

**ГРУППИРОВАНИЕ ДЕТАЛЕЙ ТИПА ТЕЛ ВРАЩЕНИЯ –
ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ОСНОВА ВЫБОРА МЕТАЛЛО-
РЕЖУЩИХ СТАНКОВ С ПРОГРАММНЫМ УПРАВЛЕНИЕМ**

Одной из важнейших задач технологической подготовки производства является выбор наиболее эффективного металлорежущего оборудования с программным управлением (МО с ПУ), соответствующего по типоразмерам и технологическим возможностям определенным производственным условиям. Однако существующие методы выбора МО с ПУ не всегда обеспечивают рациональное решение, так как в основном оценивают экономические показатели сравниваемых вариантов и практически не рассматривают функционально-технологическую насыщенность станков и ее взаимосвязь с характеристиками деталей машин и их заготовок.

Таким образом, на наш взгляд, задача разработки методики выбора наиболее эффективного МО с ПУ на основе исследования взаимосвязи характеристик деталей машин, технологии их изготовления и параметров оборудования является актуальной.

Очевидно, что разработка требований многономенклатурного серийного производства к МО с ПУ возможна только на основе анализа обобщенных характеристик деталей и реализации элементов групповой технологии их обработки. Для исследования характеристик деталей сформирован региональ-

ный банк данных (БД) деталей на базе предприятий Ульяновской области, представляющих различные отрасли промышленности: авиастроение, приборостроение, станкостроение, автомобилестроение и др. Региональный БД создан впервые в нашей стране, содержит информацию о 120 тыс. наименований деталей и ведется на машинных носителях в УлГТУ [1].

Анализ БД по геометрической форме деталей показал, что наиболее распространенными на обследованных предприятиях являются детали типа тел вращения (около 30 %). При этом основным методом обработки заготовок этих деталей является обработка резанием (94 %). К сожалению, приходится признать, что подавляющая часть деталей в отечественном машиностроении изготавливается не самыми экономичными методами, учитывая значительные отходы материала при обработке резанием. Как правило, заготовки из прутка (72 %) и листа (13 %) получают из низколегированных сталей (48 %), 14 % из коррозионностойких сталей, 15 % из алюминия и его сплавов и 15 % из цветных металлов. Детали типа фланцев, крышек, стаканов (соотношение длины и диаметра $L/D \leq 2$), валов, осей ($L/D > 2$) в равной степени представлены в БД. Всего 2 % составляют нежесткие детали ($L/D > 20$). Наиболее часто встречаются детали диаметром $D \leq 40$ мм (78 %) и длиной $L \leq 100$ мм (80 %). По квалитетам точности диаметральных размеров детали распределяются следующим образом: 6 кв. - 8 %, 7 кв. - 7 %, 8,9 кв. - 18 %, 10,11 кв. - 12 %, 12,13 кв. - 26 %, 14,15 кв. - 29 %. Наиболее часто обрабатывают наружные поверхности заготовок цилиндрической формы (90 %), из них ступенчатые составляют 70 %. Наиболее характерны внутренние цилиндрические гладкие (58 %) и ступенчатые поверхности (38 %).

Установлена возможность группирования деталей по наиболее характерным признакам (геометрическая форма, габаритные размеры, материал заготовки и др.) и выработки единых рекомендаций по выбору МО с ПУ, потребительские свойства которого (технологические возможности, размеры рабочего пространства, стоимость и др.) отвечали бы технологическим задачам, решаемым на большинстве производств серийного типа.

Процесс группирования деталей заключается в преобразовании иерархической структуры классификатора деталей ЕСКД (по которому закодированы все детали БД), представленной в виде графа-дерева $Lg = (Xk, U)$, где Xk – множество вершин графа (или, в данном случае, множество конструкторских признаков) и U – множество ребер, показывающих взаимосвязь признаков-вершин (рис. 1,а) с помощью операции стягивания (свертки) графа [2]. Операция стягивания вершин графа $Lg = (Xk, U)$ превращает его в другой граф Lg^* с числом вершин $n(L) - 1$ и с меньшим, чем у Lg , числом ребер (рис. 1,б). Например, при стягивании ребра u_{21}^* (x_{k21}, x_{k22}) $\in U$ само ребро u_{21}^* удаляется, а инцидентные ему вершины x_{k21} и x_{k22} заменяются одной x_{k21}^* . Эта вершина

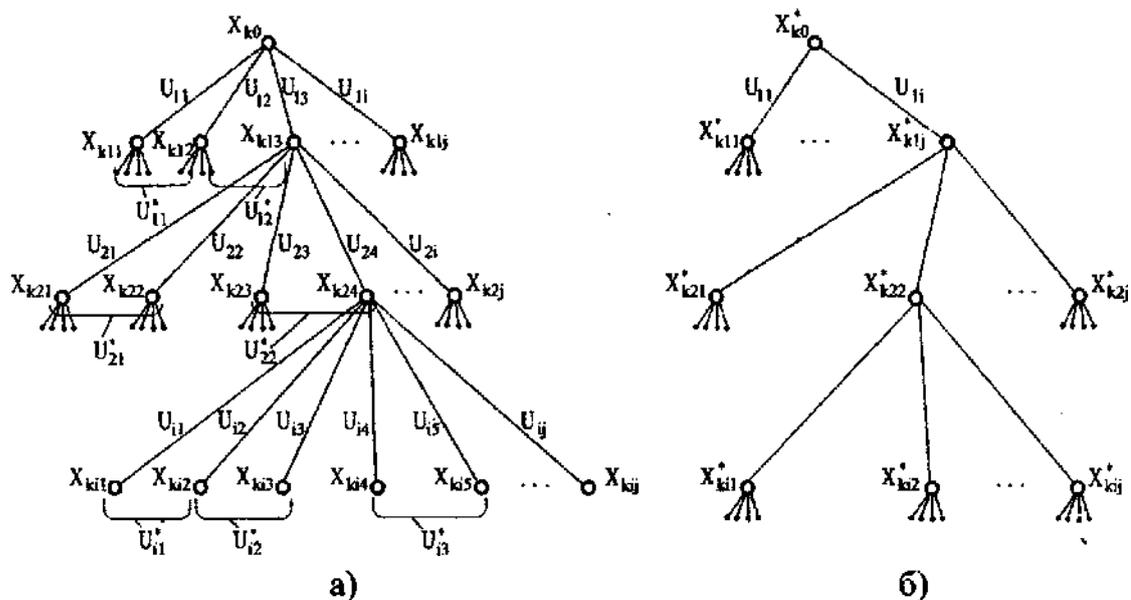


Рис. 1. Граф-дерево признаков деталей классификатора ЕСКД: а, б – соответственно до и после стягивания

x_{k21}^* объявляется смежной со всеми теми вершинами множества $X_k \setminus \{x_{k21}, x_{k22}\}$, которые в графе Lg были смежны по крайней мере с одной из вершин x_{k21}, x_{k22} .

В качестве признаков группирования деталей приняли классификационные признаки (вершины графа x_{kij}), которые приводят к изменению числа формообразующих координат станка с ПУ. Последовательное стягивание вершин графа по принципу «объединение двух вершин – увеличение числа формообразующих координат станка как минимум на единицу» позволяет существенно уменьшить число групп деталей. Это важно, так как при классификации деталей типа тел вращения БД по структуре классификатора ЕСКД получается более 2500 мелких групп, которые практически невозможно использовать для выбора МО с ПУ. Кроме того, рассмотренная операция позволяет увязать конструктивные признаки деталей машин с формообразующими координатами станка, число и состав которых существенно влияют на потребительские свойства оборудования.

Группирование деталей типа тел вращения на примере регионального БД осуществляли для номенклатуры 8 наиболее крупных предприятий Ульяновской области в соответствии с принципом стягивания вершин-признаков последовательно в несколько этапов:

1. Объединяются классификационные признаки, описывающие поверхности заготовок, для обработки которых требуется одинаковый состав формообразующих движений (координат) исполнительных органов станка с ПУ. После реализации этого этапа число возможных групп сокращается с 2500 до

140. Критерием выбора рациональных групп деталей, из числа возможных, после каждого этапа является полная загрузка МО с ПУ в течение года деталями определенной группы:

$$\sum_{i=1}^m P_i \cdot T_i \cdot K_{co} \geq \Phi_{до}, \quad (1)$$

где P_i – годовая программа выпуска i -й детали; T_i – трудоемкость изготовления i -й детали; $\Phi_{до}$ – годовой фонд работы станка с ПУ; K_{co} – коэффициент совмещения технологических операций обработки заготовок данной группы деталей.

По результатам расчетов на каждом предприятии выделено в среднем по 8 групп деталей (68 % от общего числа сформированных в итоге групп), отвечающих условию (1). В выделенных группах представлены детали средней конструктивной сложности, для обработки заготовок которых достаточно технологического оборудования, реализующего от 2 до 4 формообразующих координат.

2. Объединяются признаки, характеризующие форму и структуру наружных поверхностей деталей независимо от числа требуемых для их обработки формообразующих координат станка. В данном случае существенно усложняется геометрическая форма деталей в группах (присутствуют наружные цилиндрические, конические, криволинейные поверхности), и соответственно требуется МО с ПУ с более широкими технологическими возможностями. По критерию загрузки оборудования на данном этапе в среднем выделено незначительное число групп деталей (5,5 %).

3. В дополнение к этапу 2 объединяются признаки, характеризующие форму и структуру внутренних поверхностей деталей независимо от числа формообразующих координат станка. Усложнение формы и структуры внутренних поверхностей деталей позволило получить лишь незначительное число групп деталей (2 %), для обработки заготовок которых следует выбирать станки с более широкими технологическими возможностями (реализующими от 5 до 8 формообразующих движений).

4. Объединяются признаки, характеризующие наличие у деталей дополнительных элементов (пазов, лысок, скосов, внецентровых отверстий, резьбы и др.), обрабатываемых фрезерованием, сверлением и другими методами. По этим признакам выделено 16 % групп деталей. В данном случае токарное оборудование с ПУ оснащают дополнительными шпинделями и инструментом для осевой обработки заготовок, что приводит к его усложнению и соответственно повышению стоимости.

5. Объединяются оставшиеся группы деталей, характеризующиеся разнообразием обрабатываемых поверхностей, дополнительных элементов, форм заготовок, что требует выбора для их обработки более сложного технологи-

ского оборудования и технологической оснастки по сравнению с выделенными ранее группами деталей.

Таким образом, в результате расчетов на разных этапах для каждого предприятия выделено в среднем 12 групп деталей, отличающихся конструктивно-геометрической сложностью и требующих для обработки МО с ПУ с рациональными (для каждой группы) технологическими возможностями. При этом для каждой группы разрабатываются комплексные детали-представители (КД).

На основе анализа характеристик обрабатываемых поверхностей КД разрабатывается функциональная модель станка с ПУ, отражающая взаимосвязь его основных и вспомогательных функций. В качестве основных функций принимают формообразующие координатные перемещения исполнительных органов станка с ПУ. Реализацию основных функций обеспечивают вспомогательные функции, определяющие перемещения исполнительных органов станка относительно друг друга и заготовки для реализации формообразующих координат. Установление связи функций с материальными носителями (узлы, блоки, модули) позволяет создать функционально-технологические структуры (ФТС) станков [3]. По этим ФТС можно выбрать конкретные модели станков с ПУ, наиболее эффективные для обработки заготовок сформированных групп деталей машин, а в случае отсутствия на рынке необходимой модели можно выбрать ближайшую по технологическим возможностям модель станка или разработать техническое задание на его создание.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Опыт создания регионального банка данных по деталям машиностроения: Тез. докл. межотрасл. совещания / В.В. Елифанов, В.В. Ефимов, Р.И. Неняева, А.А. Федотов. М.: ГНИЦВОК, 1988. С. 13 – 15.
2. Зыков А.А. Основы теории графов. М.: Наука, 1987. 384 с.
3. Ефимов В.В., Елифанов В.В. Технологические основы проектирования типовых шлифовальных гибких производственных модулей. Ульяновск: УлГТУ, 1997. 123 с.

•••••

Ефимов Владимир Васильевич, доктор технических наук, профессор, окончил Ленинградский механический институт. Имеет статьи и монографии в области исследования эффективности процессов абразивной обработки материалов с применением технологических сред и групповой технологии в серийном производстве.

Елифанов Вячеслав Викторович, кандидат технических наук, окончил Ульяновский политехнический институт, докторант кафедры «Технология машиностроения» УлГТУ. Имеет статьи и монографию в области выбора эффективного металлорежущего оборудования с программным управлением в условиях серийного производства.