технологии приборостроения; E-mail: [ej@mail.ifmo.ru](mailto:ej@mail.ifmo.ru)
- Виктор Иосифович Молочник** — канд. техн. наук; СП ЗАО „Би Питрон“, Санкт-Петербург; заместитель директора по научной работе; E-mail: [vimol@bee-pitron.spb.su](mailto:vimol@bee-pitron.spb.su)
- Владимир Сергеевич Гусельников** — аспирант; Санкт-Петербургский государственный университет информационных технологий, механики и оптики, кафедра технологии приборостроения; E-mail: [guselnikov@rambler.ru](mailto:guselnikov@rambler.ru)

Рекомендована кафедрой  
технологии приборостроения

Поступила в редакцию  
14.12.09 г.