

Er. 6.7  
473

ISSN 0136-3549  
0320-3344

TALLINNA  
POLÜTEHNILISE INSTITUUDI  
TOIMETISED

473

ТРУДЫ ТАЛЛИНСКОГО  
ПОЛИТЕХНИЧЕСКОГО  
ИНСТИТУТА

**ТРИ**  
**'79**

АВТОМАТИЗАЦИЯ  
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО  
ПРОЕКТИРОВАНИЯ  
ПРОЦЕССОВ  
МЕХАНИЧЕСКОЙ  
ОБРАБОТКИ



Сборник статей ХУП



●  
АВТОМАТИЗАЦИЯ  
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО  
ПРОЕКТИРОВАНИЯ  
ПРОЦЕССОВ  
МЕХАНИЧЕСКОЙ  
ОБРАБОТКИ

Сборник статей XVII



Таллинский политехнический институт

Труды ТПИ № 473

АВТОМАТИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ  
ПРОЦЕССОВ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ

Сборник статей XVII

Редактор В. Реэдик. Техн. редактор Л. Лоопер

Сборник утвержден коллегией Трудов ТПИ 17 апреля 1979 года

Подписано к печати 26 сент. 1979 года. Бумага 60x90/16

Печ. л. 2,75 + приложение 0,25. Уч.-изд. л. 2,6. Тираж 300. МВ-07721

Ротапринт ТПИ, Таллин, ул. Коскла, 2/9. Зак. № 650. Цена 40 копеек



Таллин, ТПИ, 1979

УДК 65.011.002.5

Р.А. Кюттнер, Э.В. Юрвес

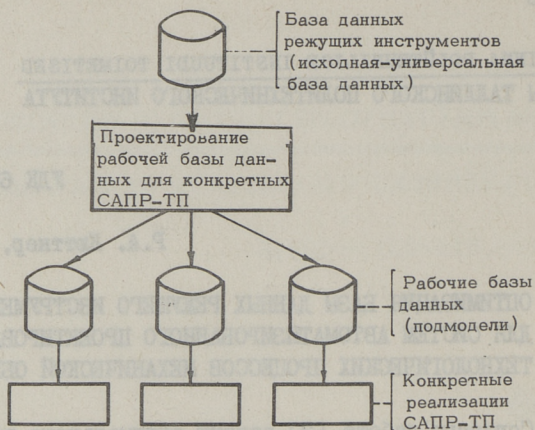
ОПТИМИЗАЦИЯ БАЗЫ ДАННЫХ РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА  
ДЛЯ СИСТЕМ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ  
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ

Согласно работе [2] задачу оптимального выбора режущего инструмента в системах автоматизации проектирования технологических процессов (САПР-ТП) можно рассматривать состоящей из следующих этапов:

- разработка множества альтернативных режущих инструментов;
- определение для данной детали-операции из множества альтернативных режущих инструментов тех, которые технологически применимы, т.е. определение множества допустимых решений;
- выбор из множества допустимых решений на основании технико-экономических критериев оптимального набора инструментов.

Решение задачи первого этапа выделяется из САПР-ТП и является задачей проектирования рабочей базы данных (БД-РИ) для системы (фиг. 1). Исходная БД-РИ является универсальной, она разрабатывается на основе существующих стандартов и нормативных материалов и имеет многократную применяемость (для САПР-ТП различных предприятий и групп деталей). Рабочая БД-РИ проектируется на основе анализа т.н. "обучающей выборки" из множества обрабатываемых деталей, для которых предусмотрена разработка данной САПР-ТП (части САПР-ТП).

Необходимость включения задачи создания рабочей БД-РИ продиктована технологическими принципами организации



Фиг. 1. Схема образования рабочей базы данных.

производства. Как правило, на предприятиях (цехах, участках, поточных линиях, рабочих местах) производится детали ограниченной номенклатуры, которые в свою очередь ограничивают, в определенной степени, и номенклатуру используемого режущего инструмента.

Всякое увеличение номенклатуры режущего инструмента увеличивает расходы, связанные с его приобретением, хранением и учетом. Кроме того, целый ряд организационных вопросов, связанных с приобретением широкой номенклатуры инструмента, отрицательно сказывается на стабильности работы предприятия или его подразделений.

Оптимизация рабочей БД-РИ для конкретной САПР-ТП заключается в нахождении такой совокупности режущих инструментов, при которых обработка множества деталей (для которых предусмотрена данная САПР-ТП) осуществляется с наименьшими суммарными затратами (с наибольшей суммарной производительностью).

Для оптимизации рабочей БД-РИ необходимо:

- определение типичной обучающей выборки из множества деталей, для которых разрабатывается данная САПР-ТП;
- определение допустимых комбинаций "обрабатываемые детали (переходы) - инструменты" и технико-экономическая оценка всех допустимых комбинаций;

- определение оптимального состава режущих инструментов для обработки деталей данного множества.

Обучающая выборка представляет собой выборку из множества деталей, обрабатываемых на данном предприятии (специализированном цехе, участке). При этом целесообразно, чтобы вся исследуемая совокупность деталей разбивалась на типовые группы, от каждой из которых производится отбор известного числа деталей в случайном порядке. Методика определения целесообразного объема выборки приведена в [3].

Для деталей полученной обучающей выборки необходимо разработать технологические процессы с детализацией до выбора режущего инструмента. При этом определяются все допустимые комбинации "режущий инструмент - обрабатываемая деталь (переход)", а также технико-экономические показатели для всех допустимых комбинаций (фиг. 2). Данную задачу можно решить с применением САПР-ТП с использованием исходной БД-РИ.

Предположим, что имеется исходный набор  $u$  в количестве  $m$  наименований режущего инструмента:

$$u^m = (u_1, u_2, \dots, u_m).$$

Состав рабочей БД-РИ  $u^{\tilde{m}} = (u_{\tilde{1}}, u_{\tilde{2}}, \dots, u_{\tilde{n}})$ ,  $\tilde{m} \leq m$ , называется оптимальным, если суммарный показатель эффективности по себестоимости для обработки данной группы

№ п. п.	Обозначение фрезы	Ширина фрезерования, мм				
		25	40	60	140	180
1.	Фреза 2210-0061, тип I-40 гост 9304-69	0,73	0,74	1,06	2,08	2,44
2.	Фреза 2210-0063, тип I-50 гост 9304-69	0,76	0,76	0,79	1,92	2,24
9.	Фреза 2214-0137 - P18 гост 1092-69	-	-	1,29	1,74	2,24
10.	Фреза 2214-0141 - P18 гост 1092-69	-	-	1,38	1,61	1,86

Фиг. 2. Зависимость штучного времени в минутах от ширины фрезерования для установленного набора фрез (торцовое фрезерование фрезами из быстрорежущей стали).

деталей достигает минимума (или максимума по производительности):

$$\tilde{s} = s(\tilde{u}) = \min_{m \leq k} \min_{u^m} \sum_{i=1}^n s_i(u^m), \quad (I)$$

где  $k$  - максимальное допустимое количество наименований инструментов в БД-РИ;

$s_i(u^m)$  - эффективность обработки  $i$ -й детали одним инструментом из набора  $u^m$ .

В постановке (I) предлагают оптимизацию эффективности обработки по количеству наименований инструментов в БД-РИ  $m$  и по распределению обработки деталей между инструментами набора  $u^m$ .

Задача (I) решается с применением методов динамического программирования [1].

Алгоритм решения состоит из двух этапов.

1. Определение  $n \times m \times k$  таблицы значений по рекуррентному соотношению:

$$\begin{cases} f_N(i, j) = \min_{1 \leq u \leq m} \left[ S(i, N) + \begin{cases} f_{N-1}(u, j-1) & \text{для } u \neq i \\ f_{N-1}(u, j) & \text{для } u = i \end{cases} \right], \\ \Phi(i, N) = \text{true} \\ f_0(i, 0) = 0, \end{cases}$$

для  $1 \leq N \leq n$ ;  $1 \leq i \leq m$ ;  $1 \leq j \leq k$  и  $j \leq N$ ,

где  $S(i, N)$  - эффективность обработки  $N$ -й детали  $i$ -ым инструментом;

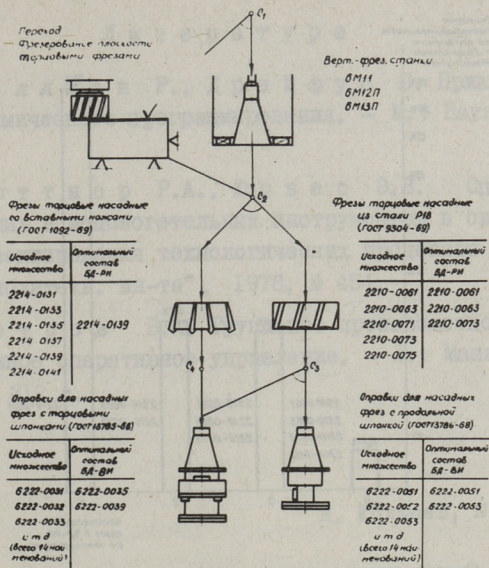
$\Phi(i, N)$  - логическое условие допустимости пары "обрабатываемая деталь - инструмент".

2. Оптимальный состав рабочей БД-РИ определяется на основе таблицы  $f_N(i, j)$  решением задачи

$$\begin{aligned} s(\tilde{u}) &= \min f_n(i, j), \\ 1 &\leq i \leq m, \\ i &\leq k. \end{aligned}$$

На кафедре технологии машиностроения разработана программа реализации данного алгоритма (на языке ФОРТРАН для ЕС ЭВМ). Упрощенный пример решения задачи представлен на фиг. 3.





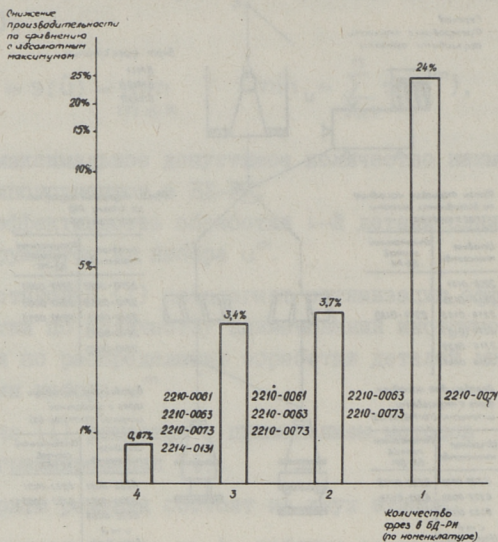
Фиг. 3. Пример результатов оптимизации состава БД-РИ и БД-ВИ для фрезерования множества деталей торцовыми фрезами из стали Р18 (ширина фрезерования по ряду: 15, 25, 40, 60, 80, 100, 140, 180 мм).

Оптимальный состав рабочей базы данных для вспомогательных инструментов определяется однозначно по БД-РИ (см. [2], а также фиг. 3).

Пример зависимости суммарных затрат (по времени обработки) от допустимого количества фрез в БД-РИ (по номенклатуре), т.е. зависимость  $s(\tilde{u}) = f(\kappa)$ , представлен на фиг. 4.

Эффективность решения задачи (I) зависит в основном от представительности принятой "обучающей выборки". Специальный предмет исследований представляет собой анализ изменений в БД во времени и устойчивости решений задачи (I) в зависимости от изменений в "обучающей выборке" и неточностей при определении критериев эффективности на стадии выбора инструментов (до определения режимов обработки и нормирования).

Применяемость задачи (I) не ограничивается только разработкой БД для автоматизированных систем проектирования



Фиг. 4. Относительное снижение производительности данного множества деталей при различном ограничении номенклатуры торцовых фрез в БД-ПИ.

технологических процессов. В комплексе с блоком выбора режущих и вспомогательных инструментов САПР-П (см. [2]) программы решения задачи (I) применимы для оптимальной комплектации специализированных участков и рабочих мест режущим и вспомогательным инструментами и способствуют внедрению групповых методов обработки в производстве.

Руководствуясь изложенным выше, можно сказать, что решение задачи оптимальной комплектации рабочей базы данных режущего инструмента содействует специализации рабочих мест (участков), соответствует групповым методам обработки, позволяет проектировать более реальные технологические процессы, допускает многократное использование алгоритмов и базы данных. Все это значительно повышает качество систем автоматизированного проектирования технологических процессов.

## Л и т е р а т у р а

1. Беллман Р., Дрейфус С. Прикладные задачи динамического программирования. - М.: Наука, 1965, 460 с.

2. Кюттнер Р.А., Юрвес Э.В. Оптимальный выбор режущих и вспомогательных инструментов в системах машинного проектирования технологических процессов - "Тр. Таллинск. политехн. ин-та", 1978, № 454.

3. Петров В.А. Групповое производство и автоматизированное оперативное управление. - Л.: Машиностроение, 1975, 312 с.

R. Küttner, E. Jürves

### Optimization of Tool and Toolholders Database for Computer Aided Technological Process Planning Systems

#### Summary

The general standard tool and toolholders database does not provide optimal solution of the special manufacturing. This database could be used to form a special part-family oriented and user dependent database. The procedures for designing this database are described as an optimization task.



УДК 68Г.3.06:658.5Г2.2

Л.А. Портянский

## ОБ ОДНОЙ МОДЕЛИ ОПИСАНИЯ ГЕОМЕТРИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ

При автоматизации технологической подготовки производства одной из основных задач является построение образа детали. Существующие системы [1, 3, 5] позволяют описывать образ детали посредством конструктивно-технологических признаков и совокупностью более простых взаимосвязанных пространственных элементов в некотором предметном языке. Библиотека графических образов этих элементов позволяет получить графический образ детали и вывести его в виде чертежа. Однако при таком подходе затруднено вычерчивание произвольных проекций, разрезов, сечений и аксонометрических проекций.

Для этих целей удобно использовать универсальный подход, основанный на аналитическом описании геометрии детали [2, 4].

В данной работе предлагается один из возможных вариантов такого подхода.

Введем две логические функции

$$P(F) \text{ и } PR(F),$$

которые назовем предикатами первого и второго типа от некоторой функции  $F$ .

Определим  $P(F)$  и  $PR(F)$  как

$$P(F) = \begin{cases} 1, & \text{если } F \geq 0; \\ 0, & \text{если } F < 0; \end{cases} \quad (1)$$

и

$$PR(F) = \begin{cases} 1, & \text{если } F = 0; \\ 0, & \text{если } F \neq 0. \end{cases} \quad (2)$$

Операции над однотипными предикатами подчиняются правилам

математической логики. Для разнотипных предикатов введем правила поглощения:

$$P(F) \wedge PR(F) = PR(F); \quad (3)$$

$$P(F) \vee PR(F) = P(F), \quad (4)$$

вытекающие из определения предикатов (1) и (2) и соответствующих операций логики.

Пусть  $F_S$  - некоторая функция, обладающая следующими свойствами:

- 1)  $F_S(x, y, z) = 0$ , если некоторая точка  $T(x, y, z)$  находится на поверхности заданного геометрического объекта (детали)  $S$ ;
- 2)  $F_S(x, y, z) > 0$ , если точка  $T(x, y, z)$  находится внутри  $S$ ;
- 3)  $F_S(x, y, z) < 0$ , если точка  $T(x, y, z)$  не принадлежит  $S$ .

Применением предиката первого типа к такой функции производим разбиение пространства на две части, одна из которых, определяемая истинностью предиката, который обозначим через  $TD_S = P(F_S)$ , является телом геометрического объекта (детали)  $S$ . Предикат второго типа от этой функции обозначим через

$$O_S = PR(F_S),$$

его истинность характеризует оболочку детали  $S$ . Однако непосредственно определить функцию  $F_S$  часто бывает невозможно, в то время как описываемый ниже подход позволяет универсально строить выражения для определения предикатов  $TD_S$  и  $O_S$ . Введем следующие обозначения.

I. Пусть все точки, принадлежащие одной из граней геометрического объекта  $S$ , удовлетворяют уравнению

$$F_i(x, y, z) = 0,$$

где  $F_i(x, y, z)$  - дифференцируемая всюду функция.

Тогда истинность предиката второго типа от этой функции будет характеризовать некоторую поверхность, которую назовем носителем грани, а предикат обозначим  $NG_i = PR(F_i)$ . Часть пространства, характеризуемую истинностью предиката

$$PP_i = P(F_i),$$

будем называть полупространством.

2. Элементарным телом назовем выпуклую, замкнутую, за-

крытую часть пространства, получаемую пересечением нескольких ( $i = 1, 2, \dots, I$ ) полупространств, которая характеризуется истинностью предиката

$$TL_j = \bigwedge_{i=1}^I PP_{ij}. \quad (5)$$

3. Отсеком назовем открытую часть пространства, получаемую при пересечении нескольких ( $i = 1, 2, \dots, N$ ) полупространств и обладающую свойством, при котором ни одна из точек отсека не принадлежит объекту  $S$ . Отсек будем характеризовать истинностью предиката

$$OT_l = \bigwedge_{i=1}^N (PP_{il} \wedge \neg NG_{il}). \quad (6)$$

4. Закрытую часть пространства, соответствующую отсеку, назовем псевдотелом, которое будем характеризовать истинностью предиката

$$PT_l = \bigwedge_{i=1}^N PP_{il}. \quad (7)$$

5. Сечением  $j$ -го тела по  $m$ -му носителю грани будем называть поверхность, характеризующуюся истинностью предиката

$$S_{mj} = NG_{mj} \wedge TL_j. \quad (8)$$

Геометрический объект  $S$  можно представить в виде нескольких ( $j = 1, 2, \dots, J$ ) присоединенных друг к другу элементарных тел, тогда предикат  $TD_S$  можно определить формулой

$$TD_S = TL_1 \vee TL_2 \vee \dots \vee TL_J = \bigvee_{j=1}^J TL_j. \quad (9)$$

Однако эта формула не однозначна, так как разбиение на элементарные тела можно выполнить различными способами, кроме этого, во многих случаях она является слишком громоздкой, так как содержит большое количество элементарных тел. Часто более экономной является модель, основанная на присоединении  $\tau = 1, 2, \dots, T$  комплексных тел, которые получаются отсечением от комплекса из  $j = 1, 2, \dots, S$  присоединенных тел нескольких ( $l = 1, 2, \dots, L$ ) отсеков. Предикат, истинность которого характеризует описанное комплексное тело, найдем как

$$KT = \bigvee_{j=1}^S TL_j \wedge \bigcap OT_l \quad (10)$$

или, обозначая  $a \wedge \bigcap b = a \setminus b$  и  $a \bigwedge_{l=1}^L \bigcap b = a \setminus_{l=1}^L b$ ,

получим

$$KT = \bigvee_{j=1}^S TL_j \setminus_{l=1}^L OT_l, \quad (11)$$

а для  $TD_s$ :

$$TD_s = \bigvee_{\tau=1}^T KT_{\tau} = \bigvee_{\tau=1}^T \left( \bigvee_{j=1}^S TL_j \setminus_{l=1}^L OT_l \right)_{\tau}. \quad (12)$$

Предикат  $O_s$  определим посредством совокупности предикатов  $G_m$ , истинность которых характеризует каждую  $m$ -ю из всех  $M$  граней геометрического объекта  $S$ :

$$O_s = \bigvee_{m=1}^M G_m. \quad (13)$$

В дальнейшем будем различать два типа граней.

Первый тип. Грани, ограничивающие элементарные тела. Если грань принадлежит только одному  $j$ -му элементарному телу, не пересеченному ни одним отсеком, то понятие грани равносильно понятию сечения (8):

$$G_m = S_{mj} = NG_{mj} \wedge TL_j. \quad (14)$$

Если грань является поверхностью контакта нескольких ( $j = 1, 2, \dots, \kappa$ ) элементарных тел, не имеющих отсеков, то формула будет иметь вид:

$$G_m = \bigvee_{j=1}^{\kappa} \left( S_{mj} \bigwedge_{r=1}^{\kappa(\neq j)} (\bigcap_{l=1}^L TL_r \setminus_{i=1}^{I(\neq m)} NG_{i_r}) \right), \quad (15)$$

где символ  $\bigvee_{r=1}^{I(\neq m)} a_r$  (аналогично и  $\bigwedge_{r=1}^{\kappa(\neq j)} a_r$ ) имеет следующий смысл:

$$\bigvee_{r=1}^{I(\neq m)} a_r = a_1 \vee a_2 \vee \dots \vee a_{m-1} \vee a_{m+1} \vee \dots \vee a_I.$$

При наличии отсеков вместо элементарных тел будем рассматривать комплексные тела, образованные пересечением данного тела со всеми принадлежащими ему отсеками. Определяя  $KT_j$  по (11) и заменяя ими соответствующие  $TL_j$  в (15), получим наиболее общую формулу для определения пре-



диката  $G_m$ , истинность которого характеризует любую грань первого типа:

$$G_m = \bigvee_{j=1}^k (S_{mj} \wedge \bigwedge_{r=1}^{k(\neq j)} (\neg K T_r \vee \bigvee_{i=1}^{I(\neq m)} N G_{i,r}))), \quad (I6)$$

которую тождественными преобразованиями можно привести к более удобному для пользования виду

$$G_m = S_m \wedge \left( \bigvee_{j=1}^k K T_j \bigwedge_{r=1}^{k(\neq j)} (K T_r \bigwedge_{i=1}^{I(\neq m)} N G_{i,r}) \right), \quad (I7)$$

где  $S_m = N G_m \wedge T D_s$  - сечение геометрического объекта по  $m$ -му носителю грани;

$K$  - количество комплексных тел, контактирующих по  $m$ -й грани;

$I$  - количество носителей грани, ограничивающих текущее комплексное тело.

Второй тип. Грани, образованные отсеками.

Для граней, образованных только одним отсеком, необходимо рассматривать сечение геометрического объекта по  $m$ -му носителю грани и псевдотело, образованное от этого отсека:

$$G_m = S_m \wedge P T_l. \quad (I8)$$

В случае образования грани несколькими ( $l=1, 2, \dots, L$ ) смежными отсеками формула для  $G_m$  примет вид:

$$G_m = S_m \wedge \left( \bigvee_{l=1}^L P T_l \right). \quad (I9)$$

Эта формула будет справедлива для расчета предиката  $G_m$ , истинность которого характеризует любую грань второго типа.

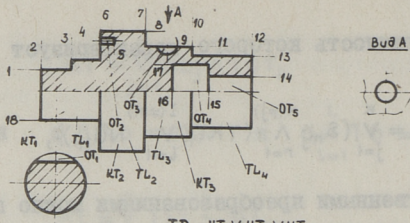
Деталь  $S$  будем описывать дополнительными понятиями каркасов, представляющими из себя совокупность всех ребер объекта  $S$ , которые образуются от пересечения граней

$$K A_s = \bigvee_{i=1}^I R_i = \bigvee_{i=1}^I (G_i \wedge_{j=i+1}^I G_j), \quad (20)$$

и множество вершин, образованных пересечением ребер,

$$M B_s = \bigvee_{n=1}^N (R_n \wedge_{m=n+1}^N R_m). \quad (21)$$

Общее описание детали представляет из себя совокуп-



$$\begin{aligned}
 TD_5 &= KT_1 \vee KT_2 \vee KT_3 \\
 KT_1 &= TL_1 \setminus OT_1 \\
 KT_2 &= TL_2 \setminus OT_2 \\
 KT_3 &= (KT_4 \vee TL_4) \setminus OT_4 \setminus OT_5 = \\
 &= KT_4 \setminus OT_4 \setminus OT_5 \vee TL_4 \setminus OT_4 \setminus OT_5 = \\
 &= KT_3 \vee KT_6 \\
 KT_4 &= TL_3 \setminus OT_3 \\
 TL_1 &= PP_2 \wedge PP_{18} \wedge \overline{PP_6} \\
 TL_2 &= PP_5 \wedge PP_8 \wedge \overline{PP_7} \\
 TL_3 &= PP_7 \wedge PP_{11} \wedge \overline{PP_{10}} \\
 TL_4 &= PP_{10} \wedge PP_{13} \wedge \overline{PP_{12}} \\
 OT_1 &= PP_4 \wedge PP_3 \setminus N_4 \setminus N_3 \\
 OT_2 &= PP_4 \wedge PP_3 \setminus N_4 \setminus N_5 \\
 OT_3 &= PP_3 \setminus N_5 \\
 OT_4 &= PP_{16} \wedge PP_{17} \wedge PP_{15} \setminus N_{617} \setminus N_{617} \setminus N_{615} \\
 OT_5 &= PP_{15} \wedge PP_{14} \setminus N_{615} \setminus N_{614} \\
 PT_4 &= PP_{16} \wedge PP_{17} \wedge PP_{15} \\
 PT_3 &= PP_{15} \wedge PP_{14} \\
 G_2 &= N_{62} \wedge TD_5 \\
 G_6 &= N_{66} \wedge TD_5 (KT_1 \setminus (KT_2 \setminus N_{68} \setminus N_{67}) \vee \\
 & \quad KT_2 \setminus (KT_4 \setminus N_{618} \setminus N_{62})) \\
 G_{10} &= N_{610} \wedge TD_5 \wedge (KT_5 \setminus (KT_6 \setminus N_{613} \setminus N_{612}) \vee \\
 & \quad KT_6 \setminus (KT_5 \setminus N_{611} \setminus N_{67})) \\
 G_{14} &= N_{614} \wedge TD_5 \wedge PT_5 \\
 G_{15} &= N_{615} \wedge TD_5 \wedge (PT_5 \vee PT_4)
 \end{aligned}$$

Фиг. 1. Некоторые элементы логико-аналитического описания детали.

ность предикатов  $TD_s$ ,  $O_s$ ,  $KA_s$  и  $MB_s$ , истинность которых характеризует соответственно тело объекта, его оболочку, каркас и множество вершин. Причем последние три предиката по сути дела являются производными от  $TD_s$  и образуют избыточные члены общего описания детали.

В качестве примера на фиг. I приведены некоторые, наиболее характерные элементы описания произвольной детали. Отметим, что поверхности 1...18 представляют из себя простейшие элементарные поверхности (цилиндр, сфера, плоскость и т.д.), уравнения которых возможно найти из анализа размерных связей детали.

Данная модель описания детали может быть успешно применена для кодирования деталей посредством пространственных элементов в режиме диалога технолога с ЭВМ и вывода операционных эскизов на деталь с помощью чертежно-графических автоматов.

## Л и т е р а т у р а

1. Автоматизированные системы технологической подготовки производства в машиностроении. Под ред. Г.К. Горанского. - М.: Машиностроение, 1976.

2. Зозулевич Д.М. Машинная графика в автоматизированном проектировании. - М.: Машиностроение, 1976.

3. Митрофанов С.П., Гульнов Ю.А., Куликов Д.Д. Автоматизация технологической подготовки серийного производства. - М.: Машиностроение, 1974.

4. Рвачев В.Л. Геометрические приложения алгебры логики. - Киев: Наукова думка, 1967.

5. Цветков В.Д. Система автоматизации проектирования технологических процессов. - М.: Машиностроение, 1972.

L. Portyanski

### Model Describing of Geometrical Objects

#### Summary

A logic-analytical model of describing 3-dimensional objects is suggested. The model can be used for designing analytical images of parts for the computer-aided technological process planning systems.

The given model is an initial step to provide instruments for the graphical man-machine interaction, for coding parts to be machined and for computer graphics.



АНАЛИЗ ИНФОРМАТИВНОСТИ СОВОКУПНОСТИ ПРИЗНАКОВ  
ОПРЕДЕЛЕНИЯ РАЦИОНАЛЬНОЙ ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ  
СТАНКОВ С ЧПУ

В статьях [2, 3] рассматриваются вопросы определения рациональных областей применения станков с ЧПУ (Ч) по сравнению с обычными станками (У) и станками-автоматами (А).

Основной задачей [2, 3] при реализации предложенных методов является обоснованный выбор признакового пространства, т.е. параметров обрабатываемых деталей, на основе которых можно с заданной вероятностью определить целесообразность обработки деталей на вышеуказанных классах станков -  $Ч \vee У \vee А$ .

Для решения поставленной задачи предлагается применение методов распознавания образов [1].

Обозначим через  $\omega_{ij}$  ( $i=1, \dots, N; N+1, \dots, N+M; N+M+1, \dots, N+M+L; j=1, \dots, k$ ) исходную совокупность признаков деталей, где  $N$  - число деталей, представленных для обработки на станках с ЧПУ,  $M$  - на обычных станках и  $L$  - на автоматах. Общее число признаков для одной детали обозначим через  $k$ .

Применимость  $j$ -го признака определяется индикатором  $\gamma_j$ ,  $j=1, 2, \dots, k$ . Компоненты вектора  $\gamma = (\gamma_1, \gamma_2, \dots, \gamma_k)$  могут принимать значения 1 или 0 в зависимости от того, учитывается ли данный признак деталей или нет, т.е.

$$\gamma_j = \begin{cases} 1, & \text{если применяется признак } \omega_{ij}, \\ 0, & \text{если не применяется признак } \omega_{ij}. \end{cases}$$

Для оценки качества распределения множества деталей между классами станков Ч, У и А используются два показателя: показатель эффективности и показатель вероятности по-

явления ошибок. Первый показатель позволяет грубо определить состав признакового пространства и назначить влияние признаков на эффективность распознавания. Для получения более наглядных результатов используется показатель вероятности появления ошибок, сущность которого адекватна показателю эффективности.

В качестве показателя эффективности распределения деталей между подмножествами станков Ч, У, А можно принять функционал [1]:

$$\max_{\gamma} \min_{\substack{p \in \{Ч, У, А\} \\ q \in \{Ч, У, А\}}} \left[ \frac{R^2(\Omega_p, \Omega_q)}{S(\Omega_p) S(\Omega_q)} \right] \quad (I)$$

при

$$D \sum_{j=1}^K C_j \gamma_j \leq C_0.$$

где  $R(\Omega_p, \Omega_q)$  – среднеквадратичный разброс признаков деталей подмножеств;

$S(\Omega_p), S(\Omega_q)$  – среднеквадратичные разбросы признаков деталей внутри подмножеств;

$C_j$  – затраты на определение  $j$ -го признака для одной детали;

$C_0$  – допустимая величина затрат;

$N + M + L = D$  – число деталей в исходном множестве.

Решение выражения (I) позволяет определить набор признаков, максимизирующий величину показателя эффективности. Ограничением используемого числа признаков является увеличение затрат.

Условная вероятность отнесения детали к множеству  $q$ , когда она относится к множеству  $p$ , определяется выражением

$$P_p = \int_{\omega_0}^{\infty} f_p(\omega) d\omega, \quad (2)$$

и в обратном случае

$$P_q = \int_{-\infty}^{\omega_0} f_q(\omega) d\omega. \quad (3)$$

При распределении значений признаков  $\omega$  согласно нормальному закону с математическими ожиданиями  $m_p$  и  $m_q$  и среднеквадратичными отклонениями  $\sigma_p$  и  $\sigma_q$  плотности распределения получается соответственно:

$$f_p(\omega) = \frac{1}{\sigma_p \sqrt{2\pi}} e^{-(\omega - m_p)^2 / (2\sigma_p)^2}; \quad (4)$$

$$f_q(\omega) = \frac{1}{\sigma_q \sqrt{2\pi}} e^{-(\omega - m_q)^2 / (2\sigma_q)^2}. \quad (5)$$

Тогда суммарная вероятность ошибки распознавания

$$P = 0,5 \left[ \int_{\omega_0}^{\infty} f_p(\omega) d\omega + \int_{-\infty}^{\omega_0} f_q(\omega) d\omega \right]. \quad (6)$$

В работах [4, 5], посвященных определению области применения станков с ЧПУ, предложены различные наборы признаков. На основе анализа перечисленных работ и Общесоюзного классификатора промышленной и сельскохозяйственной продукции (ОКП) определены вероятности ошибок для распознавания деталей, которые приведены в таблице I.

Т а б л и ц а I  
Вероятности ошибок распознавания при различных совокупностях признаков

№ п.п.	Призначное пространство	Вероятность ошибки распознавания
1.	Описанное в работе [4]	0,136
2.	Описанное в работе [5]	0,179
3.	По классификатору ОКП	0,320

Из таблицы I следует, что вероятности ошибок распознавания не удовлетворяют требованиям качественного распределения деталей между классами станков.

Анализ показал, что для решения поставленной задачи достаточно описать сложность обработки детали типа тел вращения, используя следующую систему признаков: показатель геометрической сложности детали (а), показатель точности обработки поверхностей детали (в), показатель качества поверхностей (с), число используемых инструментов для обработки детали (d), число деталей в партии (е), повторяемость партии деталей (f) и подготовительно-заключительное время (g).

Наиболее характерные комбинации перечисленных признаков и соответствующие показатели эффективности классификации представлены в таблице 2.

Т а б л и ц а 2

Влияние признаков выбора деталей  
на качество распознавания

Применяемость индикаторов $\gamma_j$ выбранных признаков								Показатель эффективности распознавания
a	b	c	d	e	f	g	EF	
I	I	I	I	I	I	I	3,44547	
2	I	I	I	I	I	0	3,44522	
3	I	I	I	I	0	I	3,44252	
4	I	I	I	0	I	I	1,73173	
5	I	I	I	0	I	I	3,44279	
6	I	I	I	0	0	0	1,70647	
7	I	I	I	I	0	0	1,72417	
8	I	I	I	I	0	0	3,42108	
9	I	I	I	0	I	0	3,42175	

При использовании классификатора ОКП и технологического классификатора деталей величина эффективности распознавания  $EF_{\text{окп}} = 0,81254$ .

Одиночное влияние признаков d, f или g на эффективности распознавания незначительно. Изменение величины вероятности ошибок распознавания с использованием совокупности признаков, согласно строкам I и 9 (табл. 2) соответственно:

$$P_I = 0,0109,$$

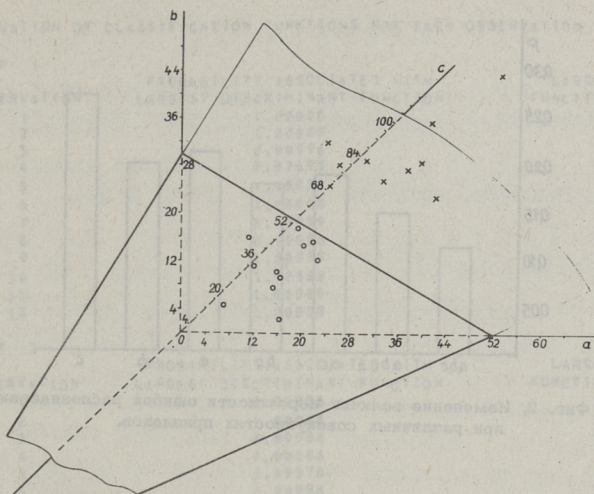
$$P_9 = 0,0644.$$

На фиг. 1 изображено распределение деталей между подмножествами станков Ч и У и соответствующая разделяющая плоскость. Уравнение указанной плоскости имеет вид:

$$0,755a + 1,320b - 0,306c - 39,5 = 0.$$

Изменение величин вероятности ошибок распознавания при различных совокупностях признаков a, b и c представлено на фиг. 2. Как видно, вероятность ошибки распознавания увеличивается при уменьшении числа признаков.





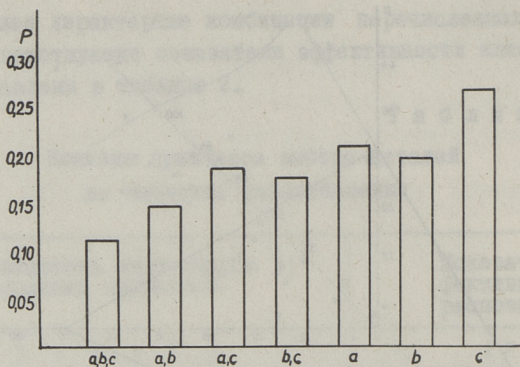
Фиг. 1. Распределение множества деталей между станками с ЧПУ и обычными станками, используя признаки а, в, с.

- x - детали предназначены для обработки на станках с ЧПУ;
- o - детали предназначены для обработки на универсальных станках.

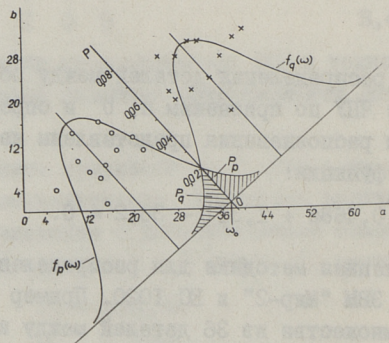
Пример распределения деталей между обычными станками и станками с ЧПУ по признакам а, в и определению вероятности ошибки распознавания представлены на фиг. 3. Соответствующая функция:

$$0,468a + 1,31b - 36,2 = 0.$$

Предложенная методика для распределения деталей реализована на ЭВМ "Мир-2" и ЕС 1020. Пример результатов распределения множества из 36 деталей между классами станков Ч, У, А приведена на фиг. 4.



Фиг. 2. Изменение величин вероятности ошибок распознавания при различных совокупностях признаков.



Фиг. 3. Вероятность ошибки распознавания при использовании признаков  $a, b$ , где  $f_p(\omega)$ ,  $f_q(\omega)$  - плотности распределения признаков деталей обрабатываемых соответственно на обычных станках и на станках с ЧПУ.  $P_p$ ,  $P_q$  - вероятности появления ошибок.

EVALUATION OF CLASSIFICATION FUNCTIONS FOR EACH OBSERVATION

GROUP 1

OBSERVATION	PROBABILITY ASSOCIATED WITH LARGEST DISCRIMINANT FUNCTION	LARGEST FUNCTION NO.
1	1.00000	1
2	1.00000	1
3	0.99996	1
4	0.97693	1
5	1.00000	1
6	1.00000	1
7	0.99999	1
8	0.99998	1
9	1.00000	1
10	1.00000	1
11	1.00000	1
12	1.00000	1

GROUP 2

OBSERVATION	PROBABILITY ASSOCIATED WITH LARGEST DISCRIMINANT FUNCTION	LARGEST FUNCTION NO.
1	0.99996	2
2	1.00000	2
3	0.99984	2
4	0.99686	2
5	0.99970	2
6	0.99988	2
7	0.99998	2
8	0.99999	2
9	0.99933	2
10	0.98381	2
11	0.99990	2
12	0.75200	2

GROUP 3

OBSERVATION	PROBABILITY ASSOCIATED WITH LARGEST DISCRIMINANT FUNCTION	LARGEST FUNCTION NO.
1	0.51013	3
2	0.99983	3
3	0.97669	3
4	0.99938	3
5	0.99026	3
6	0.99999	3
7	0.99779	3
8	0.99988	3
9	0.99878	3
10	1.00000	3
11	0.99962	3
12	1.00000	3

Фиг. 4. Распределение множества деталей между станками с ЧПУ, обычными станками и автоматами:

Группа 1 - детали предназначены для обработки на станках с ЧПУ;

Группа 2 - на обычных станках;

Группа 3 - на автоматах.

## Л и т е р а т у р а

1. Горелик А.Л., Скрипкин В.А. Методы распознавания. - М.: Высшая школа, 1977.

2. Р и й в е с Ю.Э. Выбор деталей для станков с ЧПУ. - "Тр. Таллинск. политехн. ин-та", 1978, № 454.

3. Хартманн И., Квттнер Р.А. Определение рациональной области применения станков с ЧПУ. - "Тр. Таллинск. политехн. ин-та", 1978, № 454.

4. F ä h n r i c h I., R u ž i č k a V. Rozbor součástkove zakladny pro čislicove řizene obraběci stroje. Kniznice VUSTE 84, Praha, 1972.

5. H a r t m a n n I., W i l d e E. Methode Grenzkompliziertheit.- Fertigungstechnik und Betrieb, 1974, S. 653-655.

J. Riives

### The Analysis and Design of the Efficient Set of Workpiece Characteristics for Evaluating the Utilization of Numerical Controlled Machine Tools

#### Summary

The paper deals with the problems of designing the set of workpiece characteristics for efficient computer assisted evaluation of workpiece - spectrum and selection of workpieces, the machining of which on the numerical controlled machine tools is less costly than conventional machining.

Pattern recognition methods are used. Some examples are presented to illustrate the proposed methods.

Р.А. Кюттнер, Г.И. Некрасов

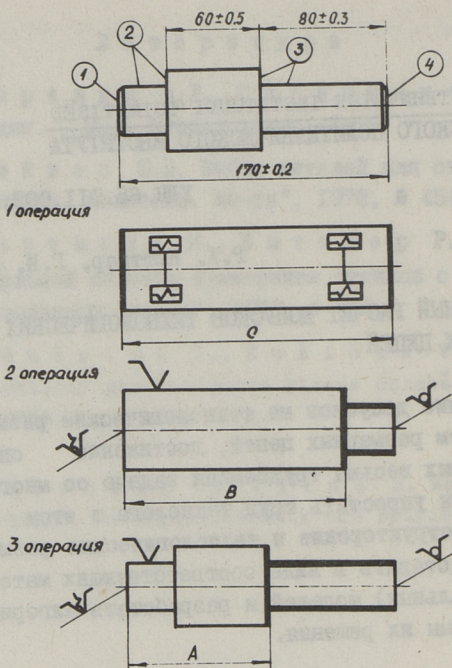
ОПТИМАЛЬНЫЙ РАСЧЕТ ДОПУСКОВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ  
РАЗМЕРНЫХ ЦЕПЕЙ

Определение допусков на технологические размеры связано с решением размерных цепей, достижение оптимальных значений которых весьма трудоемкая задача со многими неизвестными. Чтобы упростить труд технолога в этом вопросе, необходимо конструкторские и технологические размерные цепи детали представить в виде соответствующих математических (вычислительных) моделей и разработать алгоритмы и машинные программы их решения.

I. Построение конструкторской размерной  
модели детали

Рассматривая деталь как совокупность элементарно обрабатываемых поверхностей (ЭОП) и принимая их за вершины графа [1], а размерные связи между ними (номинальные размеры и допуски) — за дуги, соединяющие эти вершины, можно размерную информацию чертежа детали представить в виде дерева (графа), представляемого в вычислительной модели в виде матрицы смежности. Принимая положительную ориентацию размеров в направлении установленных координатных осей, а ориентацию в матрице от строк к столбцам, матрицы номинальных размеров и допусков для примера (фиг. 1) следующие

$$A = \begin{vmatrix} 0 & \infty & \infty & 170 \\ \infty & 0 & 60 & \infty \\ \infty & -60 & 0 & 80 \\ -170 & \infty & -80 & 0 \end{vmatrix}, \quad \delta_k = \begin{vmatrix} 0 & \infty & \infty & 0,4 \\ \infty & 0 & 1,0 & \infty \\ \infty & 1,0 & 0 & 0,6 \\ 0,4 & \infty & 0,6 & 0 \end{vmatrix}.$$



Фиг. 1. Пример образования технологических размеров.

## 2. Технологическая размерная модель

Построение технологической размерной модели детали ведется на основе маршрута обработки после установления базовых и обрабатываемых поверхностей. На примере вала, приведенного на фиг. 1, рассмотрим алгоритм и оптимизацию технологической размерной модели процесса обработки детали. Номинальные значения операционных размеров и середин полей допусков определяются на основе "конструкторской модели", используя алгоритм обобщенного умножения матриц [I]. Матрицу допусков операционных размеров можно представить в виде

$$\delta_T = \|\delta_{T_{ik}}\|,$$

где

$$\delta_{T_{ik}} \begin{cases} 0, & \text{если } i = k; \\ \delta_{T_{ik}}, & \text{если } p_i \text{ и } p_k \text{ имеют размерную связь;} \\ \infty, & \text{если } p_i \text{ и } p_k \text{ не имеют размерной связи.} \end{cases}$$

Тогда для примера (см. фиг. I) матрица допусков операционных размеров будет иметь вид

$$\delta_T = \begin{vmatrix} 0 & \infty & \delta_A & \delta_C \\ \infty & 0 & \infty & \delta_B \\ \delta_A & \infty & 0 & \infty \\ \delta_C & \delta_B & \infty & 0 \end{vmatrix}.$$

Каждым итеративным обобщенным умножением матриц на себя  $A^2 = A \dot{\times} A$ ,  $A^3 = A^2 \dot{\times} A$  и т.д. определяется соответственно решение размерных цепей длиной 2, 3 и т.д. звеньев. Если после некоторой  $k$ -й итерации все элементы матрицы  $A^k$  меньше установленного значения  $C$  (достаточно большого числа), т.е.:

$$a_{ij}^k < C \quad (i = 1, 2, \dots, n; j = 1, 2, \dots, n),$$

то это является свидетельством полноты технологических размерных цепей (размерные цепи являются полными в том смысле, что размеры, установленные на технологических эскизах, обеспечивают получение всех конструкторских размеров).

Для примера (фиг. I) матрица допусков на технологические размеры после третьей итерации следующая:

$$\delta_T^3 = \begin{vmatrix} 0 & \delta_B + \delta_C & \delta_A & \delta_C \\ \delta_B + \delta_C & 0 & \delta_A + \delta_B + \delta_C & \delta_B \\ \delta_A & \delta_A + \delta_B + \delta_C & 0 & \delta_A + \delta_C \\ \delta_C & \delta_B & \delta_A + \delta_C & 0 \end{vmatrix}.$$

Условием полноты технологических размерных цепей является

$$a_{ij} \leq \infty.$$

Во-первых, условия обеспечения требуемой конструктором точности размеров детали в ходе технологического процесса можно вывести непосредственно, сравнивая матрицы смежности допусков конструкторской размерной цепи  $\|\delta_k\|$  с матрицей  $\|\delta_T\|^k$ . Как пример получим условия достижения требуемой точности конструкторских размеров (ограничения

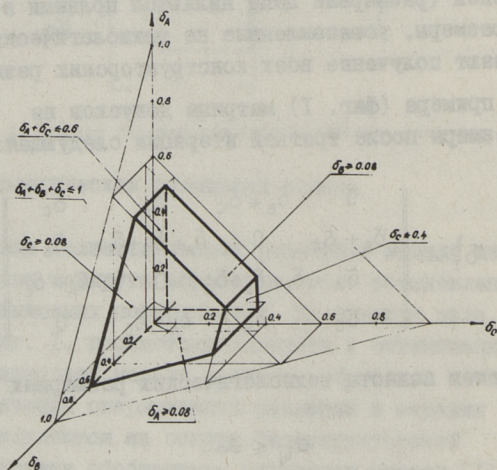
"сверху"), а именно:

$$\begin{cases} 0,4 \geq \delta_c, \\ 1,0 \geq \delta_A + \delta_B + \delta_c, \\ 0,6 \geq \delta_A + \delta_c \end{cases} \quad (1)$$

Во-вторых, любая операция механической обработки характеризуется "достигаемой точностью", что позволяет в свою очередь составить ограничения "снизу" на допуски операционных размеров.

В качестве примера для данных методов обработки [2] получим следующий набор условий:

$$\begin{cases} \delta_A \geq 0,08, \\ \delta_B \geq 0,08, \\ \delta_C \geq 0,08. \end{cases} \quad (2)$$



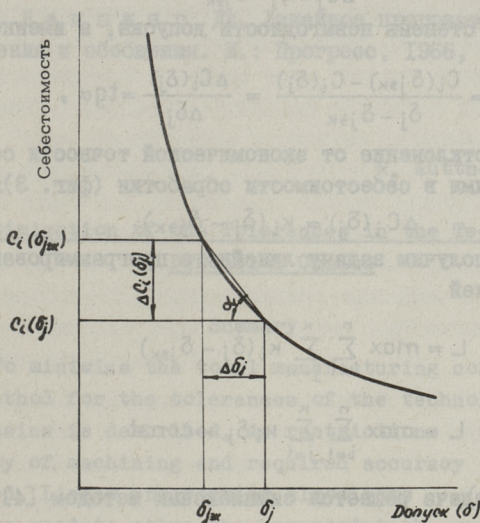
Фиг. 2. Область допустимых значений допусков операционных размеров.

Решая совместно полученную систему ограничений (1) и (2), находим  $n$ -мерный выпуклый многоугольник как допустимая область решений задачи проектирования технологических процессов по точности (фиг. 2).



### 3. Оптимизация расчета технологических размерных цепей

Система ограничений выражениями (1) и (2) позволяет установить возможные сочетания допусков операционных размеров на технологический процесс. Оптимальное сочетание можно выбрать по наименьшей суммарной величине тех затрат, которые зависят от способов получения операционных допусков. Для любой операции зависимость "себестоимость - требуемый допуск" возрастает по гиперболической кривой, т.е. по мере повышения точности (уменьшения величины допуска) приходится изменять технологический процесс и вводить дополнительное оборудование - более дорогое и менее производительное. В связи с этим лучшему варианту распределения



Фиг. 3. График зависимости себестоимости от требуемой точности изготовления детали.

операционных допусков соответствует минимальная себестоимость механической обработки, т.е.

$$C = \min \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^k C_i(\delta_j), \quad (3)$$

где  $n$  - число операций механической обработки;  
 $k$  - число операционных размеров на  $i$ -операции;  
 $C_i(\delta_j)$  - себестоимость получения операционного допуска  $\delta_j$   
на  $i$ -операции.

Выражения (1) - (3) являются математическим описанием множества вариантов операционных допусков, т.е. получаем задачу с нелинейной целевой функцией с линейными ограничениями. Получение зависимостей  $C = C(\delta)$  можно получить моделированием задачи оптимизации режимов обработки [3].

Данную целевую функцию можно преобразовать в линейную. Для каждой операции существует так называемая экономическая точность  $\delta_{эк}$ , при которой наиболее целесообразно вести обработку, тогда отклонение

$$\Delta\delta_j = \delta_j - \delta_{jэк}$$

характеризует степень невыгодности допуска, а именно, принимая

$$k = \frac{C_i(\delta_{jэк}) - C_i(\delta_j)}{\delta_j - \delta_{jэк}} = \frac{\Delta C_i(\delta_j)}{\Delta\delta_j} = \text{tg}\alpha,$$

получим, что отклонение от экономической точности сопровождается потерями в себестоимости обработки (фиг. 3):

$$\Delta C_i(\delta_j) = k_i(\delta_j - \delta_{jэк}).$$

В итоге получим задачу линейного программирования с целевой функцией

$$L = \max \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^k k_i(\delta_j - \delta_{jэк})$$

или

$$L = \max \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^k k_i \delta_j + \text{const.}$$

Данная задача решается симплексным методом [4]. Оптимальные значения допусков операционных размеров для примера на фиг. 1 следующие:

$$\delta_A = 0,2; \delta_B = 0,4; \delta_C = 0,4.$$

Реализация данных методов расчета технологических размерных цепей в САПР позволяет определить оптимальные значения допусков операционных размеров для технологического процесса изготовления детали.

## Л и т е р а т у р а

1. Л а м п Ю.В., Н е к р а с о в Г.И. Представление и обработка размерной информации для деталей машиностроения в системах машинного проектирования технологических процессов. - "Тр. Таллинск. политехн. ин-та", 1978, № 454, с. 39-45.

2. Справочник технолога-машиностроителя. Том I. Под ред. А.Г. Косиловой и Р.К. Мещерякова. М.: Машиностроение, 1973. 694 с.

3. К о г е р Т.А., П а п с т е л ь Ю.В., Т р е й - е р П.И., Щ е г л о в Н.Н. Система информации для технологического анализа машиностроительного производства. - Таллин, Экспериментальный комбинат "БИТ", 1974, 28 с.

4. Д а н ц и н г Дж. Линейное программирование, его применения и обобщения. М.: Прогресс, 1966, 602 с.

R. Küttner, G. Nekrassov

### Optimization of the Tolerances in the Technological Dimension Chains

#### Summary

To minimize the total manufacturing cost an optimization method for the tolerances of the technological dimension chains is described. As restrictions the admissible accuracy of machining and required accuracy of parts are proposed. Linear programming algorithms (simplex method) could be used to solve the proposed task.



## РАЗРАБОТКА ОБОБЩЕННЫХ СТРУКТУР ПРИСПОСОБЛЕНИЙ

Структуру технологических приспособлений для их выбора целесообразно описывать на уровне спецификации — с определением их состава с указанием взаимных связей [1].

Объединяя графы структуры конкретных приспособлений для обработки однотипных деталей, получаем структуру типового приспособления. Целесообразно иметь общую структуру, охватывающую описание всех типовых (групповых) приспособлений, предназначенных для обработки деталей одной группы. Такая объединенная структура содержит описание структур приспособлений, используемых при обработке деталей на одной или нескольких типовых (групповых) операциях. Для обобщения полученной структуры следует: унифицировать его составные элементы на всех уровнях расчленения, выработать унифицированные элементы и построить их параметрические ряды, выработать логические условия выбора для всех уровней [2].

Выявлены признаки для составления группы деталей, приспособления для обработки которых целесообразно включить в обобщенную структуру.

Основные признаки:

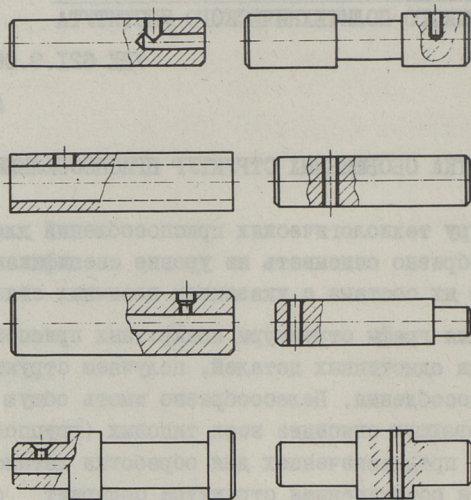
- класс детали;
- вид работы;
- месторасположение обрабатываемой поверхности.

Дополнительные признаки:

- вид поверхности;
- технологическая схема базирования.

На фиг. I в качестве примера приведена группа деталей типа вала, сгруппированных для операции сверления ра-

диальных отверстий с базированием по наружной поверхности в призме.



Фиг. 1. Представители деталей типа вала с радиальными отверстиями.

Для анализа составных элементов одного уровня расчленения (и для назначения приспособлений на операцию) выработаны логические условия их выбора. На базе составных элементов разной конструкции, имеющих общие значения условий выбора, вырабатывается один унифицированный с применением унифицированных базовых поверхностей для соединения с другими элементами [3]. Дадём условия для различных уровней.

Для типового приспособления:

- вид работы;
- технологическая схема базирования;
- вид поверхности;
- месторасположение обрабатываемой поверхности;
- расположение детали относительно станка;
- система приспособлений.

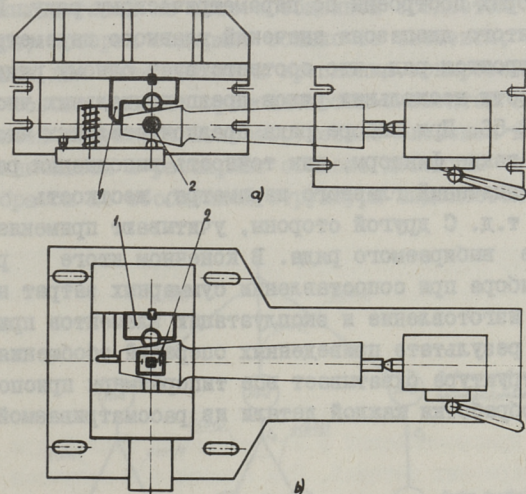
Для базовой части:

- модель станка;

- расположение детали относительно станка;
- система приспособлений;
- код элементов стыковки приспособления со станком.

Для сменного элемента:

- взаимное расположение базовых и обрабатываемой поверхностей;
- технологическая схема базирования;
- соотношение размеров базирующих поверхностей обрабатываемой детали;
- код элементов стыковки сменного элемента с базовой частью.

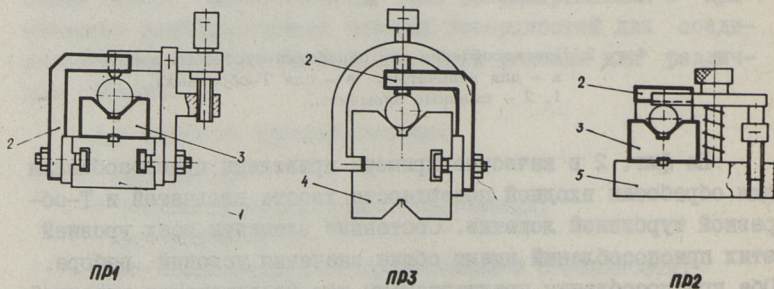


Фиг. 2. Приспособления для обработки турбинных лопаток:  
 а - для вилчатых, в - для Т-образных;  
 1, 2 - сменные элементы.

На фиг. 2 в качестве примера приведены приспособления для обработки входной поверхности хвоста вилчатой и Т-образной турбинной лопатки. Составные элементы всех уровней этих приспособлений имеют общие значения условий выбора. Оба приспособления предназначены для фрезерования выходной поверхности хвоста лопатки с использованием одинаковой схемы базирования и расположения детали относительно станка; у обоих одинаковое взаимное расположение базовых и обрабаты-

ваемой поверхности; оба относятся к системе специализированных наладочных приспособлений и т.д. В результате анализа их конструкции (точности, жесткости, технологичности изготовления, простоты переналадки, возможности составления алгоритма выбора при помощи ЭВМ, времени установки и снятия обрабатываемой детали, стоимости и т.д.) в основу для выработки унифицированного приспособления взята конструкция для обработки Т-образной лопатки.

Для расширения области применения полученных объединенных структур на каждом уровне расчленения вырабатываются ряды унифицированных составных элементов, типоразмеры которых построены по параметрическому ряду. В пределах принятого диапазона значений главного параметра элементов строится ряд, что соответствует одному ряду или совокупности нескольких рядов предпочтительных чисел по ГОСТ 8032-56. При выборе ряда предпочтительных чисел учитываются такие факторы, как точность выполнения размеров, диапазон значений главного параметра, жесткость и вес детали и т.д. С другой стороны, учитывает применяемость в интервале выбираемого ряда. В конечном итоге решается вопрос выбора при сопоставлении суммарных затрат на разработку, изготовление и эксплуатацию элементов приспособлений. В результате приведенных операций обобщения полученная структура охватывает все типоразмеры приспособлений для обработки каждой детали из рассматриваемой группы.



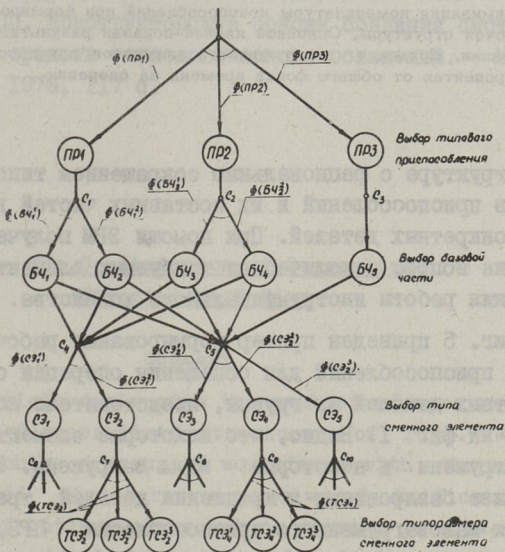
Фиг. 3. Типовые приспособления для обработки радиальных отверстий в деталях типа вала: 1, 4, 5 - базовые части, 2, 3 - сменные элементы.



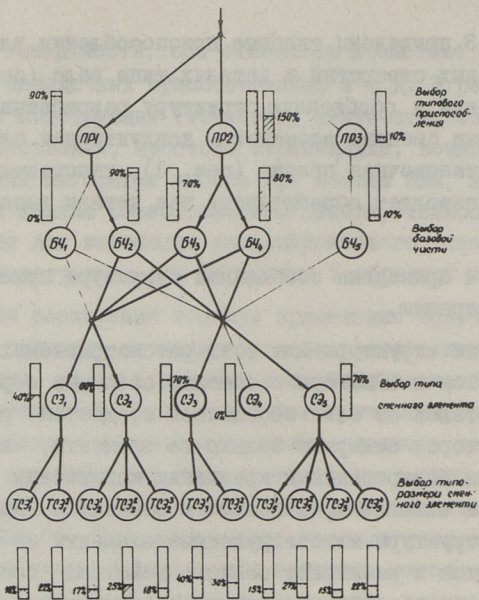
На фиг. 3 приведены типовые приспособления для сверления радиальных отверстий в деталях типа вала (см.фиг.1). При их включении в обобщенную структуру разрабатывались унифицированные сменные элементы – кондукторная плита (поз. 2) и установочная призма (поз. 3), типоразмерный ряд которых позволяет обрабатывать все детали данной группы.

На фиг. 4 приведена обобщенная структура приспособлений на эту операцию.

Обобщенные структуры для всех рассматриваемых групп деталей вводятся в ЭВМ. При оснащении операции обработки конкретных деталей на базе обобщенной создается рабочая структура, которая содержит только те элементы, которые необходимы для базирования и крепления конкретных деталей. На основе анализа применимости элементов выделенной рабочей структуры малозагруженные элементы из структуры исключаются и расширяют область действия соседних. Таким образом из обобщенной структуры выделяется опти-



Фиг. 4. Обобщенная структура приспособлений, представленных на фиг. 2: ПР – типовая конструкция, БЧ – базисная часть, СЭ – сменный элемент, ТСЭ – типоразмер сменного элемента,  $\phi(x)$  – условия выбора элементов.



Фиг. 5. Оптимизация номенклатуры приспособлений при формировании рабочей структуры. Основной линией показан результат оптимизации. Показана загруженность элементов приспособлений в процентах от общего фонда времени на операцию.

мальная структура с рациональным сокращением типов и типоразмеров приспособлений и их составных частей для оснащения конкретных деталей. При помощи ЭВМ получаем также ответ на вопрос о количестве требуемых элементов для планирования работы инструментального хозяйства.

На фиг. 5 приведен пример формирования рабочей структуры приспособлений для оснащения операции обработки конкретных деталей из группы, представители которых приведены на фиг. 1. Видно, что некоторые элементы совсем не загружены и некоторые - мало загружены. В результате анализа базирования и крепления деталей, требующих применения малозагруженного приспособления - ПР3, выявлена возможность обработки этих деталей на другом приспособлении - ПР2, вследствие чего ПР3 из рабочей структуры исключается. Исключаются также элементы БЧ<sub>1</sub> и СЭ<sub>4</sub>

(см. фиг. 5). В описание рабочей структуры вводятся соответствующие корректировки.

Использование обобщенных структур приспособлений обеспечит оснащенность всех деталей данной группы на основе широкой унификации элементов приспособлений и позволяет с применением ЭВМ определить оптимальную номенклатуру приспособлений для обработки конкретных деталей данной группы.

#### Л и т е р а т у р а

1. К ю т т н е р Р.А., М е с и л а Р.А. Формальное описание структур обобщенных компоновок средств технологического оснащения. - "Тр. Таллинск. политехн. ин-та", 1976, № 412, с. 25-36.

2. Т а м м А.Л. Описание и выбор приспособлений в системах автоматизированного проектирования технологических процессов. - "Тр. Таллинск. политехн. ин-та", 1978, № 454, с. 23-30.

3. ЕСТН. Конструкторские основы создания системы стандартных средств технологического оснащения. - М.: Изд. стандартов, 1976, II7 с.

А. Тамм

#### The Construction of Generalized Structures of Rigs

##### Summary

The article deals with the problem of construction and application of generalized structures of rigs. When it is needed to machine a group of workpieces with the assistance of generalized structures a problem of unification and estimation of optimum nomenclature of rigs is solved.

To take the rigs into generalized structure, the criteria for a group of workpieces are given.

## С о д е р ж а н и е

- I. Р.А. Кюттнер, Э.В. Юрвес. Оптимизация баз данных режущего инструмента для систем автоматизированного проектирования технологических процессов механической обработки . . . 3
- 2, Л.А. Портянский. Об одной модели описания геометрических объектов. . . . . II
3. Ю.Э. Рийвес. Анализ информативности совокупности признаков определения рациональной области применения станков с ЧПУ. . . . . 19
4. Р.А. Кюттнер, Г.И. Некрасов. Оптимальный расчет допусков технологических размерных цепей. . . . . 27
5. А.Л. Тамм. Разработка обобщенных структур приспособлений. . . . . 35









Цена 40 коп.