

где

$$D = A_2^2 - 4 \cdot C_2 \cdot \alpha_1 \cdot E \cdot i_2.$$
$$\sigma_2 = \frac{\pi_2 - Y(\alpha_1 - \alpha_2)}{i_2}.$$
(10)

Если ограничение нарушается на третьем (завершающем) этапе рабочего цикла (рис. 4), то следует несколько уменьшить  $\alpha_R$  (на  $\Delta\alpha_R$ ).

Решение задачи в целом получаем методом итераций, т.е. если после первого уменьшения  $\pi_1$  ( $\alpha_R$ ) ограничение производительности на втором (третьем) этапе рабочего цикла все же нарушается, то процедура повторяется до тех пор, пока не будет обеспечено требование ограничений.

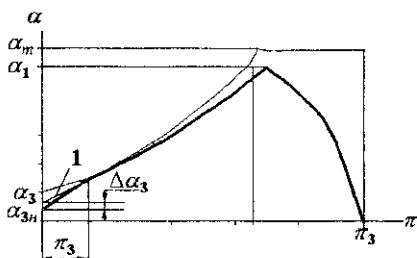


Рис. 4. Схема изменения фактической глубины шлифования ( $\alpha_{3ф}$ ) после коррекции параметров управления для предотвращения нарушения ограничения по шероховатости

#### Литература

1. Махаринский, Е.И. Технологические основы управления процессом шлифования / Е.И. Махаринский. — М.: СНИО СССР, 1990. — 53 с.
2. Михелькевич, В.Н. Автоматическое управление шлифованием / В.Н. Михелькевич. — М.: Машиностроение, 1975. — 304 с.
3. Яцерицын, П.И. Модели ограничений производительности при плоском врезном шлифовании / П.И. Яцерицын, Е.И. Махаринский, Ю.Е. Махаринский // Вестні Акадэміі навук Беларусі, серыя фізіка-тэхнічных навук. — № 3. — 1997. — С. 31 — 34.

УДК 658.51:621.81

### СИСТЕМА ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ СИНТЕЗА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ИЗГОТОВЛЕНИЯ НЕТИПИЗИРОВАННЫХ ДЕТАЛЕЙ

Н.В. Беляков

УО «Витебский государственный технологический университет»

**Введение.** Одним из направлений развития технологической подготовки машиностроительного производства Республики Беларусь в условиях рыночных отношений и растущей конкуренции является автоматизация

проектирования изделий и технологических процессов их изготовления. В настоящее время в машиностроении находят применение системы автоматизированного проектирования технологических процессов (САПР ТП) двух видов: 1) системы адресации (УИ «Институт Белоргстанкинпром» (САПР ТИ), СПРУТ (GTP, САПР ТП), T-FLEX (ТЕХНОПРО) и др.); 2) диалоговые системы («Интермех» (Techcard), КОМПАС (АВТОПРОЕКТ, Вертикаль), Consistent Software (TechnologiCS, FOBOS) и др.). Первые разработаны для деталей типа тел вращения и планок на базе комплексного ТП на типовые детали. Вторые могут быть использованы и для нетипизированных деталей (классов «корпус», «некруглые стержни» и др.) но только достаточно опытным технологом. С их помощью технолог, используя опыт и интуицию, может выбрать из базы данных текст переходов, оборудование и т.д., нормировать расход времени и материала, рассчитать режимы резания. Однако эти системы не позволяют для указанных деталей в автоматизированном режиме назначать технологические базы, порядок обработки поверхностей, порядок смены баз внутри этапов типовой схемы механической обработки, выдавать задание на проектирование (выбор станочных приспособлений).

**Результаты.** Для решения задачи создания *конструктивно-технологической модели* детали классов «корпус» и «некруглые стержни» предлагается представлять в виде набора функциональных модулей (ФМ), технологических регламентов их обработки, характеристик их элементов (внутренних показателей), а также структуры размерных и угловых связей между ФМ (внешних показателей).

На основе проведенного анализ чертежей деталей, а также технологических процессов их механической обработки в конструкторских и технологических бюро станкостроительных заводов Витебской области ОАО «ВИЗАС», РУП «ВИСТАН» (г. Витебск), РУПП «Красный борец» (г. Орша), а также витебского завода тракторных запасных частей (РУП «ВЗТЗЧ») предложены принципы классификации и классификаторы ФМ деталей классов «корпус» и «некруглые стержни» низких рангов; на теоретико-множественном уровне разработан формат представления детали в задаче автоматизации проектирования технологии ее механической обработки; выделен ряд классификационных множеств ФМ по служебному назначению; определено порядка 1100 частных элементов (функциональных модулей) различных классификационных множеств. Комплексование частных ФМ по конструктивному и технологическому признаку позволило разработать иллюстрированный классификатор комплексных ФМ деталей классов «корпус» и «некруглые стержни» по служебному назначению. Частные модули формируются методом адресации.

Хранение информации о *внутренних показателях* ФМ внутри этапов (предварительный, чистовой, отделочный) обработки предлагается осуществлять в виде базы данных соответствующего формата. Оперирование с *внешними параметрами* предлагается осуществлять с помощью неориентированных графов типа дерева обозначений размерных связей главных поверхностей ФМ в трех координатных направлениях (матриц смежности)  $R_{(x,y,z)} = (\bar{N}, V)$  и ориентированного графа угловых расположений (матриц инцидентности)  $U = (\bar{N}, Y)$ , где  $\bar{N} = \{\bar{n}_1, \bar{n}_2, \dots, \bar{n}_m\}$   $|\bar{N}| = m$  – множество вершин (главных поверхностей ФМ). Множество линейных размеров, соединяющих любые пары вершин (главных поверхностей),  $(\bar{n}_i, \bar{n}_j) \in \bar{N}$  есть множество ребер  $V = \{v_1, v_2, \dots, v_k\}$   $|V| = k$ . Множество угловых размеров, соединяющих любые пары вершин,  $(\bar{n}_i, \bar{n}_j) \in \bar{N}$  есть множество дуг  $Y = \{y_1, y_2, \dots, y_l\}$   $|Y| = l$ .

Согласно разработанному *методу структурного синтеза маршрута* обработки деталей, для каждого обрабатываемого на этапе ФМ выявляются возможные комплекты баз ориентации (КБО) [1]. Для этого разработаны алгоритмы совместного анализа графов размерных и угловых связей этапа для определения возможных комплектов баз для осей (см. ниже) и плоскостей

$$\begin{aligned} \bar{n}_i(O) &\rightarrow (R^{\text{II}}_X \wedge R^{\text{II}}_Y) \vee (R^{\text{II}}_Y \wedge R^{\text{II}}_Z) \vee (R^{\text{II}}_Y \wedge R^{\text{II}}_Z); \\ \{v_{iX} = (\bar{n}_i, \bar{n}_j)_X\} \wedge \{v_{iY} = (\bar{n}_i, \bar{n}_p)_Y\} &\Rightarrow \bar{n}_j - \bar{n}_p; \\ \{v_{iX} = (\bar{n}_i, \bar{n}_j)_X\} \wedge \{v_{iZ} = (\bar{n}_i, \bar{n}_p)_Z\} &\Rightarrow \bar{n}_j - \bar{n}_p; \\ \{v_{iY} = (\bar{n}_i, \bar{n}_j)_Y\} \wedge \{v_{iZ} = (\bar{n}_i, \bar{n}_p)_Z\} &\Rightarrow \bar{n}_j - \bar{n}_p; \\ \bar{n}_i(O) &\rightarrow U^{\text{II}}_{n_i \text{обр-нобр}} \vee U^{\text{II}}_{n_i \text{обр-обр}} \rightarrow y_i = \langle \bar{n}_i, \bar{n}_l \rangle \Rightarrow \bar{n}_j - \bar{n}_p - \bar{n}_l. \end{aligned}$$

Согласно алгоритмам номер обрабатываемой поверхности (ее оси (O) или плоскости (P)) отыскивается на графе (по одной оси для плоской поверхности, по двум координатным осям для оси) размерных связей. Определяется ее связь или связи с другими ближайшими поверхностями на графах размерных связей (кратчайшие пути на графе от рассматриваемой поверхности до других поверхностей). Далее для плоских поверхностей на графах угловых расположений обрабатываемых поверхностей комплект дополняется двумя поверхностями, для оси комплект дополняется одной поверхностью. Анализ сформированных таблиц комплектов для ФМ с учетом ряда условий (возможность оборудования, требования по выбору баз на первой операции, использование настроечных баз) позволяет сформировать маршрут обработки заготовки.

Первым шагом решения задачи синтеза задания на проектирование приспособления является идентификация комплекта баз ориентации.

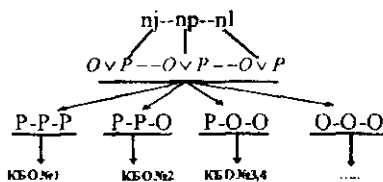


Рис. 1. Модель идентификации комплекта баз

идентификация комплекта баз ориентации. Для этого рассматриваются поверхности сформированных комплектов баз и определяется характер поверхности (ось или плоскость). Всего возможно четыре варианта сочетаний поверхностей (рис. 1). Далее определяется принадлежность рассматриваемого комплекта к одному из четырех. Комплект O-O-O

для деталей классов «корпус» и «некруглые стержни» практически не используется.

Для формального назначения вида компонентов комплекта (проектирования схемы базирования) разработан массив продукционных моделей, элементы которого соответствуют вариантам однозначного задания ориентации ФМ (рис. 2).

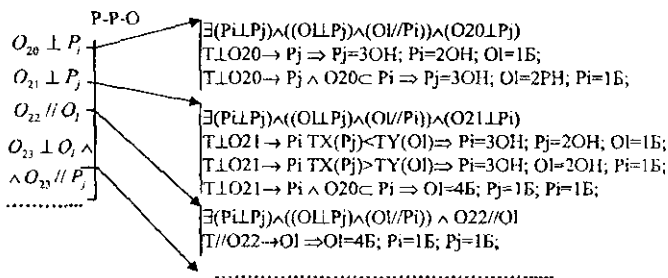


Рис. 2. Элементы массива продукционных моделей для КБО № 2

Например, алгоритм  $O_{21}$ : если существует КБО № 2 и задан допуск перпендикулярности оси  $O_{21}$  относительно плоскости  $P_j$ , а допуск линейного размера относительно  $P_j$  меньше допуска линейного размера относительно  $O_1$ , то плоскость  $P_j$  назначается тройной однонаправленной (установочной) базой, плоскость  $P_j$  – двойной однонаправленной (направляющей), ось  $O_1$  – одиночной (опорной). Если допуск линейного размера относительно  $P_j$  больше допуска линейного размера относительно  $O_1$ , то плоскость  $P_j$  назначается тройной однонаправленной (установочной) базой, ось  $O_1$  – двойной однонаправленной (направляющей), плоскость  $P_j$  одиночной (опорной) базами. Если плоскость  $P_j$  совпадает с осью  $O_1$ , то ось  $O_1$  назначается четверной (двойной направляющей) базой плоскости.  $P_j$  и  $P_j$  назначаются одиночными (опорными) базами.

Задачу структурного синтеза схемы установки предлагается решать в терминах условных установочных элементов. Для чего вид компонента КБО заменяется соответствующим условным установочным элементом. После определения точки приложения и направления сил закрепления сформировано задание на проектирование приспособления [1].

На базе методик, моделей и алгоритмов разработан программно-методический комплекс автоматизации процедур синтеза индивидуальных ТП механической обработки заготовок оригинальных деталей классов «корпус» и «некруглые стержни», доказать его работоспособность и внедрить на ряде машиностроительных предприятий Витебской области и в учебном процессе.

В работе использовались методы системно-структурного анализа и моделирования, теории графов, алгебры логики, теории множеств, теории алгоритмов и теории базирования.

**Выводы.** В результате проведенных исследований:

1. Предложен метод формализованного синтеза конструкторско-технологической модели деталей из параметризованных комплексных функциональных модулей, структуры размерных и угловых связей между главными поверхностями модулей, а также технологических регламентов обработки, позволяющий формально представить заготовку в задаче автоматизации определения порядка обработки и смены баз, синтеза схем базирования и установки.

2. Разработан метод формализованного структурного синтеза маршрута обработки деталей, который на основе формирования и анализа таблиц комплектов технологических баз ориентации (отражающих угловую и размерную ориентации обрабатываемых поверхностей) позволяет: на стадии проектирования обеспечивать допуски взаимного расположения конструктивных элементов, в зависимости от имеющегося оборудования определять порядок обработки поверхностей, порядок смены комплектов баз внутри этапов типовой схемы механической обработки.

3. Разработан метод структурного синтеза задания на проектирование (выбор) станочного приспособления, впервые позволивший для нетипизированных деталей машин внутри каждого этапа типовой схемы механической обработки в автоматизированном режиме синтезировать теоретические схемы базирования, определять вид компонента комплекта технологических баз (установочная, направляющая, опорная база и т.д.), по схеме базирования в терминах условных элементов синтезировать теоретические схемы установки.

#### Литература

1. Махаринский, Е.И. Теория базирования в проблеме проектирования технологических процессов механической обработки и станочных приспособлений / Е.И. Махаринский, Н.В. Беляков, Ю.Е. Махаринский // Вестник машиностроения. – 2008. – № 9. – С. 34 – 45.

## ОБЩАЯ ТЕОРИЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ РЕЖУЩЕЙ ЧАСТИ ИНСТРУМЕНТОВ

Н.С. Равская, О.А. Охрименко

*Национальный технический университет Украины «КПИ», Киев*

**Введение.** Современная теория определения геометрических параметров решает задачи анализа геометрии режущей части различных инструментов в инструментальной системе координат и для многих инструментов, особенно фасонных, она не отображает истинного значения параметров в процессе резания [1, 2].

Согласно стандарту ГОСТ 25762-83 инструментальная система ориентирована относительно геометрических элементов режущих инструментов, принятых за базу, и применяется для изготовления и контроля того или иного инструмента. Таким образом, по определению для каждого вида и конструкции инструмента может выбираться та или иная система координат. Это не позволяет на базе инструментальной системы координат создать общую теорию определения геометрических параметров режущей части независимо от вида и конструкции инструмента, которая позволяла бы определять геометрию инструмента в любой точке режущей кромки в процессе резания. Такой подход можно реализовать при определении геометрических параметров в статической и кинематической системах координат, которые ориентированы соответственно относительно скорости главного или результирующего движения резания.

Основные положения разработки общей теории приближенного графического и аналитического определения геометрических параметров режущей части инструмента изложены в данной статье.

**Графическое определение геометрических параметров режущей части инструмента.** При анализе геометрических параметров инструмента возникает задача их определения в выбранной системе координат при известных, заданных в другой системе. Наиболее часто определяются геометрические параметры режущей части в статической системе координат при известных параметрах в инструментальной. В общем виде инструментальные геометрические параметры не совпадают со статическими.

Графическое определение углов передних  $\gamma$  и задних  $\alpha$  независимо от вида и конструкции инструмента заключается в следующем:

– определение направления скорости резания (главного или результирующего);