Ep.6.7
536

ISSN 0136-3549
0320-3344

TALLINNA
POLÜTEHNILISE INSTITUUDI
TOIMETISED

536

ТРУДЫ ТАЛЛИНСКОГО
ПОЛИТЕХНИЧЕСКОГО
ИНСТИТУТА

TPI '82

АВТОМАТИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ

Ep.6.7

536

TALLINNA POLÜTEHNILISE INSTITUUDI TOIMETISED

ТРИ '82

ТРУДЫ ТАЛЛИНСКОГО ПОЛИТЕХНИЧЕСКОГО ИНСТИТУТА

УДК 658.512.621.9+681.3

АВТОМАТИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ

Машиностроение XX

Таллин 1982

Содержание

I. О.М. Эльяс. Представление и реализация базы знаний проектирования для САПР..... 3

2. Л.А. Портянский. Синтаксический анализ как процедура распознавания функций технологического процесса..... II

3. Р.А. Кюттнер. Решение логических задач распознавания при построении моделей проектирования для САПР..... 23

4. Ю.Ю. Анвельт, Ю.Э. Рийвес. Определение рациональных параметров станка с ЧПУ для обработки детали..... 3I

5. А.Л. Тамм. Определение погрешности установки переналаживаемых приспособлений..... 39

6. Р.А. Месила, А.Л. Тамм. Разработка приоритетов при выборе приспособлений..... 49

7. Р.Я. Тальвик. К вопросу расчета точности кондукторов..... 6I

8. Р.Я. Тальвик. О методике расчета точности станочных приспособлений..... 73

9. Ю.В. Папстел. Обобщенная модель технологического процесса..... 8I

© Таллинский политехнический институт, 1982

Таллинский политехнический институт
Труды ТПИ № 536
АВТОМАТИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПРОЦЕССОВ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ
Машиностроение XX
Редактор Г.Гроссшмидт
Техн. ред. В.Ранник
Сборник утвержден коллегией Трудов ТПИ 06.05.82
Подписано к печати 28.10.82
Бумага 60x90/16. Печ. л. 5,75 + 0,25 приложение
Уч.-изд. л. 4,9. Тираж 300. МВ-03783
Ротапринт ТПИ, Таллин, ул. Коскла, 2/9
Зак. № 500
Цена 75 коп.

Teaduslik Raamatukogu
ENSV TA
TALLINN

№ 536

TALLINNA POLÜTEHNILISE INSTITUUDI TOIMETISED

ТРУДЫ ТАЛЛИНСКОГО ПОЛИТЕХНИЧЕСКОГО ИНСТИТУТА

УДК 652.512:621.14.

О.М. Эльяс

ПРЕДСТАВЛЕНИЕ И РЕАЛИЗАЦИЯ БАЗЫ ЗНАНИЙ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ДЛЯ САПР

Успехи, достигнутые за последние годы в области машинного представления знаний, позволяют доверить часть интеллектуальной деятельности человека вычислительной технике. Речь идет о создании систем автоматизированного проектирования с элементами искусственного интеллекта. Системы с элементами искусственного интеллекта по сравнению с другими системами предполагают наличие, кроме баз данных, баз знаний, специальных языков представления знаний, соответствующего программного обеспечения. Перечисленные выше компоненты входят в состав базового (инвариантного)программного обеспечения систем с элементами искусственного интеллекта. Из существующих методов представления знаний наиболее интересен метод, основанный на теории семантических сетей (фреймов), основоположником которого является М. Минский [1, 2].

В данной статье описана попытка применения теории семантических сетей для построения базы знаний САПР технологических процессов.

База знаний содержит необходимую информацию в виде моделей проектирования и моделей семантических понятий.Модели проектирования отождествляют алгоритмы проектирования технологических процессов и составляют алгоритмическую компоненту базы знаний. Модели проектирования имеют графовидную структуру и состоят из элементов модели (вершин) и отношений (дуг), связывающих эти элементы модели в единую модель проектирования.

Модели проектирования представляют собой декларативно-процедурную структуру, т.е. совокупность описаний и множе-

ство (возможно пустое) связанных с ними процедур. Доступ к заложенным в моделях процедурам выполняется прямо из модели. Все процедуры моделей проектирования являются процедурами - слугами, которые активизируются по запросу пользователя. При спецификации моделей проектирования пользователю доступны следующие элементарные процедуры:

I) процедура условного назначения элемента модели (ЕСЛИ);
2) вычислительная процедура (ВЫЧИСЛИТЬ);
3) процедуры оптимизации проектных решений;
по максимуму (ПРИОРИТЕТ - МАКСИМУМ),
по минимуму (ПРИОРИТЕТ - МИНИМУМ);
4) процедура останова (СТОП);
5) процедура вывода сообщений (СООБЩИТЬ);
6) процедура запроса информации (ВОПРОС);
7) процедура поиска средства технологического оснащения (СТО) и базы данных системы по логическому выражению (ИСКАТЬ).

С использованием слов-связок (ТО, ИНАЧЕ) элементарные процедуры могут быть объединены в составные, например:

```
ЕСЛИ ' A > Ø. & A < = IØ.Ø ' ТО ВЫЧИСЛИТЬ ' B' = 'C * 2'
ЕСЛИ ' A > IØ.Ø & A < = 2Ø.Ø ' ТО ВЫЧИСЛИТЬ ' B' = 'C * 3'
ИНАЧЕ
    ВЫЧИСЛИТЬ 'B ' = 'Ø.25 * C'
```

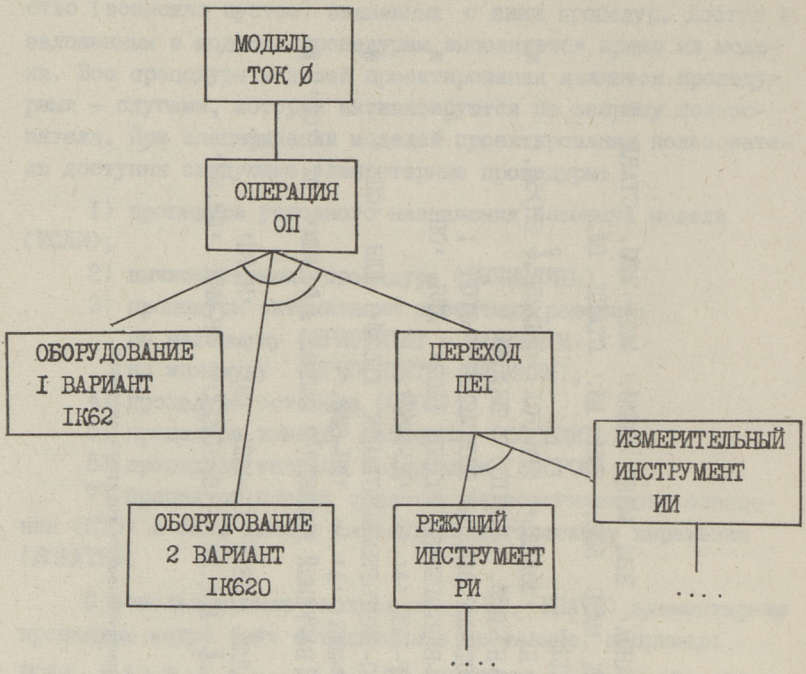
Фрагмент модели проектирования и соответствующая ей графовая структура представлены на фиг. I и 2 соответственно.

Модели семантических понятий содержат необходимые знания, закономерности, составляя этим информационную, смысловую компоненту базы знаний. Основная задача моделей понятий - это снабжение моделей проектирования необходимыми знаниями, т.е. информационное обеспечение процесса проектирования. Модели понятий имеют фреймовую структуру [3], согласно которой наряду с фактическими знаниями они содержат множество пустот (слотов), правил их заполнения.

Модель понятия состоит из:
- имени понятия;

```
ТЕКСТ  'ФРАГМЕНТ МОДЕЛИ ТОКАРНОЙ ОПЕРАЦИИ'
МОДЕЛЬ  'ТОКØ1'
ТЕКСТ  'ОПИСАНИЕ ДОПУСТИМЫХ ПЕРЕМЕННЫХ'
ПЕР ОБЗН  'DH'  НАИМ  'НАРУЖНЫЙ ДИАМЕТР ФЛАНЦА'  ВЕЩ  МАКС 1ØØØ.  МИН 2ØØ.  СТАНД Ø
ПЕР ОБЗН  'BH'  НАИМ  'ТОЛЩИНА ФЛАНЦА'  ВЕЩ  МАКС 5ØØ.  МИН 1Ø.  СТАНД 1Ø.
ТЕКСТ  'МОДЕЛЬ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТОКАРНОЙ ОПЕРАЦИИ'
З 1Ø  'ОП'  ОБЗН  '4161Ø'  НАИМ  'ТОКАРНАЯ'  ВХ  'МОДЕЛЬ'  ПРИ-УСЛ  'DH>25Ø.& BH>5Ø.'  ж
                            ЕСЛИ  'DH<2ØØ. ! DH>1ØØØ. ! BH<1Ø. ! BH>5ØØ '
                            ТО  СООБ  'НЕДОПУСТИМЫЕ ВХОДНЫЕ ПАРАМЕТРЫ'  СТОП  ;
З 2Ø  'ОБ'  1  ОБЗН  '1К62'  НАИМ  'ТОКАРНО-ВИНТОРЕЗНЫЙ СТАНОК 1К62'  ДЛЯ  'ОП'  ж
                      ЕСЛИ  'DH <= 4ØØ.'  ПР-МИН  'А'  =  'DH-4ØØ'.
З 3Ø  'ОБ'  2  ОБЗН  'К62Ø'  НАИМ  'ТОКАРНО-ВИНТОРЕЗНЫЙ СТАНОК 1К62Ø'  ДЛЯ  'ОП'  ж
                      ЕСЛИ  'DH <= 6ØØ.  ПР-МИН  'А'  =  'DH-6ØØ.'
З 4Ø  'ПЕ1'  ОБЗН  '41ØØØ61'  НАИМ  'ТОЧИТЬ НАРУЖНЫЙ ДИАМЕТР В РАЗМЕР ≠ DH≠ММ'  ВХ  'ОП'  ж
                  ПРИ-УСЛ  'DH = Ø.'
З 5Ø  'РИ'  ИСК  'L.РИ= 1ØØ.Ø & В.РИ<4Ø.'  ДЛЯ  'ПЕ1'  ПР-МИН  'В'  =  'Н.РИ'
З 6Ø  'ИИ'  ИСК  'L.ИИ>DH & L.ИИ < DH + 3Ø. &  КОД.ИИ = '82Ø1ØØØØ'  ПР-МИН  'ПИ.ИИ'
```

Фиг. 1. Фрагмент модели проектирования токарной операции.



Фиг. 2. Фрагмент графа модели проектирования токарной операции.

- ссылки на прототипную модель;
- множества описаний слотов.

Имя понятия служит для связываний отдельных моделей в семантическую сеть и является отдельными компонентами моделей проектирования, которыми манипулируют конечные пользователи. Например, именами понятий могут быть: операция (ОП), режущий инструмент (РИ), оборудование (ОБ), измерительный инструмент (ИИ).

Слот - это элементарная структура модели, которая включает в себя:

- обозначение;
- значение (возможно пустое);
- множество (возможно пустое) связанных процедур.

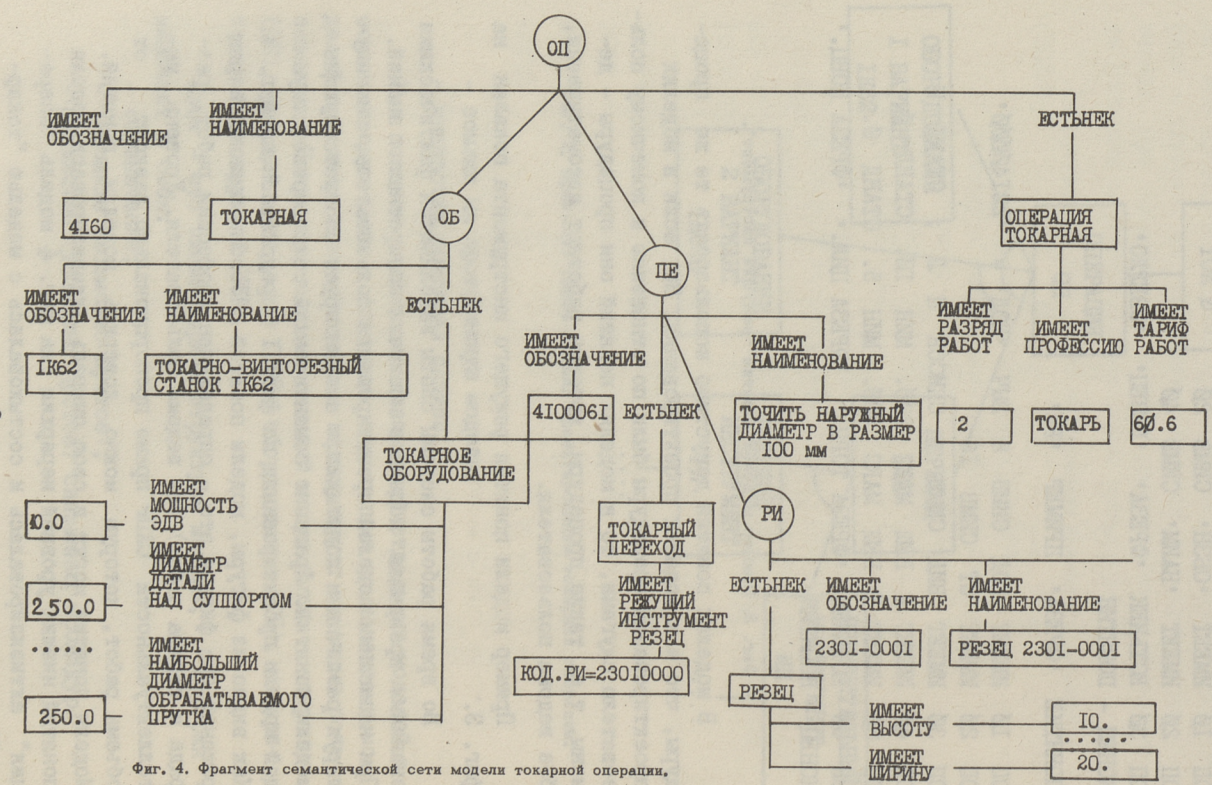
```
ПОНЯТИЕ 'РИ' ПРИМЕР 'СТО'

ОП 1Ø ИМЕЕТ 'ОБЗН' СИМВ 2Ø
ОП 2Ø ИМЕЕТ 'НАИМ' СИМВ 4Ø
ОП 3Ø ЕСТЬНЕК 'ФРЕЗА' 'РЕЗЕЦ' 'СВЕРЛО'
КОНЕЦ - ПОНЯТИЯ

ПОНЯТИЕ 'ФРЕЗА' ПРИМЕР 'РИ'

ОП 1Ø ИМЕЕТ КОД СИМВ 8 ВЫЧ 'КОД' = '2214ØØØØ'
ОП 2Ø ИМЕЕТ СТ СИМВ 16
ОП 3Ø ИМЕЕТ ВИД СИМВ 4 СПИСОК П Л ; СТАНД П
ОП 4Ø ИМЕЕТ Z ВЕЩ МАКС 2ØØ. МИН 1Ø. СТАНД Ø.
ОП 5Ø ИМЕЕТ D ВЕЩ МАКС 4ØØ. МИН 5. СТАНД Ø.
ОП 6Ø ЕСТЬНЕК 'ФРЕЗА ТОРЦ.' 'ФРЕЗА ЦИЛ.' 'ФРЕЗА КОНЦ.'
КОНЕЦ - ПОНЯТИЯ
```

Фиг. 3. Пример моделей понятия "режущий инструмент".

В моделях понятий допустимо использовать те же процедуры, что и в моделях проектирования. Но, если в моделях проектирования процедуры были по отношению к конечному пользователю слугами, то в моделях понятий они процедуры - демоны, т.е. такие процедуры, которые работают автоматически, без ведома пользователя.

Пример модели понятия режущего инструмента показан на фиг. 3.

Во время работы системы слоты заполняются фактическими знаниями превращая модели в носители конкретных знаний. При написании моделей проектирования пользователь, манипулируя различными понятиями, активизирует соответствующие модели понятий. Фрагмент семантической сети соответствующей модели проектирования по фиг. 1 представлен на фиг. 4. Как видно из фигуры, модели понятий способны принимать ряд решений (на фигуре это - определение профессии работ, разряда и тарифа работ) без ведома пользователя. Уровень интеллектуальности САПР прямо пропорционально зависит от объема работ, которую можно доверить моделям понятий. Модели понятий могут в свою очередь активизировать модели понятий низших уровней иерархии (на фиг. 4 модель "операция" активизировалась и состыковалась с моделью "токарная").



Фиг. 4. Фрагмент семантической сети модели токарной операции.

По мере продвижения по семантической сети сверху вниз степень общности понятий уменьшается, в то время как конкретизация знаний возрастает. Информация, полученная в одних моделях, полностью доступна для использования в других, что реализуется составными обозначениями, состоящими из обозначения слота и имени понятия, т.е. составное обозначение D.РИ интерпретируется как значение слота с обозначением D (диаметр режущего инструмента) понятия "режущий инструмент". Если же использовать несоставные обозначения, то они интерпретируют значения слотов текущего (активного) понятия.

Если в модели проектирования использована процедура ИСК (поиска СТО по логическому условию), то модели понятий выполняют функцию формирования поискового образа СТО, по которому будет производиться тестирование имеющихся в базе данных системы СТО. Например, понятие "переход" (запись 40, фиг. I) определяет вид режущего инструмента (КОД.РИ = 230I0000, что соответствует резцу) и активизирует понятие "режущий инструмент". При поиске происходит двойное тестирование. Первое по шаблону: КОД.РИ ='230I0000'. Те режущие инструменты, которые выдержали первое тестирование, подвергаются второму по шаблону: L.РИ = IØØ.0 & B.РИ <4Ø.

Из подмножества инструментов, прошедших тестирование, будет выбран один с минимальным габаритом (Н.РИ).

Из приведенного выше примера видно, что одни модели понятий могут заполнять слоты других, для обеспечения правильности их функционирования.

Из вышесказанного можно сделать вывод о возможности построения и реализации достаточно полной и эффективной базы знаний САПР, основанной на теории семантических сетей, способной самостоятельно решать ряд задач автоматизированного проектирования технологических процессов.

Литература

I. Минский М. Фреймы для представления заний. Пер. с англ. М., Энергия, I979, с. I26-I44.

2. Минский М. Структура для представления знания. В кн.: Психология машинного зрения /Под ред. П. Уинстона. М., Мир, 1978, с. 249-338.

3. Кузин Л.Т. Основы кибернетики, т. 2. М., Энергия, 1979, с. 409-486.

O. Elyas

Knowledge Base Structure and Its Realisation for Computer-Aided Technological Process Planning Systems

Summary

This article deals with the problems of elaboration and realisation of a knowledge base for computer-aided technological process planning systems. This elaboration is based on the main rules of the semantic networks theory. The structure of the knowledge base is given, its main functions are described. It is shown that the knowledge base consists of two kinds of models: notion model, which carries the problem-oriented knowledge, and planning model, which is nothing more than the technological process planning algorithm.

№ 536

TALLINNA POLÜTEHNILISE INSTITUUDI TOIMETISED

ТРУДЫ ТАЛЛИНСКОГО ПОЛИТЕХНИЧЕСКОГО ИНСТИТУТА

УДК 62I.3-523.8:658.5I2/5I3

Л.А. Портянский

СИНТАКСИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ КАК ПРОЦЕДУРА РАСПОЗНАВАНИЯ ФУНКЦИЙ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА

Технологический процесс изготовления некоторой детали заключается в выполнении преобразования $\varphi_{тп}$, позволяющего из исходного состояния заготовки $C_з$ получить конечное состояние $C_к$, определяемое чертежом детали

$$\varphi_{тп}: C_з \Rightarrow C_к .$$

Преобразование $\varphi_{тп}$ является сложным и представляет из себя совокупность преобразований по отдельным операциям, заключающихся в получении из одного промежуточного состояния другого

$$\varphi_i: C_{i-1} \Rightarrow C_i .$$

Каждое преобразование осуществляется посредством некоторой функции F_i (модели проектирования). Тогда функцию всего технологического процесса можно представить в виде совокупности взаимосвязанных функций операций (моделей проектирования операций):

$$F_m = \{F_1, F_2, \ldots, F_k\}.$$

Функционально систему проектирования технологических процессов можно представить как состоящую из трех подсистем.

I. Подсистема описания объекта, обеспечивающая ввод данных о геометрии детали, ее размерах и технологических характеристиках и подготовку их для машинного использования. Это описание может осуществляться на входном языке САПР или САП, методом сколки на полуавтомате кодирования или с помощью графического дисплея.

2. Подсистема синтаксического распознавания, определяющая, какие модели проектирования можно применять для

проектирования технологического процесса обработки описанной детали и в какой последовательности, т.е. распознающая функция технологического процесса для обеспечения правильного преобразования из C_z в C_K. Эта задача может быть решена посредством синтаксического анализа (грамматического разбора) текста описания геометрии данной детали. Процедура распознавания в синтаксическом анализе устанавливает, является ли этот текст или предложение синтаксически правильным по отношению к заданной грамматике и дает некоторое структурное описание предложения в виде дерева синтаксического разбора. При определенном построении грамматики это дерево дает возможность определить состав и последовательность моделей проектирования, необходимых для проектирования процесса обработки данной детали.

3. Проектирующая подсистема, осуществляющая проектирование технологического процесса на базе набора моделей проектирования выбранных в предыдущей подсистеме.

Рассмотрим более подробно подсистему синтаксического распознавания геометрического описания детали. Она может быть описана посредством порождающей грамматики с достаточно мощным множеством правил вывода [I].

Порождающая грамматика G есть четверка $G=(V_N, V_T, P, S)$, где V_N и V_T – соответственно основной и вспомогательный словари (множество переменных) грамматики;

P – конечное множество правил вывода или правил подстановки, обозначаемых как $\alpha \rightarrow \beta$ (α и β – цепочки символов из V);

$S \in V_n$ – начальный символ.

Цепочка символов φ называется выводимой, если $S \Rightarrow \varphi$, т.е. существует такая последовательность цепочки $\xi_1, \xi_2, \ldots, \xi_n$, что $\varphi = \xi_1$, $S = \xi_n$ и $\xi_i \Rightarrow \xi_{i+1}$. При этом описание вывода представляет из себя дерево вывода, построенное по следующим правилам.

I. Каждая вершина дерева имеет в качестве метки символ из алфавита V.

2. Корень дерева, т.е. вершина, в которую не входит ни одна дуга, имеет метку S.

3. Если вершина с меткой A имеет хотя бы одну подчиненную вершину, то $A \in V_N$.

4. Если вершины $n_1, n_2, \ldots, n_k$ прямо подчинены вершине n (с меткой A) и помечены (слева направо) $A_1, A_2, \ldots, A_k$ соответственно, то правило $A \to A_1 A_2 A_3 \ldots A_k$ должно принадлежать множеству P.

Важной задачей при синтаксическом анализе является определение словаря V, т.н. множества основных символов и множества непроизводных элементов, при помощи которых описывается объект.

На данном этапе рассматривается два класса объектов. Первый класс – детали, полученные вращением некоторой плоской образующей вокруг оси n, второй – детали, полученные перемещением этой образующей по прямой линии. Таким образом, для описания детали возможно описать плоскую образующую и указать тип ее перемещения. Для описания образующей используется язык, строящийся аналогично с PDL [I] (язык описания изображений). Каждый непроизводный элемент помечается в двух различающихся точках – головной (h-head) и хвостовой (t-tail). Непроизводный элемент может быть связан или примыкать к другим непроизводным элементам только в головной и/или в хвостовой точках. Для описания этого применяются четыре бинарных оператора (табл. I). Непроизводные элементы помечаются в зависимости от их расположения в основной системе координат (табл. 2). Кроме того, каждый элемент описывается дополнительными данными, которые могут быть рассмотрены как их семантическая характеристика – координаты головной и хвостовой точек, радиус кривизны дуги, величина микронеровностей образованной элементом поверхности и некоторые другие технологические характеристики. Таким образом, можно определить, что

$$V_T = \{A,B,C,D,R,IA,IB,IC,ID,IR\} \cup \{+,\times,-,*,(,)\} \cup \{l\},$$

где l – указатель метки, использующийся для перекрестных ссылок внутри описания.

Для определения словаря основных символов исходим из следующих соображений.

Таблица I

Операторы, связывающие непроизводные элементы

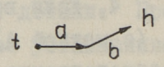
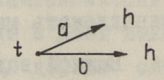
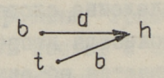
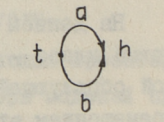
Непроизводные элементы структурного описания	Интерпретация	Граф
a + b	головная точка примыкает к хвостовой точке	
a × b	хвостовая точка примыкает к хвостовой точке	
a − b	головная точка примыкает к головной точке	
a * b	головная и хвостовая точки примыкают к головной и хвостовой точкам соответственно	

Таблица 2

Непроизводные элементы

Обозначение	Положение в основной системе координат	Обозначение	Положение в основной системе координат
A		IA	
B		IB	
C		IC	
D		ID	
R		IR	

Любую деталь можно представить как совокупность конструктивно-технологических элементов (КТЭ), таких как разнообразные канавки, фаски, цилиндрические и конические поверхности, торцы и другие, а также типовое советание этих поверхностей. Причем эти элементы таковы, что каждому можно поставить в соответствие определенную последовательность переходов по их обработке [2]. Последовательность обработки каждого из КТЭ зависит от его расположения в конкретной де-

тали, таким образом, элементами структуры в детали могут являться эти КТЭ. Кроме того, начальным символом S грамматики должен быть символ, характеризующий заготовку, тогда

$$V_N = SU\{КТЭ\},$$

Если цепочка X непроизводных символов описывает некоторую деталь, и если она выводима, т.е. $S \Rightarrow X$, то можно утверждать, что данная деталь может быть обработана выполнением переходов, поставленных в соответствие конструктивно-технологическим элементам, причем взаимосвязь и ограничения на последовательность выполнения переходов определяются из подучаемого при синтаксическом анализе заданной цепочки X дерева выводов.

Как уже отмечалось, множества правил преобразования и вывода грамматики обозначаются как $\alpha \to \beta$, однако наложение на их выполнение условий соответствия большого количества семантических характеристик входящих в цепочки непроизводных символов, не дает возможности здесь полно формально их обозначить. В системе эти правила реализованы в виде подпрограмм. В качестве примера приведем сокращенное обозначение некоторых правил, реализуемых подпрограммой КАН, распознающей прямые канавки. При этом будем пользоваться обозначением (T_i), которое означает, что i-тая совокупность условий соответствия семантических характеристик, накладываемых на данное правило, выполняется. Например, под T_1 будем понимать, что одна из поверхностей, описанных цепочкой символов, должна быть подвергнута обработке, а под T_2 – что распознаваемая канавка находится на прямой цилиндрической поверхности, под T_3 – канавка находится на ступенчатой цилиндрической поверхности с уступом слева, и под T_4 – с уступом справа, тогда

$$KAN \to IA+B+A+ \quad ,(T_1);$$

$$+B+ \to KAN \quad ,(T_2);$$

$$+IA+B+ \to KAN \quad ,(T_3);$$

$$+B+A+ \to KAN \quad ,(T_4).$$

Совокупности таких правил могут быть написаны для каждого конструктивно-технологического элемента.

Кроме того существует группа правил, позволяющих сократить описание объекта. Так, например, если допускается семантическими характеристиками, то два или более последовательно соединенные знаком "+" одноименные непроизводные элементы объединяются в один:

$$A \rightarrow A + A \quad ,(T_{N1});$$

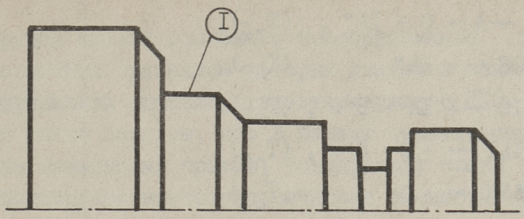
$$A \rightarrow IA + A \quad ,(T_{N2});$$

$$IA \rightarrow IA + A \quad ,(T_{N3}).$$

Выбор правил осуществляется исходя из семантических характеристик, причем, в первую очередь, реализуется попытка применить более сложные правила. Если правило применимо по синтаксическим характеристикам, а семантика (например, размерные связи) не удовлетворяет условиям, то на применение правила в данном месте устанавливается запрет до любых изменений, после осуществления которых, в первую очередь, делается попытка применить запрещенное правило. Схема применения правил реализована таким образом, что при неудачном разборе, т.е. получении начального символа, отличного от S, или промежуточного символа, имеющего запрещенные семантические характеристики, осуществляется последовательный возврат по дереву синтаксического разбора с запрещением применения правил, находящихся в пройденных по возврату вершинах.

После удачного синтаксического разбора выполняется повторный проход описания объекта в последовательности, определенной деревом разбора, при котором рассчитываются недостающие для проектирования технологии характеристики - значения конструктивно-технологических признаков каждого КТЭ и размеры, характеризующие его положение относительно других КТЭ.

Полученные таким образом характеристики совместно с деревом разбора определяют возможность совмещения переходов по обработке КТЭ и устанавливают ограничения на их последовательность. Так, например, для детали, изображенной на фиг. I, обработка цилиндра (CIL) в правом контуре (ветвь КР) должна предшествовать обработке первой (считая от корня дерева) канавки (КАН), а обработка одной из канавок или цилиндра могут быть совмещены с обработкой фаски (FASK).



A+B+D+IA+B+D+B+IA+B+IA+B+A+B+A+B+D+IA *

Фиг. 1. Деталь и её описание посредством непроизводных символов.

Весь процесс синтаксического распознавания можно представить как последовательное выполнение основных этапов, а именно, блока предварительной обработки и представления детали, блока синтаксического анализа и блока определения технологических характеристик.

Блок предварительной обработки и представления детали осуществляет функции:

- выборки необходимых данных из массивов, полученных в результате работы подсистемы описания детали;

- выделения непроизводных элементов;

- представления описания детали в виде цепочки этих элементов;

- расчета семантических характеристик.

Решение о том, является ли описание детали синтаксически правильным (т.е. принадлежит ли он к классу образцов, описываемых данной грамматикой), принимается блоком синтаксического анализа, который по ходу грамматического разбора формирует дерево разбора.

Блок определения технологических характеристик, используя дерево разбора, подготавливает исходные данные и формирует последовательность моделей проектирования, выполнением которых проектируется технология обработки заданной детали.

В качестве примера рассмотрим более подробно процесс работы блока синтаксического анализа для детали, изображенной на фиг. I.

P1: S → A + B + IA* ,	(T_{n1});	I группа
P2: TOR → + IA* ,	(T_{n2});	
P3: CIL → + IA + B + ,	(T_{n3});	
P4: CILI → + D + B + ,	(T_{n4});	
P5: FASK → + D + ,	(T_{n5});	
P6: KAN → + IA + B + A + ,	(T_{n6});	
P7: A → A + A ,	(T_{n7});	III группа
P8: B → B + B ,	(T_{n8});	
P9: IA → IA + IA ,	(T_{n9});	
P10: D → D + D ,	(T_{n10});	
P11: + B + IA* → TOR ,	(T_{n11});	II группа
P12: + B + IA + → CILI ,	(T_{n12});	
P13: + IA + B + IA + → CIL ,	(T_{n13});	
P14: + B + IA + → CIL ,	(T_{n14});	
P15: + IA + B + + → CIL ,	(T_{n15});	
P16: + B + IA + → FASK ,	(T_{n16});	
P17: + D + IA + → FASK ,	(T_{n17});	
P18: + IA + B + → KAN ,	(T_{n18});	
P19: + B + A → KAN ,	(T_{n19});	
P20: + B + → KAN ,	(T_{20});	

Фиг. 2. Выборка из совокупности правил вывода и преобразования.

В системе в виде подпрограмм заложена совокупность правил вывода и преобразования. Для большей наглядности на фиг. 2 приведены и пронумерованы лишь некоторые правила из этой совокупности, оперируя которыми можно проиллюстрировать работу блока синтаксического анализа для данной детали.

Из всей совокупности правил можно выделить 3 основных группы.

I. Группа правил основного преобразования (правила PI-P6), основным признаком которых является наличие в левой части правила символа, характеризующего КТЭ. Алгоритм составлен таким образом, что в первую очередь осуществляется попытка применения правил, описывающих более точные, сложные конструктивно-технологические элементы. Для нашего примера это последовательность от P6 до PI.

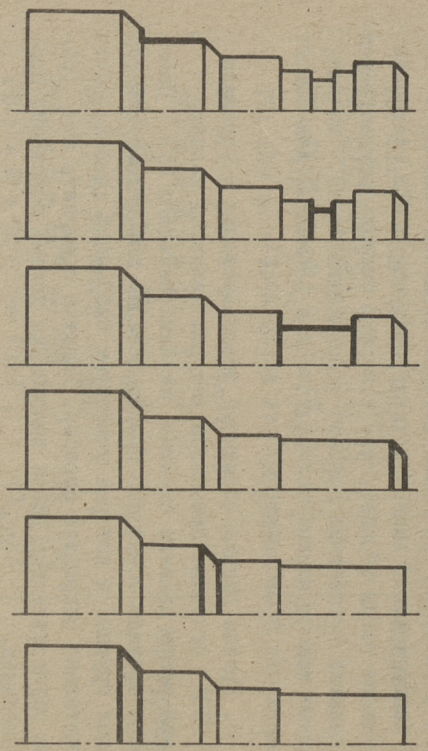
2. Группа правил обратного преобразования (правила PII-P20) основным признаком которых является наличие в правой части правила символа, характеризующего КТЭ. После выбора правила основного преобразования определяется часть правил группы, в которых участвует выбранный символ, что значительно сокращает перебор. Попытка применить эти правила осуществляется после выполнения правил основного преобразования.

3. Группа правил, сокращающих описание детали (правила P7-PI0). Попытка применения этих правил выполняется после выполнения правил обратного преобразования.

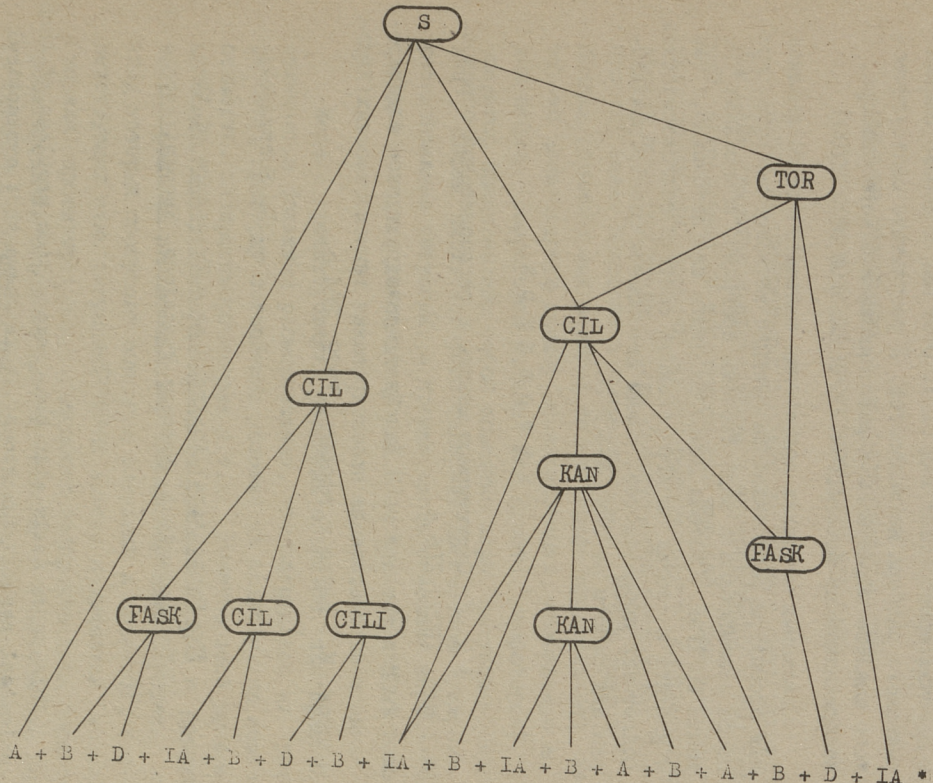
Последовательность шагов синтаксического анализа приведена на фиг. 3, где показаны цепочки, с помощью которых осуществляется вывод из заданного описания начального символа S, применяемые к ним правила и эскизы, соответствующие промежуточным состояниям детали, описываемым этими цепочками. Поясним некоторые из этих шагов.

На вход блока поступает сформированное блоком предварительной обработки описание детали посредством непроизводных символов с соответствующими семантическими характеристиками. Пусть, в нашем случае, поверхность I будет значительно выше по точности остальных, примерно одного класса точности поверхностей, тогда необходимо выбрать наиболее сложное правило, в состав правой части которого входил непроизводный элемент, описывающий эту поверхность и применить его именно в этом месте цепочки символов. Этим правилом будет P4, в результате применения которого на заданном месте получим цепочку символов (2). Далее из правил, в правой части которых находится символ CTL1, по семантическим характеристикам определяется, что применимо правило PI5. Затем применяются правила сокращения описания (в частности, PI0) и цепочка приобретает вид (3).

(I) A+B+D+IA+B+D+B+IA+B+IA+B+A+B+A+B+D+IA *
P3:
(2) A+B+D+CIL+D+B+IA+B+IA+B+A+B+A+B+D+IA *
PI5,PIO:
(3) A+B+D+IA+B+D+B+IA+B+IA+B+A+B+A+B+D+IA *
P6:
(4) A+B+D+IA+B+D+B+IA+B+KAN+B+A+B+D+IA *
P20,P8,P8:
(5) A+B+D+IA+B+D+B+IA+B+A+B+D+IA *
P6:
(6) A+B+D+IA+B+D+B+KAN+B+D+IA *
PI8,P8:
(7) A+B+D+IA+B+D+B+IA+B+D+IA *
P5:
(8) A+B+D+IA+B+D+B+IA+B+FASK+IA *
PI6,P8,P9:
(9) A+B+D+IA+B+D+B+IA+B+IA *
P5:
(IO) A+B+D+IA+B+FASK+B+IA+B+IA *
BOЗBPAT:
(II) A+B+D+IA+B+D+B+IA+B+IA *
P5:
(I2) A+B+FASK+IA+B+D+B+IA+B+IA *
PI6,P8,P9:



Фиг. 3. Процесс синтаксического анализа описания детали.



Фиг. 4. Пример дерева синтаксического разбора.

При переходе от цепочки (9) определяется, что применимо правило Р5, однако, ни одно из правил обратного преобразования не применимо, так как фаска находится между двумя цилиндрическими поверхностями. Следовательно, правило Р5 применять нельзя и осуществляется возврат на один шаг и цепочка приобретает вид (II). Этот шаг в дерево синтаксического разбора не заносится. В результате синтаксического анализа образуется дерево синтаксического разбора, изображенное на фиг. 4.

Описанная методика применения синтаксического анализа как процедуры распознавания функций технологического процесса реализована в виде системы программ, написанных на языке ФОРТРАН. Система может работать как автономно, так и входить в состав интегрированной системы технологической подготовки производства. Режим автономной работы реализован для работы на ЭВМ СМ-3 и ЕС.

Литература

I. Фу К. Структурные методы в распознавании образов. М., Мир, 1977. 215 с.

2. Цветков В.Д. Системно-структурное моделирование и автоматизация проектирования технологических процессов. М., Наука и техника, 1979. 264 с.

L. Portyanski

The Syntactical Analysis as a Procedure of the Technological Process Functions Recognition

Summary

This paper deals with the recognition problems of technological process functions. It is shown that syntactical analysis of the symbol sequence which describes the part geometry gives the possibility to recognize the part structure, to determine the structure of the technological operations and to form its machining plan. The grammar to realize the syntactical analysis is given.

№ 536

TALLINNA POLÜTEHNILISE INSTITUUDI TOIMETISED

ТРУДЫ ТАЛЛИНСКОГО ПОЛИТЕХНИЧЕСКОГО ИНСТИТУТА

УДК 62I.3-523.8:658.5I2/.5I3

Р.А. Кюттнер

РЕШЕНИЕ ЛОГИЧЕСКИХ ЗАДАЧ РАСПОЗНАВАНИЯ ПРИ ПОСТРОЕНИИ МОДЕЛЕЙ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ДЛЯ САПР

Одной из центральных проблем построения интегрированных САПР является представление и интерпретация в них знаний, накопленных по проектированию изделий и технологических процессов. Попытка представить исходную комплексную задачу проектирования в виде совокупности нескольких более простых задач приводит к применению т.н. И/ИЛИ графов [I]. Каждая терминальная вершина такого графа представляет какую-то элементарную задачу проектирования, называемую в дальнейшем "оператором модели" или просто "оператором". Оператор представляет собой описание пары "ситуация-действие", левая часть которого содержит логическое условие распознавания ситуации, а правая часть описание того, что следует делать в данной ситуации (описание проектных решений).

Модели проектирования реальных объектов, как правило, отличаются большими размерностями, что затрудняет их разработку, проверку логических условий на полноту, на совместимость, на противоречивость и т.д. Решение этой проблемы может быть достигнуто путем разработки теории и практической реализации автоматизированных обучающих систем, на вход которых поступают описания ситуаций и объектов, соответствующих этим ситуациям, а на выходе получается модель (модели) проектирования, способная воспроизводить процесс проектирования объектов данного класса не хуже чем это было сделано в обучающей выборке. Теоретические основы построения такой теории могут быть разработаны применяя методы решения логических задач распознавания [2]. Примерами задач, решаемых этими методами могут быть:

I) распознавание правил применения операторов моделей на основе априорных зависимостей между отдельными действиями и соответствующими признаками ситуаций;

2) установление совокупности признаков ситуации, учет которых приводил бы к определенному заключению о допустимости оператора;

3) анализ информации, содержащейся в каком-либо сообщении, с целью определить, какие выводы можно сделать о решениях на основе данного сообщения;

4) анализ моделей проектирования на полноту и совместимость;

5) выявление причинно-следственных связей между отдельными признаками ситуации и проектными решениями (задача обучения).

В логических системах распознавания классы проектных процедур принятия решений $K_1,\ldots,K_m$ и признаки ситуации $A_1,\ldots,A_n$ рассматриваются как булевые переменные. Предполагается, что все сведения априорного характера о $K_1,\ldots,K_m$ и $A_1,\ldots,A_n$ представлены в виде системы булевых соотношений, имеющих вид [2]:

$$\begin{aligned} K_j &= f_i\,(A_1,\ldots,A_n),\\ &\Phi_u\,(A_1,\ldots,A_n,K_1,\ldots,K_m)=I,\\ &\Psi_k\,(A_1,\ldots,A_n)=I,\\ &\chi_r\,(K_1,\ldots,K_m)=I, \end{aligned} \qquad (I)$$

где I - всегда истинное высказывание.

Основной задачей распознавания при этом является вывод соотношений

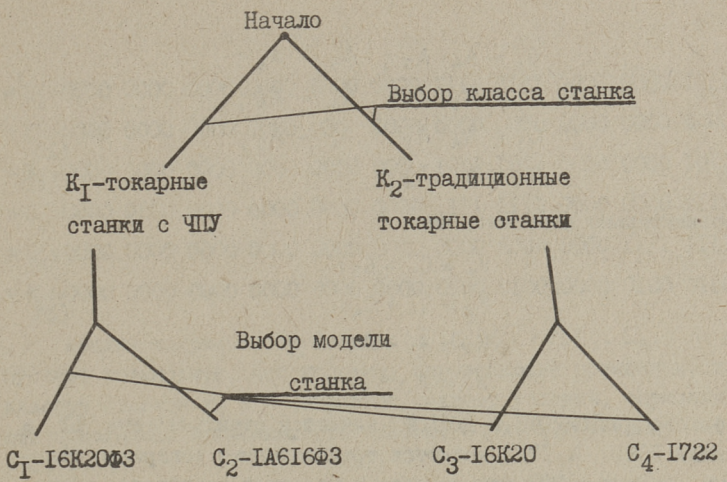
$$K_j = \mathcal{P}(A_1,\ldots,A_n),$$

учитывающих всю совокупность априорных сведений (I) и решение других задач [2]. Рассмотрим их решение на примерах.

Рассмотрим следующий фрагмент модели выбора оборудования (фиг. I).

На основе паспортных данных станков можно составить следующие условия выбора станков:

I) выбор станка I6К20ФЗ допустим, если удовлетворены



Фиг. 1. Пример дерева ИЛИ для выбора модели станка (фрагмент).

$A_4 = D \leqslant 400$ и $A_7 = L \leqslant 1000$;

2) выбор станка IA6I6Ф3 допустим, если

$A_3 = D \leqslant 320$ и $A_6 = L \leqslant 800$;

3) выбор станка I6K20 допустим, если

$A_4 = D \leqslant 400$ и $A_7 = L \leqslant 1000$;

4) выбор станка I722 допустим, если

$A_5 = D \leqslant 490$ и $A_6 = L \leqslant 800$,

где D - наибольший диаметр обрабатываемой детали;

L - наибольшая длина детали.

Для выбора между классами станков, таких как, станки с ЧПУ и традиционные токарные станки, применяются дополнительно следующие высказывания:

I) единичное производство - A_1 или серийное - $\overline{A}_1$;

2) деталь имеет сложную геометрическую форму - A_2 или она простая - $\overline{A}_2$.

Применяя приведенные обозначения получим следующие булевые соотношения между моделями станков и признаками:

$$
\begin{aligned}
&C_1 = A_4 \cdot A_7\,; \quad A_3 \rightarrow A_4\,;\\
&C_2 = A_3 \cdot A_6\,; \quad A_4 \rightarrow A_5\,;\\
&C_3 = A_4 \cdot A_7\,; \quad A_6 \rightarrow A_7\,,\\
&C_4 = A_5 \cdot A_6\,;
\end{aligned}
\qquad (2)
$$

Дополнительно известно, что

$$
\begin{aligned}
&K_1 = C_1 + C_2\,;\\
&K_2 = C_4 + C_4\,;\\
&K_1 = \bar{A}_1 + A_1 \cdot A_2\,;\\
&K_2 = A_1 \cdot A_2\,.
\end{aligned}
\qquad (3)
$$

т.е. станки 16К20Ф3 и 1А616Ф3 являются станками типа ЧПУ, а станки 16К20 и 1722 являются традиционными токарными станками, станки с ЧПУ применяются в условиях серийного производства и в единичном производстве для обработки сложных деталей, а традиционные токарные станки в условиях единичного производства для обработки простых деталей.

Соотношения (2) и (3) накладывают определенные ограничения на возможные комбинации значений истинности высказываний $A_1, A_2, \ldots, A_7$ так,что не все столбцы полного стандартного базиса $b\,[A_1, A_2, \ldots, A_7]$ совместимы с этими соотношениями. Для дальнейшего анализа используем сокращенный базис $b_c\,[A_1, \ldots, A_6]$, удовлетворяющий этим соотношениям:

#A_1=0101 0101 0101 0101 0101 0101 0101 0101 0101 0101 0101 0101 0101 0101 0101 0101

#A_2=0011 0011 0011 0011 0011 0011 0011 0011 0011 0011 0011 0011 0011 0011 0011 0011

#A_3=0000 0000 0000 1111 0000 0000 0000 1111 0000 0000 0000 1111 0000 0000 0000 1111

#A_4=0000 0000 1111 1111 0000 0000 1111 1111 0000 0000 1111 1111 0000 0000 1111 1111

#A_5=0000 1111 1111 1111 0000 1111 1111 1111 0000 1111 1111 1111 0000 1111 1111 1111

#A_6=0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000 1111 1111 1111 1111 1111 1111 1111 1111

#A_7=0000 0000 0000000000 1111 1111 1111 1111 1111 1111 1111 1111 1111 1111 1111 1111

Определяем аналогично изображающие числа булевых функций применяемости станков C_1, C_2, C_3, C_4 и их групп K_1, K_2 в соответствии с базисом $b_c\,[A_1, \ldots, A_7]$:

$\#C_I$=0000 0000 0000 0000 0000 0000 IIII IIII 0000 0000 IIII IIII

$\#C_2$=0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000 IIII

$\#K_I$=0000 0000 0000 0000 0000 0000 IOII IOII 0000 0000 IOII IOII

$\#C_3$=0000 0000 0000 0000 0000 0000 IIII IIII 0000 0000 IIII IIII

$\#C_4$=0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000 0000 IIII IIII IIII

$\#K_2$=0000 0000 0000 0000 0000 0000 OIOO OIOO 0000 OIOO OIOO OIOO

Анализ сокращенного базиса $b_c[C_1, C_2, K_1, C_3, C_4, K_2]$ допускает установить, что условия, определяющие применяемость классов станков K_1 и K_2, образуют систему условий, определяющих однозначно применяемость классов K_1 и K_2, поскольку $\#K_1 \cdot \#K_2 = 0$.

Поскольку $\#C_1 \cdot \#C_2 \neq 0$ и $\#C_3 \cdot \#C_4 \neq 0$, то используемая система условий не допускает однозначного определения модели станка и для окончательного выбора требуется дополнительно ввести другие критерии, например, оценки эффективности обработки.

Изображающие числа $\#K_1$ и $\#K_2$ допускают вывести булевые функции $K_1 = \mathcal{P}_1(A_1, A_2, \ldots, A_7)$ и $K_2 = \mathcal{P}_2(A_1, A_2, \ldots, A_7)$, определяющие допустимость применения рассматриваемых классов станков:

$$P(K_I) = A_7 \cdot A_5 \cdot A_4 \cdot \bar{A}_1 + A_7 \cdot A_5 \cdot A_4 \cdot A_2 = A_7 \cdot A_4 (\bar{A}_1 + A_2);$$

$$P(K_2) = \bar{A}_2 \cdot A_1 \cdot (A_7 \cdot A_4 + A_6 \cdot A_5 \cdot \bar{A}_3).$$

При установлении условий выбора моделей станков целесообразно учесть условия выбора классов K_1 и K_2,

т.е.
$$C_1 = \Phi_1(K_1, A_1, A_2, \ldots, A_7),$$
$$\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots\ldots$$
$$C_4 = \Phi_4(K_2, A_1, A_2, \ldots, A_7).$$

Условия выбора моделей станков определяются по изображающим числам:

$$\#(K_1 \cdot C_1); \ \#(K_1 \cdot C_2); \ \#(K_2 \cdot C_3) \ \text{и} \ \#(K_2 \cdot C_4).$$

Используем сокращенный базис $b_c[A_1, A_2, \ldots, A_7, K_1]$ для C_1 и C_2 и базис $b_c[A_1, A_2, \ldots, A_7, K_2]$ для C_3 и C_4.

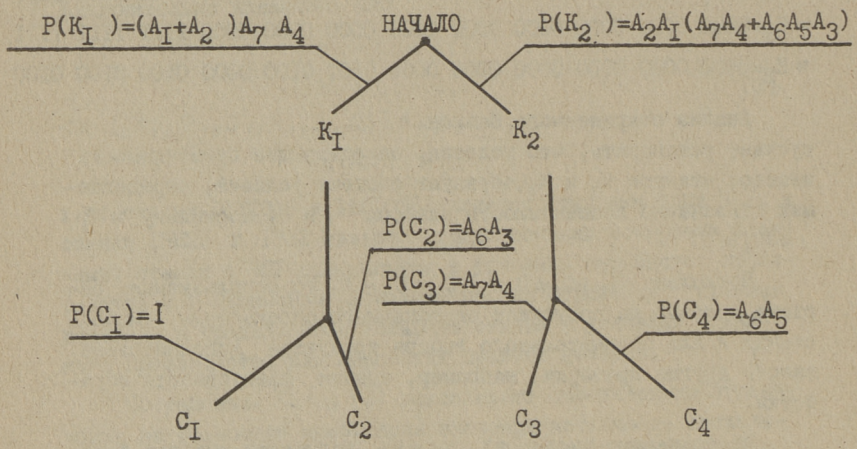
После соответствующих выводов получим следующие выражения:

$$P(C_1) = \Phi_1(K_1, A_1, A_2, \ldots, A_7) = K_1,$$

$$P(C_2) = \Phi_2(K_1, A_1, A_2, \ldots, A_7) = K_1 \cdot A_6 \cdot A_3,$$

$$P(C_3) = \Phi_3(K_2, A_1, A_2, \ldots, A_7) = K_2 \cdot A_7 \cdot A_4,$$

$$\Phi(C_4) = \Phi_4(K_2, A_1, A_2, \ldots, A_7) = K_2 \cdot A_6(A_5 \cdot \bar{A}_3 + A_4) = K_2 \cdot A_6 \cdot A_5.$$



Фиг. 2. Дерево ИЛИ для выбора модели станка с логическими условиями.

Итоговый фрагмент модели выбора станка показан на фиг.2.

В заключение можно сказать, что применение методов логического распознавания в задачах построения моделей проектирования дает возможность разработки формализованной методики вывода и анализа условий выбора проектных решений и реализации этой методики в виде автоматизированной распознавающей системы.

Интерес представляют проблемы накопления априорных данных и построения соответствующей информационно-логической системы, т.е. ситуация, когда законы принятия решений заранее не известны, а сведения о ситуациях и соответствующих проектных решениях, которыми располагаем, представляют собой некоторый набор наблюдаемых данных или данных сообщений по различным источникам.

Литература

I. Нильсон Н. Искусственный интеллект. М.,Мир, 1973. 270 с.

2. Горелик А.Л., Скрипкин В.А. Методы распознавания. М., Высшая школа, 1977. 222 с.

R. Kyttner

Building the Design Models for CAD Systems by Means of Logical Pattern Recognition Methods

Summary

Model building is a very important technique for CAD systems. In this paper the technique of building design models by means of logical pattern recognition methods is presented. An example of machine-tool selection models is proposed using the described techniques.

№ 536

TALLINNA POLÜTEHNILISE INSTITUUDI TOIMETISED

ТРУДЫ ТАЛЛИНСКОГО ПОЛИТЕХНИЧЕСКОГО ИНСТИТУТА

УДК 621.90.002-529

Ю.Ю. Анвельт, Ю.Э. Рийвес

ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАЦИОНАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ СТАНКА С ЧПУ ДЛЯ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛИ

Принятые обозначения:

A_1	– постоянная в формуле стойкости, не зависящая от компонентов режима резания;
A_2, A_3	– показатели степени в формуле стойкости;
C_{max}, C_{min}	– коэффициенты, учитывающие условия обработки и изменения сил резания от затупления инструмента;
C_{pz}	– коэффициент в формуле тангенциальной составляющей силы резания;
D (мм)	– диаметр обработки;
$D_з$ (мм)	– диаметр заготовки;
$K_{ст}$	– коэффициент, определяющий долю погрешностей, не зависящих от модели станка в суммарной погрешности обработки;
L (мм)	– длина обработки;
j_{cuct} (N/м)	– жесткость технологической системы СПИД;
s (мм/об)	– подача;
v (м/мин)	– скорость резания;
t_{max}, t_{min} (мм)	– заданная максимальная или минимальная глубина резания;
x_{py}, y_{py}, z_{py}	– показатели степени в формуле радиальной составляющей силы резания;
x_{pz}, y_{pz}, z_{pz}	– показатели степени в тангенциальной составляющей силы резания;
δ (мм)	– допуск на выполняемый размер;
$\eta_{ст}$	– коэффициент полезного действия главного привода станка;
$\Delta_{\Sigma ст}$ (мм)	– составляющая суммарной погрешности, зависящая от модели станка,

$$\Delta_{\Sigma ст} = f(\Delta_{ин},\ \Delta_{п},\ \Delta_{си},\ \Delta_{г}).$$

Большое многообразие используемого на предприятиях и выпускаемого промышленностью оборудования с ЧПУ определяет необходимость решения задач оптимальной комплектации этих станков деталями и/или выбора наиболее подходящей модели станка и пульта управления для обработки заданной номенклатуры деталей.

Уровень оптимальности обработки на данном станке в значительной мере зависит от параметров станка (ПС), таких как: мощности приводного двигателя (Р), допустимого крутящего момента на шпинделе станка ($M_{доп}$), жесткости передней бабки, задней бабки и суппорта ($j_{п.б.}$, $j_{з.б.}$, $j_{суп.}$), стоимости станкоминуты (Е), времени смены инструмента ($t_{см}$), максимального числа инструментов в револьверной головке или в инструментальном магазине (IM), погрешности интерполяции, позиционирования и смены инструмента ($\Delta_{ин}$, $\Delta_{п}$, $\Delta_{си}$), геометрической погрешности станка ($\Delta_{г}$) и т.д.

Для рационального использования станков с ЧПУ необходимо исследовать влияние параметров станков на следующие технологические критерии Z, производительность ($Z_{п}$), трудоемкость ($Z_{о}$), точность ($Z_{т}$), себестоимость ($Z_{с}$).

С использованием метода множителей Лагранжа [I] выполнен анализ влияния параметров станка на эффективность обработки по приведенным технологическим критериям, а также выявлены зависимости "критерии эффективности - параметры станка" ($Z = f(ПС)$).

Указанные зависимости находим из задачи оптимизации: найти значения переменных V и S, которые дают экстремум целевых функций

$$\min, \max Z = f(v,s),\ Z = \{Z_{с}, Z_{п}, Z_{о}, Z_{т}\} \qquad (I)$$

и удовлетворяют ограничениям

$$g_{пс}(v,s)\ \{\leq, =, \geq\}\ b_{пс}.$$

Значения $b_{пс}$, участвующие в исходной задаче, зависят от параметров станка.

Функция Лагранжа для указанной задачи имеет вид

$$L(v,s,\lambda_{пс}) = Z(v,s) + \lambda_{пс}(g_{пс}(v,s) - b_{пс}), \qquad (2)$$

где L – обозначение функции Лагранжа;

$\lambda_{пс}$ – множители Лагранжа;

Э – стоимость эксплуатации режущего инструмента, руб.

Исходя из функции себестоимости, производительности, трудоемкости, точности, приведенных в [2, 3], получаются целевые функции перечисленных технологических критериев в виде:

$$Z_c = \frac{C_1}{v \cdot s} + \frac{C_2}{v^{A_2+1} \cdot s^{A_3+1}} + \frac{C_3}{v^{A_2+1} \cdot s^{A_3+1}}, \qquad (3)$$

$$Z_n = \frac{v^{A_2+1} \cdot s^{A_3+1}}{C_4 v^{A_2} s^{A_3} + C_5}, \qquad (4)$$

$$Z_0 = \frac{C_4}{v \cdot s} + \frac{C_5}{v^{A_2+1} \cdot s^{A_3+1}}, \qquad (5)$$

$$Z_т = C_6 + C_7 (1000v)^{z_{ру}} \cdot s^{y_{ру}}. \qquad (6)$$

Постоянные, не зависящие от режимов резания (v,s), можно определить следующим образом:

$$C_1 = \frac{\pi D L E}{1000}, \quad C_2 = \frac{\pi D L E t_{см}}{1000 A_1}, \quad C_3 = \frac{\pi D L Э}{1000 A_1},$$

$$C_4 = \frac{\pi D L}{1000}, \quad C_5 = \frac{\pi D L t_{см}}{1000 A_1}, \quad C_6 = K_{ст} \cdot \delta + \Delta_{\Sigma ст},$$

$$C_7 = \frac{C_{max} t_{max}^{x_{ру}} - C_{min} t_{min}^{x_{ру}}}{j_{сист}}.$$

В качестве примера приведено определение себестоимости от мощности главного электродвигателя станка. Исходной задачей оптимизации является

$$\begin{cases} \min \left(\dfrac{C_1}{v \cdot s} + \dfrac{C_2}{v^{A_2+1} \cdot s^{A_3+1}} + \dfrac{C_3}{v^{A_2+1} \cdot s^{A_3+1}} \right) \\ \dfrac{C_{pz} t^{x_{pz}} \cdot s^{y_{pz}} \cdot v^{z_{pz}} \cdot v}{6120} = P_{ст} \cdot \eta_{ст}. \end{cases} \qquad (7)$$

Согласно (2) функцией Лагранжа для задачи является

$$L(v,s,\lambda_p) = \frac{C_1}{v \cdot s} + \frac{C_2}{v^{A_2+1} s^{A_3+1}} + \frac{C_3}{v^{A_2+1} \cdot s^{A_3+1}} +$$

$$+ \lambda_p (C_8 s^{y_{pz}} v^{z_{pz}+1} - P_{доп}), \qquad (8)$$

где $C_8 = \frac{C_{pz} \cdot t^{x_{pz}}}{6120}$ и $P_{доп.} = P_{ст} \cdot \eta_{ст}$.

Дифференцируя функцию (8) получаются выражения для определения исходных величин.

Подставляя полученные определения для v и s в исходную функцию себестоимости (3), можно определить зависимость технологической себестоимости от мощности электродвигателя станка:

$$Z_c = P_{ст}^{-AN_1} \left(\frac{C_1 \cdot C_8^{AN_1}}{K_1^{AN_2}} + \frac{(C_2 + C_3) \cdot C_8^{AN_1}}{K_1^{AN_3}} \right), \qquad (9)$$

где показатели степени и константы определяются согласно выражениям:

$$AN_1 = \frac{A_2 - A_3}{A_2 y_{pz} - A_3(z_{pz}+1)}; \quad AN_2 = \frac{y_{pz} - z_{pz} - 1}{A_2 y_{pz} - A_3(z_{pz}+1)};$$

$$AN_3 = \frac{y_{pz}(A_2+1) + (z_{pz}+1)(A_3+1)}{A_2 y_{pz} - A_3(z_{pz}+1)};$$

$$K_1 = \frac{-(C_2+C_3)((z_{pz}+1)(A_3+1) + y_{pz}(A_2+1))}{y_{pz} C_1 + (z_{pz}+1) \cdot C_1}.$$

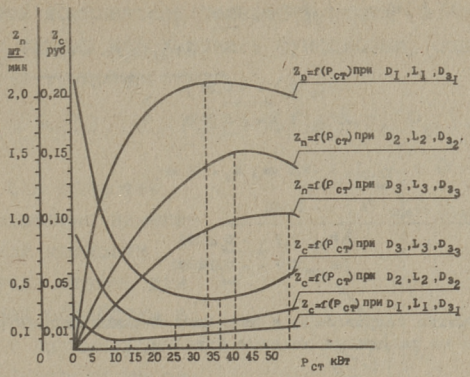
Аналогично вышеприведенному определяются и другие зависимости $Z = f(ПС)$.

Изменение технологической себестоимости и производительности в зависимости от мощности электродвигателя главного станка $Z_c = f(P_{ст})$, $Z_n = f(P_{ст})$ при разных параметрах обрабатываемой детали (D_3, D, L) приведено на фиг. I.

На основе приведенного анализа выявилось, что каждому параметру оборудования соответствует оптимальное значение технологического критерия в зависимости от данных обрабатываемой детали.

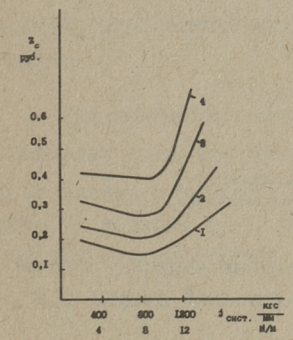
Чувствительность технологических критериев в значительной мере зависит от величин параметров станка и данных обрабатываемой детали (D_3, D, L, δ) (фиг. I, 2).

Набор множителей Лагранжа, определяемых при решении задачи оптимизации (I), показывает влияние ПС на целевую функцию Z.



Фиг. 1. Технологическая себестоимость Z_c и производительность $Z_п$ в зависимости от мощности электродвигателя станка при различных параметрах обрабатываемой детали

$D_1 < D_2 < D_3$; $L_1 < L_2 < L_3$; $D_{31} < D_{32} < D_{33}$
(D_1 = 40 мм, L_1 = 320 мм, D_{31} = 50 мм, D_2 = 80 мм,
L_2 = 640 мм, D_{32} = 90 мм, D_3 = 95 мм, L_3 = 1280 мм, D_{33} = 105 мм).



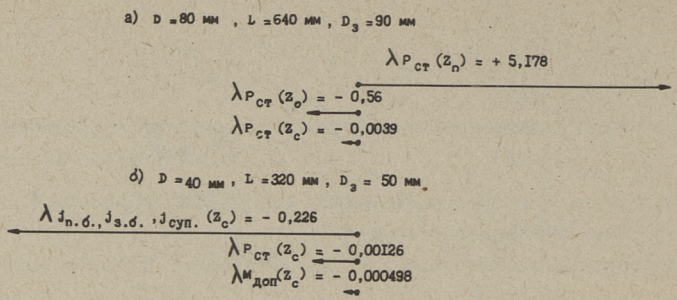
Фиг. 2. Изменение технологической себестоимости Z_c в зависимости от жесткости технологической системы

L = 1280 мм, D = 95 мм, D_3 = 105 мм
1) δ_1 = 0,2 мм; 2) δ_2 = 0,15 мм;
3) δ_3 = 0,11 мм; 4) δ_4 = 0,075 мм.

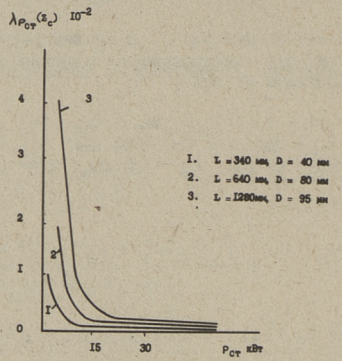
На основе исследования полученных зависимостей $Z = f(ПС)$ установлено, что:

I) влияние параметра станка на величину разных технологических критериев при обработке одной и той же детали является различным как по направлению, так и по величине (фиг. 3 а);

2) влияние разных параметров станка на величину данного технологического критерия является разным по величине (фиг. 3 б);



Фиг. 3. Оценки направления и величины влияния параметров станка на различные целевые функции.



Фиг. 4. Влияние мощности на величину технологической себестоимости Z_c.

3) влияние разных параметров станка на величину технологического критерия зависит от обрабатываемой детали (фиг. 4).

При учете совокупности технологических критериев, процесс принятия решений становится более сложным, но точным (фиг. I). На основе моделирования получается множество оптимальных решений, являющихся базовыми для выбора модели станка.

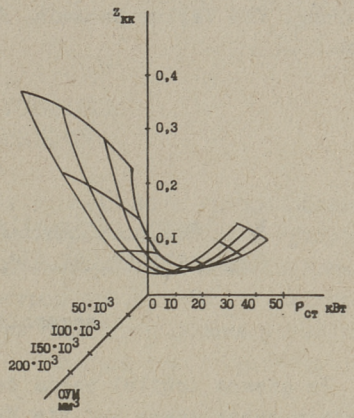
Для того, чтобы выбрать наилучшую модель станка для обработки заданной детали, целесообразно применять методы многокритериальной оптимизации [4, 5]. В качестве коэффициентов значимости технологических критериев рекомендуется использовать множители Лагранжа.

В качестве комплексной целевой функции [5] предлагается в данном случае использовать функционал, содержащий себестоимость и трудоемкость:

$$Z_{кк} = \lambda_p(Z_c)\cdot Z_c(P_{ст}) + \lambda_p(Z_0)\cdot Z_0(P_{ст}). \qquad (10)$$

На фиг. 5 в качестве примера представлено изменение оптимальной мощности электродвигателя станка для предварительной обработки в зависимости от параметров обрабатываемой детали на основе функционала (10).

При использовании комплексных целевых функций оптимум параметра оборудования в значительной степени зависит от коэффициентов зависимостей технологических критериев.



Фиг. 5. Определение рациональной мощности оборудования при различных объемах удаляемого материала (ОУМ) на основе комплексной целевой функции (ОУМ $= \frac{\pi(D_3-D)^2}{4}\cdot L$).

Разработанная методика позволяет повысить уровень эффективности применения станков с ЧПУ при механической обработке деталей путем решения задачи выбора наиболее подходящей модели станка.

Литература

1. Хедли Дж. Нейлинейное и динамическое программирование. М., Мир, 1967. 506 с.

2. Капустин Н.М. Разработка технологических процессов обработки деталей на станках с помощью ЭВМ. М., Машиностроение, 1976. 288 с.

3. Автоматизированная система проектирования технологических процессов механосборочного производства. Под ред. д-ра техн. наук Н.М. Капустина. М., Машиностроение, 1979. 247 с.

4. P e s c h e l M., R i e d e l C. Polyoptimierung eine Entscheidungshilfe für ingenieurtechnische Kompromisslösungen. VEB Verlag Technik, Berlin, 1976, 134 S.

5. P e s c h e l M. Ingenieurtechnische Entscheidungen. Modellbildung und Steuerung mit Hilfe der Polyoptimierung. VEB Verlag Technik, Berlin, 1976, 168 S.

J. Anvelt,
J. Riives

Bestimmung rationeller Parameter der NC-Maschinen für die Teilebearbeitung

Zusammenfassung

In diesem Artikel wurde der Einfluss von verschiedenen Maschinenparametern auf die Effektivität der Bearbeitung analysiert, ermittelt wurden ebenfalls die Zusammenhänge "Maschinenparameter - Effektivitätsparameter". Dabei wurde die Methode des Lagrangeschen Multiplikators benutzt.

Als Effektivitätskriterien gelten die Leistung, die Selbstkosten, die Arbeitskapazität, die Genauigkeit. Es wurde die Methodik zur Bestimmung rationeller Maschinenparameter ausgearbeitet, ausgehend von einem oder mehreren technologischen Kriterien.

№ 536

TALLINNA POLÜTEHNILISE INSTITUUDI TOIMETISED

ТРУДЫ ТАЛЛИНСКОГО ПОЛИТЕХНИЧЕСКОГО ИНСТИТУТА

УДК 621.9.06.002.54

А.Л. Тамм

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОГРЕШНОСТИ УСТАНОВКИ ПЕРЕНАЛАЖИВАЕМЫХ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ

Одним из критериев выбора оптимального приспособления в системах САПР-ТП является критерий обеспечения требуемой точности обработки. При проектировании приспособления производят расчет таких параметров приспособления, которые обеспечивают требуемую точность обработки (схема установки, точность изготовления и т.д.). Методика такого расчета общеизвестна.

При определении значений приоритетов по критерию обеспечения требуемой точности обработки технически допустимые решения приспособлений сравниваются по точности установки, зависящей только от приспособления. Несмотря на явно высокую себестоимость такого приспособления по сравнению с другими, его применение может быть оправдано, если достигается экономия от затрат на настройку станка или режущего инструмента.

Погрешность установки Δ_ε состоит из трех составляющих

$$\Delta_\varepsilon = \Delta_\delta + \Delta_к + \Delta_п ,$$

где Δ_δ - погрешность базирования, возникающая в основном от несовпадения исходной и контактной баз [1], а также от погрешности формы контактных баз;

$\Delta_к$ - погрешность закрепления, возникающая от неравномерных деформаций при закреплении;

$\Delta_п$ - погрешность приспособления, возникающая от рассеяния контактной базы приспособления.

Погрешность приспособления $\Delta_п$, в свою очередь, целесообразно разделять на составляющие погрешности в зависимости от причин рассеяния контактной базы приспособления.

$$\Delta_п = \Delta_{по} + \Delta_{пб} + \Delta_{пи} + \Delta_{пз} + \Delta_{пс},$$

где $\Delta_{по}$ - погрешность от неточности изготовления элементов приспособления;

$\Delta_{пб}$ - погрешность сборки, состоящая из погрешностей взаимного расположения элементов приспособления ввиду зазоров в соединениях сопрягаемых элементов;

$\Delta_{пи}$ - погрешность от износа установочных и направляющих элементов;

$\Delta_{пз}$ - погрешность, возникающая в результате наличия зазоров в приспособлении (в подвижных частях приспособления, между режущим инструментов и направляющим элементом и т.п.);

$\Delta_{пс}$ - погрешность от установки приспособления на станке.

Погрешность от износа установочных и направляющих элементов ввиду отсутствия достоверных данных и малой величины не рассматривается. Погрешность закрепления в большинстве случаев сравнительно мала (обычно в порядке нескольких микрометров) и ею можно пренебречь.

Таким образом, погрешность установки для нашей задачи:

$$\Delta_ε = \Delta_б + \Delta_п = \Delta_б + \Delta_{по} + \Delta_{пз} + \Delta_{пс}.$$

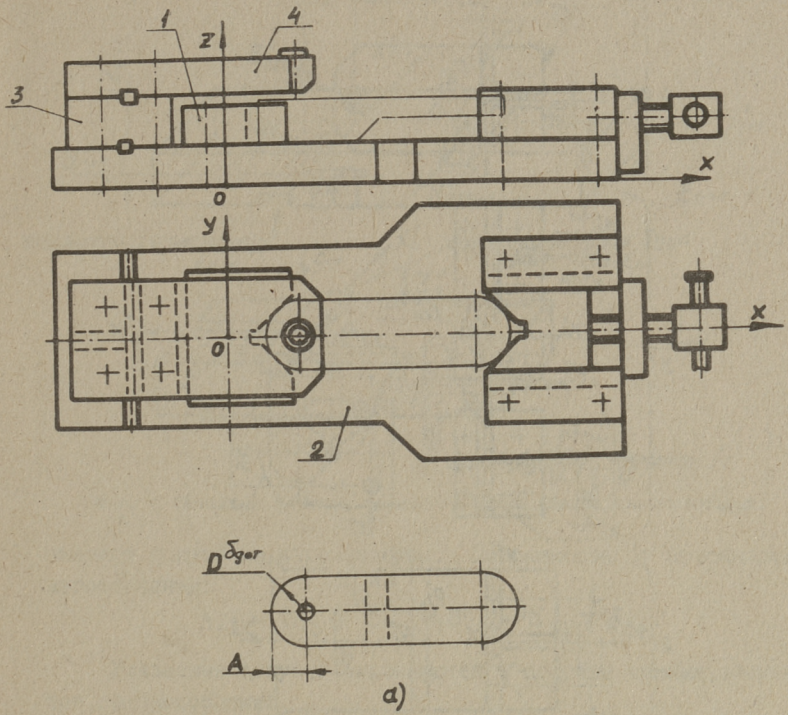
В каждом конкретном случае определяется состав погрешностей, входящих в общую погрешность, а в модели типового приспособления описывается выражение для определения погрешности.

Рассматриваем составление выражения для определения погрешности приведенного на фиг. I приспособления в направлении оси X в координатной системе приспособления.

Для данного кондуктора нет необходимости определения погрешности от установки приспособления на станок. Тогда погрешность установки состоит из следующих составляющих: погрешностей базирования, изготовления, сборки и зазора между сверлом и кондукторной втулкой.

I. Погрешность базирования

Определяется по общеизвестным зависимостям. При базировании на призму (фиг. 2):



Фиг. 1. Переналаживаемое приспособление для сверления отверстий в деталях типа рычага. а – обрабатываемая деталь.

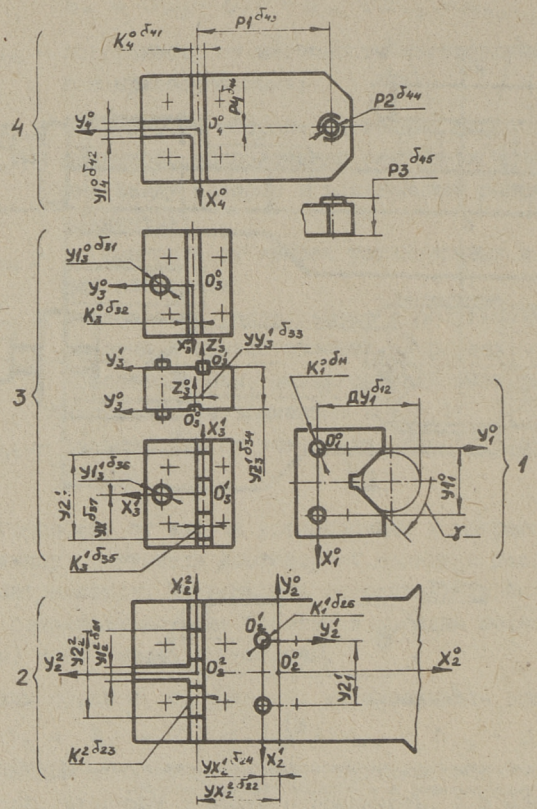
$$\Delta_\delta = \frac{\delta_{дет}}{2 \cdot \sin\frac{\gamma}{2}},$$

где $\delta_{дет}$ – допуск на устанавливаемый диаметр;

γ – угол призмы.

2. Погрешность от неточности изготовления

Погрешность изготовления получаем суммированием допусков на размеры, определяющие расстояния между основными и вспомогательными базами элементов приспособления (фиг. 3), или основными базами элемента и контактными базами заготовки в рассматриваемом направлении: в данном случае в размерную цепь входят следующие размеры (см. фиг. 2).



Фиг. 2. Описание размерных параметров элементов приспособления.

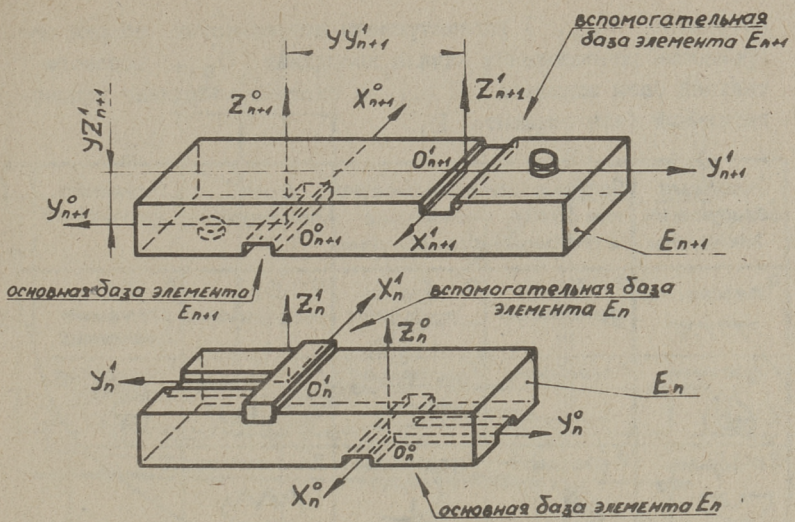
Элемент I - $ДУ_1^{\delta_{12}}$

Элемент 2 - $YX_2^{1\,\delta_{24}}$ и $YX_2^{2\,\delta_{22}}$

Элемент 3 - $YY_3^{1\,\delta_{33}}$

Элемент 4 - $P1^{\delta_{43}}$.

В приведенных обозначениях размеров нижний индекс указывает на порядковый номер элемента, а верхний индекс - порядковый номер вспомогательной базы данного элемента, б -обо-



Фиг. 3. Основные понятия, применяемые при сборке приспособлений.

значает допуск на изготовление. Погрешность от неточности изготовления:

$$\Delta_{no} = \delta_{12} + \delta_{24} + \delta_{22} + \delta_{33} + \delta_{34}.$$

Указанные допуски описываются в составе данных элементов приспособлений.

3. Погрешность сборки

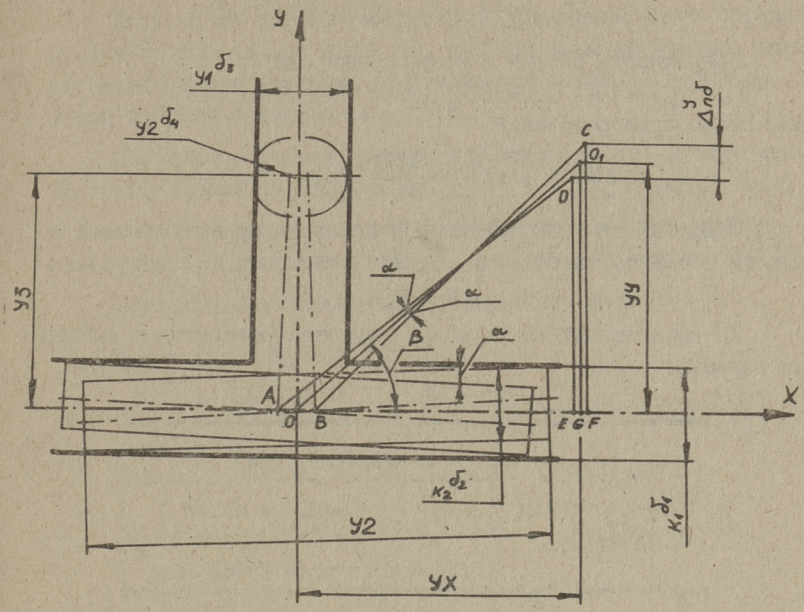
Расчет погрешности сборки происходит на основе данных описания посадочных мест элементов приспособлений. Посадочными местами являются основные и вспомогательные базы элементов системы СПИД. На основе систематизации и анализа посадочных мест системы СПИД выработана система их описания (фиг. 4). При сборке элементов приспособления сопрягаются вспомогательная база одного элемента (с началом координат O'_n) и основная база сопрягаемого элемента (с началом координат O°_{n+1}, см. фиг. 3). При выявлении погрешности сборки рассматриваем погрешность расположения начала координат вспомогательной базы сопрягаемого элемента в системе координат вспомогательной базы основного элемента. Например, при сборке показанных на фиг. 3 элементов E_n и E_{n+1} (сопрягаются вспомогательная база элемента E_n с началом координат O'_n и основная база элемента E_{n+1} с началом

координат O°_{n+1}) рассматриваем погрешностью сборки погрешности расположения начала координат O'_{n+1} вспомогательной базы элемента E_{n+1} в системе координат вспомогательной базы элемента E_n.

Фиг. 4. Фрагмент из классификации элементов посадочных мест приспособлений.

По характеру варианта стыковки двух посадочных мест составляются типовые решения для определения погрешности сборки.

Для примера рассмотрим составление зависимости для определения погрешности сборки при стыковке посадочных мест с кодами 23 и 46 (фиг. 4). Взаимное положение элементов фиксируется двумя взаимно перпендикулярными пазами на базирующей плоскости, цилиндрической и призматической шпонками, установленными в паз и отверстие базируемой



Фиг. 5. Схема для составления выражения определения погрешности сборки.

плоскости (фиг. 5). Рассматриваем погрешность расположения начала координат вспомогательной базы сопрягаемого элемента (O_I) в направлении оси У.

Угол возможного поворота призматической шпонки α:

$$\alpha = \arcsin \frac{\delta_1 + \delta_2 + 3}{Y2},$$

где δ_1 и δ_2 – допуски на размеры ширины П-образного паза и призматической шпонки;

3 – гарантированный зазор между шириной паза и призматической шпонкой.

Угол наклона прямой, соединяющей начала координат О с рассматриваемой точкой O_I:

$$\beta = \operatorname{arctg}\left|\frac{YY}{YX}\right|,$$

где YY, YX – координаты рассматриваемой точки O_I.

Выразим отрезки DE и CF из треугольников BCF и ADE:

$$CF = BC \cdot \sin(B + \alpha) = OO_1 \cdot \sin(B + \alpha),$$

$$DE = AD \cdot \sin(B-\alpha) = OO_1 \cdot \sin(B-\alpha).$$

Погрешность сборки в направлении оси У:

$$\Delta^{Y}_{n\delta} = CF - DE = OO_1[\sin(B+\alpha) - \sin(B-\alpha)]$$

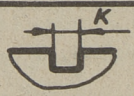
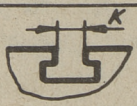
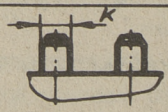
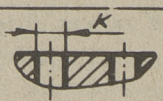
или после преобразований

$$\Delta^{Y}_{n\delta} = 2\sqrt{YY^2 + YX^2} \cdot \frac{\delta_1+\delta_2+3}{Y2} \cdot \cos\operatorname{arctg}\left|\frac{YY}{YX}\right|.$$

С другой стороны, если угол поворота призматической шпонки $\alpha = 0$, то наибольшая погрешность

$$\Delta^{Y}_{n\delta} = \delta_1 + \delta_2 + 3.$$

Из вычисленных по двум зависимостям результатов выбираем большую.

Основной базирующий элемент	Размер К, мм			
	до 6	6-10	10-18	
	Допуск на размер, мм			
2 	+0,013 0	+0,016 0	+0,019 0	
3 				
4	0 -0,008	0 -0,010	0 -0,012	
5 	-0,005 -0,015	-0,005 -0,015	-0,006 -0,018	
6 	+0,016 0	+0,016 0	+0,019 0	
7				

Фиг. 6. Нормативные отклонения для базирующих элементов посадочных мест.

Допуски на базовые поверхности посадочных мест определяются по справочным таблицам, составленным на основе нормативных данных для станочных приспособлений [2]. Пример такой таблицы приведен на фиг. 6.

В рассматриваемом примере в размерную цепь входят два вышерассмотренных соединения ($\Delta_{n\delta}^{2-3}$ и $\Delta_{n\delta}^{3-4}$) и ещё один, в котором элементы приспособления соединяются при помощи находящихся на плоскости двух цилиндрических пальцев ($\Delta_{n\delta}^{1-2}$).

Определяем составляющие погрешности сборки:

$$\Delta_{n\delta}^{1-2} = \delta_{26} + \delta_{11} + з^{1-2};$$

$$\Delta_{n\delta}^{2-3} = 2\sqrt{(YY_3')^2+(YX_3')^2}\cdot\frac{\delta_{23}+\delta_{32}+з^{2-3}}{Y2_2^2}\cdot\cos\operatorname{arctg}\left|\frac{YY_3'}{YX_3'}\right|$$

или $\Delta_{n\delta}^{2-3} = \delta_{23} + \delta_{32} + з^{2-3};$

$$\Delta_{n\delta}^{3-4} = 2\sqrt{(P1)^2+(P4)^2}\cdot\frac{\delta_{35}+\delta_{41}+з^{3-4}}{Y2_3^1}\cdot\cos\operatorname{arctg}\left|\frac{P1}{P4}\right|$$

или $\Delta_{n\delta}^{3-4} = \delta_{35} + \delta_{41} + з^{3-4}.$

Суммарная погрешность сборки

$$\Delta_{n\delta} = \Delta_{n\delta}^{1-2} + \Delta_{n\delta}^{2-3} + \Delta_{n\delta}^{3-4}.$$

4. Погрешность от зазоров между режущим инструментом и кондукторной втулкой приспособления рассчитываем по формуле:

$$\Delta_{nз} = \frac{(\delta_{44}+\delta_{cв})(P3+d_{cв})}{4.P3},$$

где $d_{cв}, \delta_{cв}$ – номинальный диаметр сверла и допуск на размер, которые получим из описания выбранного режущего инструмента.

Предполагая, что рассеяние найденных погрешностей происходит по нормальному закону, определяем общую погрешность установки:

$$\Delta_{\varepsilon} = \sqrt{\Delta_{\delta}^2 + \Delta_{no}^2 + \Delta_{n\delta}^2 + \Delta_{nз}^2}.$$

Реализация данной методики позволяет определить точность установки типоразмеров переналаживаемых приспособлений при помощи ЭВМ. Для построения соотношений превосходства над множеством решений по общему критерию обеспечения требуемой точности обработки применяют выражение для определения приоритета:

$$\mu_ч(ПР_i) = \left(1 - \frac{\Delta_{\varepsilon i}}{\Delta_{\varepsilon э}}\right) \cdot 100,$$

где $\mu_ч(ПР_i)$ – обозначение приоритета;

$\Delta_{\varepsilon э}$, $\Delta_{\varepsilon i}$ – общие погрешности установки в заданном направлении эталонного и сравниваемого приспособления.

Подзадача определения приоритетов по точности установки приспособлений входит в общую задачу выбора оптимального приспособления по технико-экономическим критериям [3].

Литература

I. Тальвик Р.Я. О методике расчета точности станочных приспособлений. См. наст. сб.,с. 73.

2. ЕСТПП. Конструкторские основы создания системы стандартных средств технологического оснащения. М., Издательство стандартов, 1976. 117 с.

3. Месила Р.А., Тамм А.Л. Разработка приоритетов при выборе приспособлений. См. наст. сб.,с. 49.

A. Tamm

Determination of Setting Error of Modular Fixtures

Summary

The article deals with the problem of determining the setting error of modular jigs and fixtures in systems of process planning.

The components considered and the determination of these setting error components are given.

The setting error is used as one of the factors for finding out the most rational fixture.

№ 536

TALLINNA POLÜTEHNILISE INSTITUUDI TOIMETISED

ТРУДЫ ТАЛЛИНСКОГО ПОЛИТЕХНИЧЕСКОГО ИНСТИТУТА

УДК 621.9.06.002.54

Р.А. Месила, А.Л. Тамм

РАЗРАБОТКА ПРИОРИТЕТОВ ПРИ ВЫБОРЕ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ

В процессе выбора оптимального приспособления в системах САПР-ТП целесообразно поиск производить по следующим этапам:

- выбор системы приспособлений; сужение области поиска путем исключения из рассмотрения системы приспособлений, которые явно не могут быть применены;
- выбор технически приемлемых решений;
- выделение самого эффективного варианта приспособления по технико-экономическим показателям.

I. Выбор системы приспособлений

Исключение из рассмотрения системы приспособлений, которые явно не могут быть применены, осуществляется по следующим факторам [I]:

- плановые и организационные показатели (коэффициент загрузки приспособления и планируемый период производства изделия);
- конструктивная форма заготовки;
- схема базирования заготовки;
- габариты заготовки;
- масса заготовки;
- требуемая точность обработки.

На основе данных применяемости каждого приведенного фактора составляются логические условия для выбора системы приспособлений.

2. Выбор оптимального приспособления

По наборам логических условий выбирается множество технически приемлемых решений приспособлений [2]. Следующим шагом является оценка качества и упорядочения технически приемлемых решений на основе технико-экономических критериев. Для этой цели вводят понятие приоритетов $\mu(ПР_i)$, задачей которых является присвоение каждому альтернативы приближенной оценки эффективности решения. Это позволяет построить соотношение превосходства над множеством технически допустимых решений и выделить самые эффективные варианты.

По анализу поставленных перед производством задач выделены следующие общие критерии выбора приспособлений:

- обеспечение максимальной производительности обработки;
- обеспечение минимальной себестоимости обработки;
- обеспечение минимального срока технологической подготовки производства;
- обеспечение требуемой точности обработки.

Общие критерии заменяются конкретными выражениями для расчета приоритетов. Эти выражения представляют собой приближенные зависимости выбранного общего критерия от набора данных приспособлений, заготовки, оборудования и т.д. Значения приоритетов определяются относительно ранее выбранных эталонных приспособлений.

2.I. При определении выражения приоритетов по критерию производительности обработки следует исходить из выражения цикловой производительности [3],

$$Q = \frac{1}{t_0 + t_x},$$

где t_0 - основное время, мин;
t_x - несовмещенное вспомогательное время, мин.

Составляющая t_0 в основном зависит от вида заготовки, режущего инструмента и оборудования. Применяя приспособления с различными схемами конструкций [4] t_0 может зависеть от приспособления.

Несовмещенное вспомогательное время t_x включает элементы, прямо зависящие от приспособления: время установки

(снятия), закрепления (открепления) заготовки и время управления приспособлением.

Основное время для нашей задачи можно высчитывать по приближенным формулам [5]. Например, для операций сверления

$$t_0 = 0{,}00052 \cdot d \cdot l ,$$

где t_0 - основное время, мин;
d - диаметр отверстия, мм;
l - длина (глубина) отверстия, мм.

При обработке заготовок в многоместных приспособлениях основное время зависит от степени перекрытия величин врезания и перебега инструмента на несколько заготовок, от параллельности обработки и т.п. Это изменение основного времени учитывается коэффициентом K_0, который зависит от схемы приспособления [4].

На основе вышесказанного выражение для определения приоритета по критерию производительности обработки представляется в виде:

$$\mu_i(ПР_i) = \left[1 - \frac{(t_{yi} + t_{3i} + t_{ni} + t_0 \cdot K_{0i})\, n_э}{(t_{yэ} + t_{3э} + t_{nэ} + t_0 \cdot K_{0э})\, n_i}\right] \cdot 100, \qquad (I)$$

где $t_{yi}, t_{yэ}$ - вспомогательное время приспособления и эталона на установку и снятие заготовки (при установке заготовки в приспособление вне станка - время на установку и снятие кассеты и т.п.);

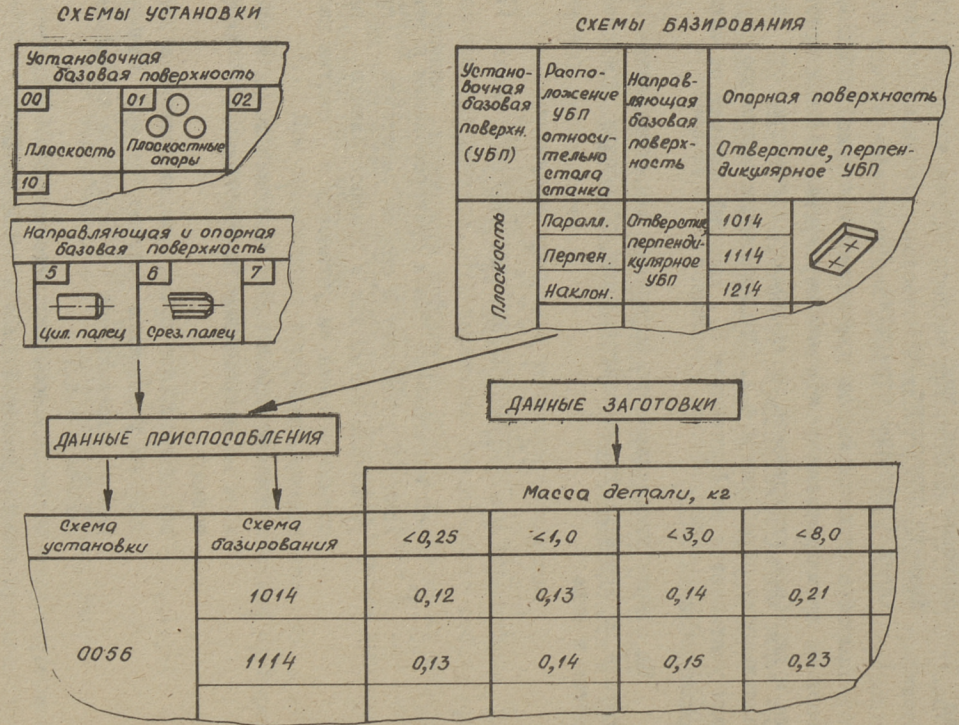
$t_{3i}, t_{3э}$ - вспомогательное время приспособления и эталона на закрепление (и открепление) заготовки;

$t_{ni}, t_{nэ}$ - вспомогательное время приспособления и эталона на управление приспособлением (кантование, передвижение по столу или по направляющим и т.д.);

n_i, $n_э$ - число одновременно устанавливаемых заготовок приспособления и эталона, шт.;

t_0 - основное время, мин;

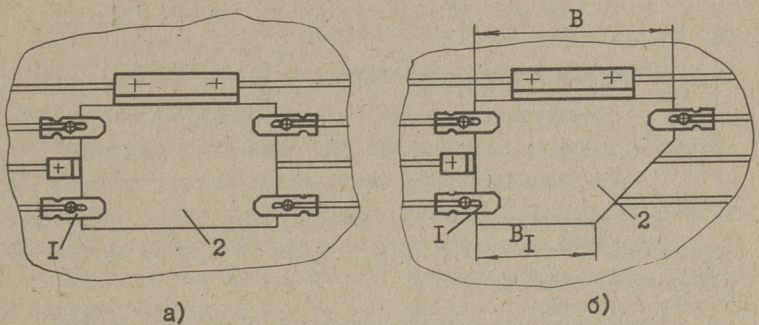
$K_{0i}, K_{0э}$ - коэффициент увеличения основного времени (t_0) сравниваемого приспособления и эталона в зависимости от структуры приспособления.



Фиг. 1. Определение вспомогательного времени на установку заготовки.

Значения приоритета μ_1 показывают, насколько производительность сравниваемого приспособления отличается от производительности эталона.

Вспомогательное время на установку и закрепление заготовок определяются по справочным таблицам (см. фиг. I), время на управление приспособлением и число одновременно устанавливаемых заготовок находят в описании приспособлений.



Фиг. 2. Влияние конфигурации детали на количество зажимов:
а – с четырьмя прихватами, б – с тремя прихватами.

В некоторых типовых приспособлениях вспомогательное время может оказаться переменным. В таких случаях требуется уточнение исходных данных для определения вспомогательного времени в зависимости от данных заготовки, режущего инструмента и т.д. Например, приведенной на фиг. 2 компоновке меняется количество ручных прихватов в зависимости от величины скоса на заготовке, которую характеризует размер B_I. Количество зажимов (K_3), необходимое для определения времени на закрепление заготовки, определяется зависимостями типа:

если $B_I > 0{,}8B$, то $K_3 = 4$,
если $B_I < 0{,}8B$, то $K_3 = 3$.

2.2. На долю себестоимости обработки, зависящей от приспособления влияют в основном время обработки и затраты на приспособление. При сопоставлении вариантов приспособлений рассматриваем технологическую себестоимость.

Выражение для определения приоритета по критерию обеспечения минимальной себестоимости обработки представляется в следующем виде:

$$\mu_2(ПР_i) = \left[1 - \frac{\frac{t_{yi} + t_{3i} + t_{ni} + t_o \cdot K_{oi}}{n_i} \cdot N \cdot T \cdot q + P_i}{\frac{t_{yэ} + t_{3э} + t_{nэ} + t_o \cdot K_{oэ}}{n_э} \cdot N \cdot T \cdot q + P_э} \right] \cdot 100, \qquad (2)$$

где N – годовая программа выпуска, шт.;

T – время нахождения изделия в производстве, год;

q – стоимость станкоминуты применяемого станка, руб.;

$P_э, P_i$ – затраты на оснащение операции эталоном и сравниваемым приспособлением, руб.

Для приспособления системы УСП затраты на оснащение определяем по стоимости проката, для остальных систем по общеизвестным формулам [I].

Определение затрат на оснащение приспособлениями, состоящими из элементов, принадлежащих к разным системам приспособлений, потребует уточнения выражений для расчета затрат. То же относится к переналаживаемым приспособлениям, где на оснащение разными типоразмерами приспособления требуются разные затраты.

Например, если переналаживаемое приспособление состоит из элементов универсальных безналадочных (УБП), универсально-сборных (УСП), и специальных неразборных (НСП-наладок) приспособлений, тогда выражение для определения затрат на оснащение с этим приспособлением составляется на основе выражений, предназначенных для разных систем приспособлений.

$$P = C_н + T\left[C_y \cdot n_y + C_{уп}\left(A_o^{уп} + A_э^{уп}\right) \cdot K_з + P_{усп} \cdot K_з\right], \qquad (3)$$

где $C_н$ – средняя стоимость наладки, руб.;

C_y – затраты на установку наладки, руб. (определяются в зависимости от средней стоимости сменной наладки для группы приспособлений);

n_y – количество партий в год;

$C_{уп}$ – себестоимость базовой части, руб. (при наличии

в структуре типового приспособления больше одной базовой части, отличающихся по себестоимости, выбор, подходящий для расчета, может быть уточнен, например, в зависимости от характерного размера заготовки B:

если $100 < B \leq 150$, то $C_{уп} = 80$,

если $150 < B < 250$, то $C_{уп} = 120$;

$A_a^{уп}, A_э^{уп}$ – коэффициенты амортизации и эксплуатации универсальной базовой части;

$K_з$ – коэффициент загрузки приспособления данной операцией;

$P_{усп}$ – затраты на аренду элемента приспособлений системы УСП, руб.

При выборе универсальных безналадочных приспособлений (УБП) следует учитывать возможность добавления дополнительных действий, связанных с несовершенством приспособлений системы УБП (отсутствие возможности снятия при базировании у заготовки всех степеней свободы, что влечет за собой операцию выверки заготовки и т.п.). В целях создания возможности сравнения приспособлений системы УБП с приспособлениями других систем введен коэффициент, учитывающий затраты времени на дополнительные действия, $K_{убп}$:

$$K_{убп} = \frac{t_o^{ср} + t_{доп}^{ср}}{t_o^{ср}},$$

где $t_o^{ср}$ – среднее основное время на операцию, мин;

$t_{доп}^{ср}$ – средние затраты времени на дополнительные действия (выверка, разметка и т.п.), мин.

Выражения определения приоритета по максимальной производительности и минимальной себестоимости обработки для приспособлений системы УБП представляются следующим образом:

$$\mu_1(ПР_i) = \left[1 - \frac{(t_{уi} + t_{зi} + t_{пi} + t_o \cdot K_{oi} \cdot K_{убп}) \cdot n_э}{(t_{уэ} + t_{зэ} + t_{пэ} + t_o \cdot K_{oэ}) \cdot n_i}\right] \cdot 100, \qquad (4)$$

$$\mu_2(ПР_i) = \left[1 - \frac{\frac{t_{уi} + t_{зi} + t_{пi} + t_o \cdot K_{oi} \cdot K_{убп}}{n_i} \cdot N \cdot T \cdot q_i + P_i - R \cdot N \cdot T \cdot t_o \cdot K_{убп}}{\frac{t_{уэ} + t_{зэ} + t_{пэ} + t_o \cdot K_{oэ}}{n_э}}\right] \cdot 100, \qquad (5)$$

где R - средняя тарифная ставка в дополнительных действиях.

2.3. При оценке эффективности приспособлений по критерию обеспечения минимального срока технологической подготовки производства (ТПП) основным показателем является степень унификации конструкции приспособления по массе $K_м$:

$$K_м = \frac{m - m_0}{m}, \qquad (6)$$

где m - масса приспособления, кг;

m_0 - масса оригинальных элементов приспособления, кг.

Особенно важно учитывать срок ТПП при малых сроках производства изделия. Введем коэффициент $K_п$, показывающий, какую долю от времени производства изделия (T) составляет время на оснащение данным приспособлением:

$$K_п = \frac{T - L}{L}, \qquad (7)$$

где L - время на оснащение производства данным приспособлением, год. Определяются средние значения для всех систем приспособлений, исходя из конкретных условий предприятия или на основе литературных данных [I].

Соответствующее выражение для определения приоритета:

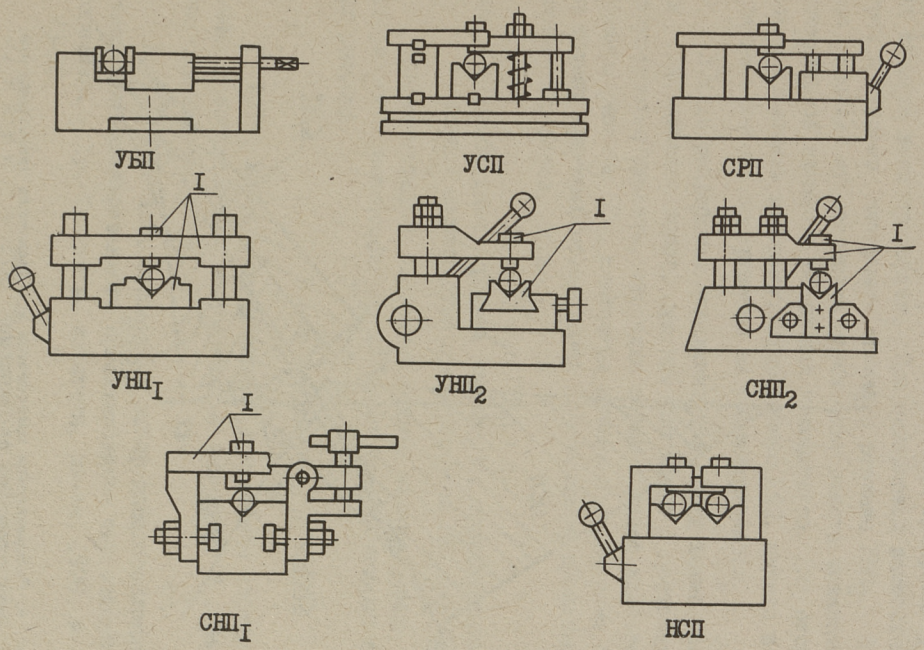
$$\mu_э(ПР_i) = \left(1 - \frac{\frac{m_э - m_{0э}}{m_э} \cdot K_{пэ}}{\frac{m_i - m_{oi}}{m_i} \cdot K_{пi}}\right) \cdot 100 = \left(1 - \frac{K_{мэ} \cdot K_{пэ}}{K_{мi} \cdot K_{пi}}\right) \cdot 100, \qquad (8)$$

где $m_i, m_э$ - масса приспособления и эталона, кг;

$m_{oi}, m_{0э}$ - масса оригинальных элементов приспособления и эталона, кг.

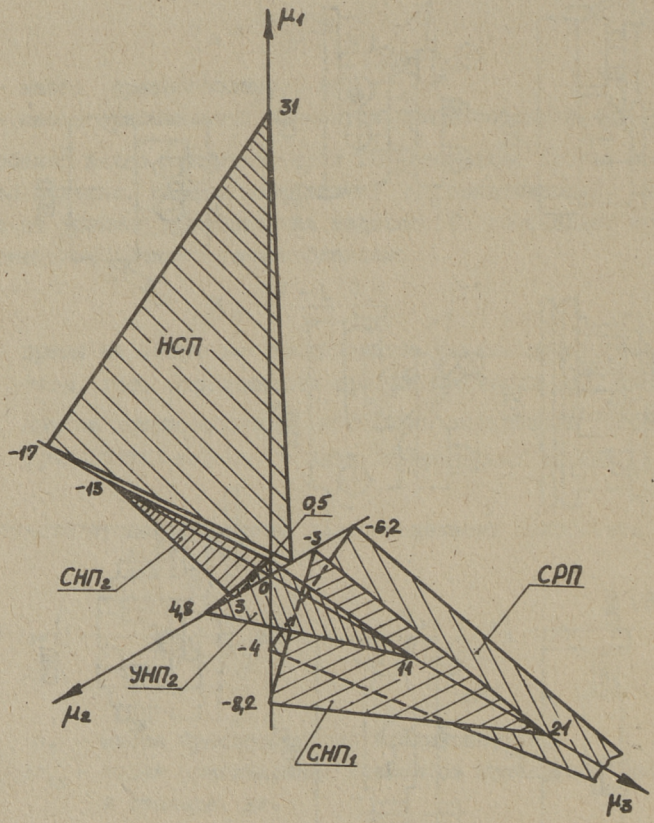
Также составляется выражение для определения приоритета по критерию обеспечения требуемой точности обработки (в данной статье не рассматривается).

Вычисленные значения приоритетов позволяют сравнивать приспособления по каждому критерию эффективности отдельно или по многим критериям при помощи комплексной оценки.



Фиг. 3. Приспособления разных систем.

На фиг. 3 в виде примера приведены приспособления разных систем для оснащения операции сверления радиальных отверстий в деталях типа вала. Производственная программа N = = 77000 шт/год и период производства 0,5 лет.



Фиг. 4. Распределение приоритетов при сравнении приспособлений.

Вычисленные значения приоритетов для приведенных приспособлений приведены на фиг. 4 (не показаны значения приоритетов приспособлений УСП и УБП, имеющие по двум основным критериям значения приоритетов, которые намного хуже соответствующих значений других приспособлений).

В данном примере по каждому критерию в отдельности наивысшую оценку получили разные приспособления: по максимальной производительности - НСП; по минимальной себестоимости - $УНП_2$; по минимальному сроку технологической подготовки производства - $СНП_I$. Комплексный приоритет учитывает влияние всех критериев. При одинаковых важностях всех трех критериев наилучшим является решение $УНП_2$. В реальных условиях производства необходимо ввести показатель относительной важности различных приоритетов. Для этой цели можно применять методику, приведенную [6], однако в данной статье важность приоритетов не рассматривается.

В ходе разработки выражения для определения приоритета устанавливают порог, при котором можно с достоверной уверенностью сказать, что один вариант лучше другого. Например, решение $ПР_I$ считается лучшим по сравнению с $ПР_2$ по общему критерию обеспечения максимальной производительности обработки, если

$$\mu_1(ПР_1) + \mu_1(ПР_2) \geq c,$$

где c - необходимый уровень или порог, определяющий с заданной надежностью превосходство $ПР_I$ над $ПР_2$.

Данная методика позволяет решить задачу выбора целесообразного приспособления из множества технически допустимых решений.

Литература

I. ЕСТП. Выбор и рациональное применение систем станочных приспособлений. Методические указания. М., Издательство стандартов. 1979. 87 с.

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

3. Шаумян Г.А. Комплексная автоматизация производственных процессов. М., Машиностроение, 1973. 639 с.

4. Косов Н.П., Чикмадрин Л.З. Влияние схем приспособлений и структур операции на производительность. - Повышение качества и эффективности сельскохозяйственных машин. Ростов-на-Дону, 1979, с. 3-7.

5. Горбачевич А.Ф. и др. Курсовое проектирование по технологии машиностроения. Минск. Высшэйш. школа, 1975. 287 с.

6. Рийвес Ю.Э. Применение множества приоритетов для выбора модели станка. - Тр. Таллинск. политехн. ин-та, 1980, № 495, с. 45-56.

R. Mesila
A. Tamm

Development of the Rules of Priority for Choosing Jigs and Fixtures

Summary

The article deals with the problem of choosing the most rational versions of fixtures.General criteria for the choice of fixtures and the rules to determine the priority of fixtures are given. The most rational variant of fixture is found out by comparing the fixed priorities.

№ 536

TALLINNA POLÜTEHNILISE INSTITUUDI TOIMETISED

ТРУДЫ ТАЛЛИНСКОГО ПОЛИТЕХНИЧЕСКОГО ИНСТИТУТА

УДК 621.9.06.229.3166

Р.Я. Тальвик

К ВОПРОСУ РАСЧЕТА ТОЧНОСТИ КОНДУКТОРОВ

Вопросы расчета точности кондукторов изложены в многочисленных работах [1, 2, 3, 4], однако приведенный материал является слишком поверхностным или наблюдается другая крайность [5], где сделана попытка создать готовые формулы расчета для возможных случаев практики, что может привести в применении к заблуждениям.

Приведенная в работе [6] методика расчета точности станочных приспособлений является универсальной и в принципе применима и для расчета кондукторов, однако, учитывая специфические особенности этого вида приспособлений, считалось целесообразным рассмотреть эти вопросы отдельно.

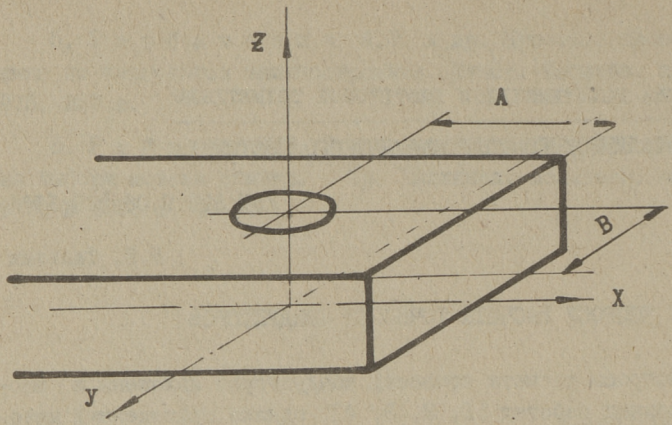
Главными особенностями кондукторов являются:

1) наличие кондукторных направляющих втулок, по отношению которых ориентируются при установке заготовка и при достижении точности радиальных исходных размеров (ИР) отсутствие роли станка;

2) нерегулируемость технологической системы в радиальном направлении ИР и невозможность исправления погрешностей межосевых функциональных размеров (ФР).

Положение обрабатываемого отверстия должно быть задано пятью ИР (фиг. 1): радиальными $\vec{X}$ и $\vec{Y}$, поворотами $\widehat{X}$ и $\widehat{Y}$ и осевым $\vec{Z}$, который имеет смысл только при глухих и ступенчатых отверстиях.

По точности ИР обрабатываемые при помощи кондукторов отверстия можно условно разделить на отверстия нормальной и высокой точности (повышенная и высокая точность по СГ СЭВ 637-77).



Фиг. 1. Схема координации отверстия.

Первые служат, как правило, для установки и пропуска крепежных и арматурных элементов, которые координированы двумя радиальными ИР, а неперпендикулярность (непараллельность) по отношению базы лимитируется долей поля допуска собственного размера.

Высокоточные отверстия являются посадочными местами для опор шпинделей, осей, валов или скалок и координированы полностью по отношению исходных баз пятью ИР. Повороты $\hat{X}$ и $\hat{Y}$ задаются, как правило, в виде допусков от перпендикулярности (параллельности) базовой поверхности или осей. Точность ИР - поворотов достигается применением кондукторов направляющими втулками с двух сторон предварительно обработанного отверстия.

При образовании осевого ИР обработки глухого или ступенчатого отверстия участвует вся технологическая система и расчет точности кондуктора осуществляется при помощи решения размерной цепи по общей методике [6].

Для обработки отверстий с нормальной точностью применяют кондукторы с односторонними втулками. Расчет точности осуществляется решением технологических размерных цепей, построенных на радиальные ИР и замыкающихся в системе приспособление-инструмент-заготовка, минуя станок.

На фиг. 2а изображен пример размерной цепи накладного кондуктора сменной втулкой, построенный на исходный размер А. На фиг. 2б и 2с изображены фрагменты откидного и скальчатого кондуктора, иллюстрирующие, какие функциональные размеры деталей дополнительно включаются в размерную цепь от оси отверстия в кондукторной плите до базирующего элемента приспособления.

Учитывая большое количество звеньев и специфику формообразования обрабатываемой поверхности, целесообразно элементы погрешностей группировать и суммировать по следующей схеме.

Полное поле рассеяния ИР равно

$$\Delta_{\Sigma} = \sqrt{\Delta_1^2 + \Delta_{пл}^2 + \Delta_{\delta}^2}, \qquad (I)$$

где Δ_1 – погрешность в кондукторной втулке, т.е. несоосность инструмента и отверстия в кондукторной плите, обусловленная зазорами, износом и перекосом инструмента, а также эксцентричностью втулок;

$\Delta_{пл}$ – погрешность кондукторной плиты, т.е. отклонение положения отверстия в кондукторной плите, обусловленная погрешностями обработки отверстия и сборки плиты по отношению базирующего элемента;

Δ_{δ} – погрешность базирования заготовки.

Условием годности кондуктора является

$$\Delta_{\Sigma A} < \delta_A, \qquad (2)$$

где $\Delta_{\Sigma A}$ – полное поле рассеяния исходного размера;

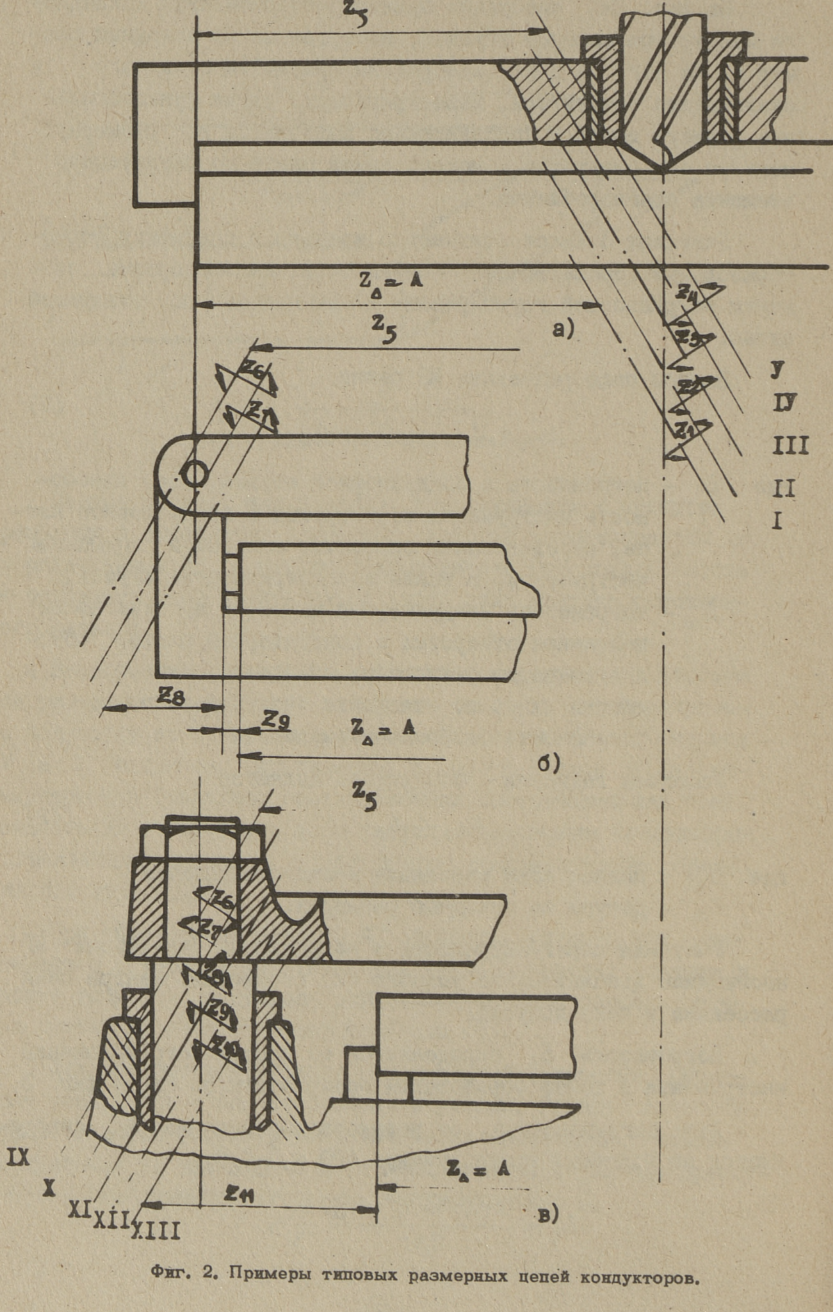
δ_A – допуск на исходный размер А.

Учитывая нерегулируемость в направлении радиальных ИР необходимо дополнительно условию (2) совместить центры поля рассеяния и поля допуска.

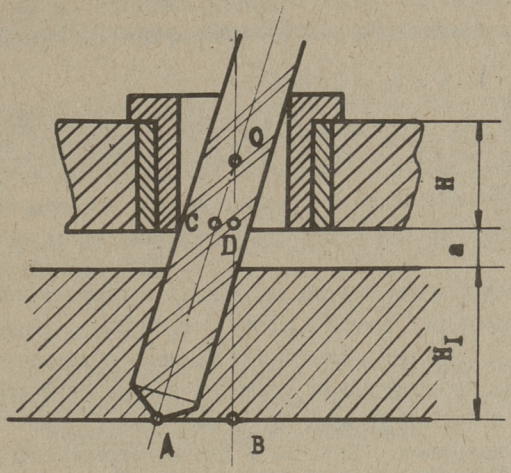
Погрешность Δ_1 определяется из предельного положения инструмента в конце образования поверхности по схеме фиг. 3.

Доля погрешности Δ_1 от перекоса инструмента Δ_1' определяется из подобных треугольников АВО и $O_I O_I O$

$$\Delta_1' = \frac{2(0{,}5H + a + H_1)}{0{,}5H} \cdot \frac{S_{\Sigma}}{2},$$



Фиг. 2. Примеры типовых размерных цепей кондукторов.



Фиг. 3. Схема к расчету погрешности Δ_1.

где H – высота направляющей втулки;
a – осевой зазор между втулкой и заготовкой;
H_1 – глубина сверления;
S_Σ – суммарный зазор между инструментом и исходной втулкой.

Обозначая передаточное отношение перекоса $k = \frac{0{,}5H + aH_1}{0{,}5H}$, получим

$$\Delta_1' = kS_\Sigma. \qquad (2\ а)$$

Суммарный вероятный зазор равен

$$S_\Sigma = \sqrt{\delta_u^2 + \delta_{нв}^2 + \delta_{нн}^2 + \delta_{пв}^2} + S_{1min} + S_{2min} + S_{uз},$$

где δ_u – допуск на диаметр инструмента;
$\delta_{нв}$ – допуск на внутренний диаметр направляющей втулки;
$\delta_{нн}$ – допуск на наружный диаметр направляющей втулки;
$\delta_{пв}$ – допуск на внутренний диаметр переходной втулки;
S_{1min} – гарантированный зазор в направляющей втулке;
S_{2min} – гарантированный зазор в переходной втулке;
$S_{uз}$ – зазор от износа направляющей втулки.

Составляющая погрешности от эксцентриситета втулок определяется

$$\Delta_э = \sqrt{(2э_1)^2 + (2э_2)^2},$$

где $э_1$ и $э_2$ – эксцентриситеты направляющей и переходной втулки соответственно.

Учитывая технологию изготовления втулок можно принимать

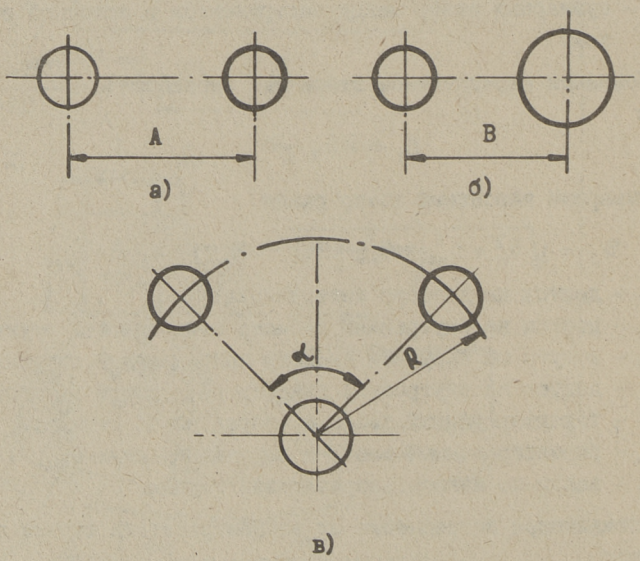
$$Э_1 = Э_2 = 0{,}0025 \text{ мм.}$$

Учитывая, что при обработке инструмент опирается всегда на стенку втулки можно сложить элементы погрешности Δ_1 следующим образом [5]

$$\Delta_1 = 0{,}9\sqrt{k^2(\delta_u^2 + \delta_{нв}^2 + \delta_{нн}^2 + \delta_{пв}^2) + \Delta_э^2} + k(S_{1min} + S_{2min} + S_u). \quad (2)$$

Если расчет осуществляется на кондуктор с постоянными втулками, то в формуле (2) члены $\delta_{нн}$, $\delta_{пв}$, $Э_2$ и S_{2min} равны нулю. Погрешность $\Delta_{пл}$ определяется при накладных кондукторах (фиг. 2а) как экономическая точность координатно-расточного станка на исходный размер (0,02 мм). Для других типов кондукторов (например, фиг. 2б и 2в) к погрешности $\Delta_{пл}$ включается полное поле рассеяния всех функциональных размеров, соединяющих кондукторную плиту с базирующим элементом в направлении данного ИР.

По способу координации обрабатываемых отверстий на практике встречается три типичных случая (фиг. 4).



Фиг. 4. Схема задания исходных размеров.

Случай а. Исходный размер А задан от базы, обработанной на предшествующей операции. Расчет осуществляется по формуле (I).

Случай б. Исходный размер задан от базы, обработанной на данной операции, т.е. ИР является комплексным размером. Поскольку в данном случае погрешность базирования равна нулю, а погрешность в кондукторной втулке образуется в обоих концах исходного размера. Следовательно, расчетная формула (I) принимает вид

$$\Delta_{\Sigma B} = \sqrt{\Delta_{11}^2 + \Delta_{12}^2 + \Delta_{пл}^2} < \delta_B ,$$

где Δ_{11} - погрешность в первой кондукторной втулке;

Δ_{12} - погрешность во второй кондукторной втулке;

δ_B - позиционный допуск отверстия.

Случай в. ИР даны в виде полярных координат. Расчет точности размера R осуществляется по формуле (I), а поле рассеяния угла α определяется как

$$\Delta_{\Sigma\alpha} = \sqrt{\Delta_{21}^2 + \Delta_{\alpha пл}^2 + \Delta_{\alpha}^2 \delta} < \delta_\alpha ,$$

где $\Delta_{\Sigma\alpha}$ - полное поле рассеяния центрального угла, составляющие которого те же, что и в формуле (I), но отнесенные к центральному углу α;

$\Delta_{\alpha 1}$ - определяется по схеме фиг. 5, откуда из прямоугольного треугольника ОАВ получим у одного отверстия

$$\Delta'_{\alpha 1} = 2 \operatorname{arctg} \frac{\Delta_1}{2R} ,$$

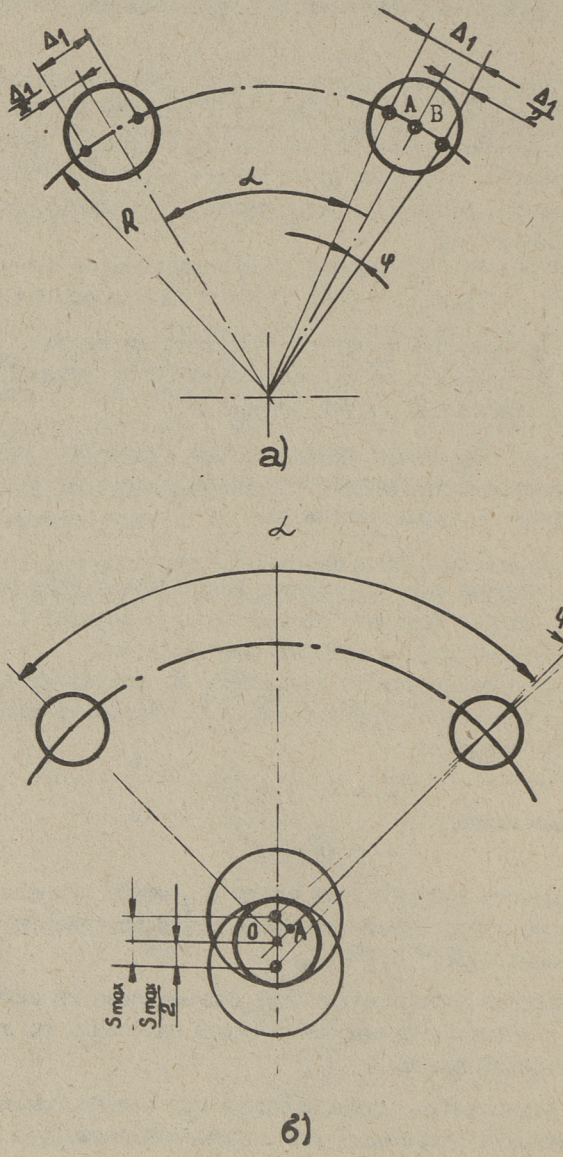
а полное рассеяние

$$\Delta_{\alpha 1} = \sqrt{2(\Delta'_{\alpha 1})^2} .$$

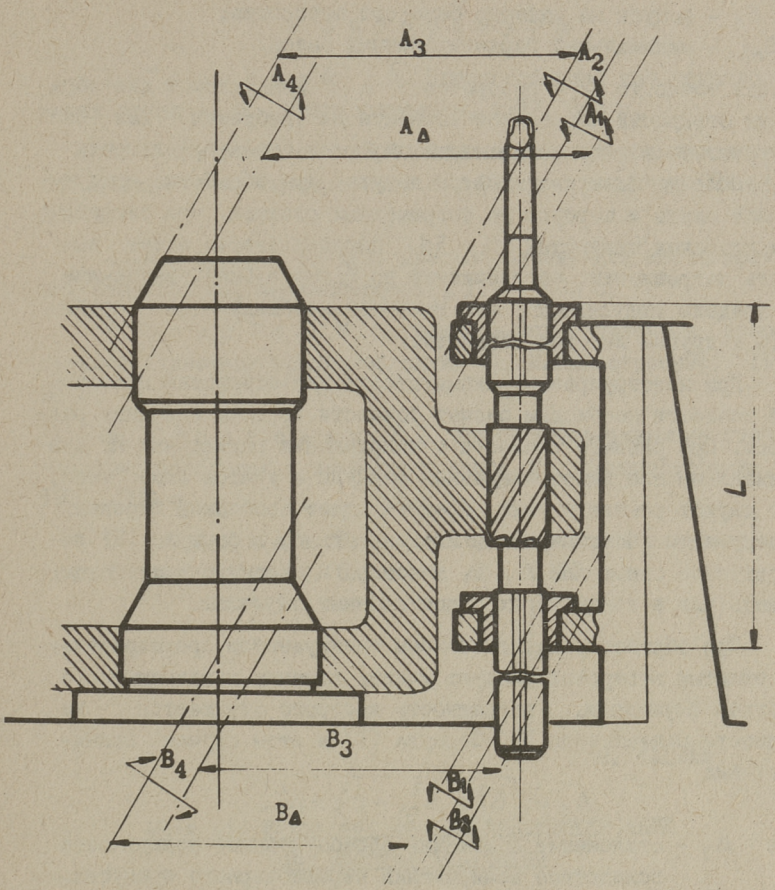
Погрешность кондукторной плиты $\Delta_{пл}$ можно принять равной экономической точности поворота стола координатно-расточного станка ($\pm 0^{\circ}1' \ldots 0^{\circ}2'$).

Погрешность базирования $\Delta_{\alpha\delta}$, приведенная на центральный угол, зависит от схемы базирования заготовки по отношению кондукторной плиты.

Если базирование осуществляется при помощи самоцентрирующего элемента (разжимной или конический палец), то $\Delta_{\alpha\delta} = 0$. Если базирующий элемент имеет зазор, то погрешность определяется по схеме фиг. 6, откуда принимая $\gamma \approx \varphi$



Фиг. 5. Схемы к расчету погрешностей а) $\Delta_{\alpha 1}$ и б) $\Delta_{\alpha \delta}$.



Фиг. 6. Схема размерной цепи для определения перекоса инструмента.

$$\Delta_{\alpha\delta} = \sqrt{(2\varphi)^2 + (2\varphi)^2} = 2\sqrt{2}\,\varphi,$$

где φ находят из треугольника $O_I AB$

$$\varphi = \operatorname{arctg} \frac{0{,}5S \sin\frac{\alpha}{2}}{2R - S\cos\frac{\alpha}{2}},$$

где S – диаметральный зазор между базовым отверстием и базирующего пальца, величина которой определяется

$$S = \sqrt{\delta_n^2 + \delta_0^2} + S_{min},$$

в котором δ_n – допуск на диаметр базирующего элемента;

δ_0 – допуск на диаметр базового отверстия;

S_{min} – минимальный гарантированный зазор.

Расчет точности ИР – поворотов $\overset{\curvearrowright}{X}$ и $\overset{\curvearrowright}{Y}$ кондукторов для обработки отверстий нормальной точности не требуется, так как погрешности в виде неперпендикулярности (непараллельности) по отношению базы достигаются попутно при обработке кондукторной плиты и корпуса на современных станках. При сверлении глубоких отверстий ($H_1 > 5d$) перекос сверла может вызвать погрешности, определяемые по формуле (2а), выходящие за пределы допустимых, что вызывает необходимость прибегать к другим методам обработки.

При конструировании кондукторов для отверстий повышенной точности необходим расчет точности по всем исходным размерам. При расчете точности в направлении радиальных ИР действительны все вышеприведенные формулы с учетом лишь того, что двухсторонние втулки предотвращают свободный перекос инструмента (борштанги) и следовательно, в формуле (2) передаточное отношение К = I, а зазоры и эксцентриситеты учитывать как в кондукторах с постоянными втулками.

При обработке однолезвенным инструментом предварительно отлитых отверстий следует учесть влияние неравномерного прогиба борштанги, погрешность которого отражается на точности радиального ИР. Формула (I) в этом случае принимает вид

$$\Delta_\Sigma = \sqrt{\Delta_1^2 + \Delta_{пл}^2 + \Delta_\delta^2 + \Delta_y^2},$$

где Δ_y – отклонение положения обрабатываемой поверхности вследствие копирования неравномерного припуска.

Расчет точности ИР – поворотов для кондукторов двухсторонними втулками осуществляется решением угловых размерных цепей в направлении соответствующих ИР. Перекос инструмента (борштанги) определяется по схеме фиг. 6, где угол перекоса

$$\varphi = arctg \frac{\Delta'_\Sigma + \Delta''_\Sigma}{2L},$$

где Δ'_Σ и Δ''_Σ – отклонения оси инструмента от заданного положения, определяемые по формуле (2);

L – расстояние между втулками.

Литература

I. Горошкин А.К. Приспособления для металлорежущих станков. М., Машиностроение, 1979. 303 с.

2. Корсаков В.С. Основы конструирования приспособлений в машиностроении. М., Машиностроение, 1971, 288 с.

3. Ансеров М.А. Приспособления для металлорежущих станков. Л., Машиностроение, 1975. 656 с.

4. Оперов И.М. Допуски на изготовление и износ деталей станочных приспособлений. М., Машиностроение, 1965. 91 с.

5. Копаневич Е.Д. Установочно-зажимные станочные приспособления в приборостроении. М., Машиностроение, 1971. 280 с.

6. Тальвик Р.Я. О методике расчета точности станочных приспособлений. См. наст. сб.,с. 73.

R. Talvik

Über die Frage der Genauigkeitsberechnung der Bohrvorrichtungen

Zusammenfassung

In diesem Artikel werden auf der Grundlage der Toleranzkettenlehre Probleme der Genauigkeitsberechnung der Funktionalmasse bei den Bohrvorrichtungen mit Rücksicht sowohl auf Elementarfehler bei der Bearbeitung und beim Verschleiss der Einsteck- und Grundbohrbucksen als auch Elementarfehler bei den Bohrplatten verschiedener Varianten untersucht.

№ 536

TALLINNA POLÜTEHNILISE INSTITUUDI TOIMETISED

ТРУДЫ ТАЛЛИНСКОГО ПОЛИТЕХНИЧЕСКОГО ИНСТИТУТА

УДК 621.9.06.229.3

Р.Я. Тальвик

О МЕТОДИКЕ РАСЧЕТА ТОЧНОСТИ СТАНОЧНЫХ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ

Кроме экономичности станочные приспособления должны соответствовать, в первую очередь, требованиям основного функционального назначения - обеспечить точность установки заготовки на станке.

В существующей литературе методика расчета точности изложена весьма разнообразно и прерывисто [1, 2,3]. Как правило, рассматриваются частные случаи или даются лишь общие указания, а практический расчет затруднен ввиду отсутствия исходных данных. Наиболее глубоко освещена картина образования погрешностей в работе [4], однако терминология и подход к теории базирования в ней слишком отличается от общепринятой.

Целью настоящей работы явилось составление универсальной и системной методики для проверки точности при проектировании приспособлений и технологических процессов.

Кроме количественного результата системная методика выявляет схему образования погрешностей установки и позволяет конструктору и технологу обеспечить требуемую точность при меньших затратах.

Системная методика расчета точности приобретает все большее значение в связи с применением станков с ЧПУ, а также автоматизированного проектирования технологической оснастки.

В работе считалось целесообразным применить дополнительно стандартные (ГОСТ 21495-76) нижеследующие понятия и термины.

1) Исходный размер ИР - координирующий размер, обрабатываемый при данной операции поверхности.

2) Исходная база ИБ - измерительная база, от которой задан исходный размер.

3) Контактная база КБ - реальная база заготовки, которая при установке должна быть в контакте с базирующими элементами приспособления.

4) Функциональный размер ФР - сборочный размер или размер детали приспособления, от точности которого непосредственно зависит точность установки.

Поскольку положение обработанной поверхности как геометрического элемента должно быть на детали полностью определено по отношению конструкторских баз как системы координат, то на операционном эскизе положение обрабатываемой поверхности должно быть также задано шестью исходными размерами. Фактически исходных размеров на чертежах меньше. Часть из них является бессмысленными (перемещения сквозных поверхностей, повороты поверхностей вращения вокруг собственной оси). Часть ИР с номиналом ноль (соосность, параллельность, перпендикулярность) по принятой в техническом черчении символике не обозначается. Но отклонения этих ИР (несоосность, неперпендикулярность, непараллельность) имеют важное значение, они, как правило, не поддаются исправлению технологическими мероприятиями и должны обязательно быть учтены при конструировании приспособлений. Следовательно, при стадии решения технологичности детали следует выявить все ИР на операцию, количество которых равно

$$m = 6 - n,$$

где n - количество бессмысленных ИР.

Например, обрабатываемая поверхность I на операционном эскизе фиг. Iа задан ИР А и В из остальных ИР по фиг. Iб, размеры в направлении $\vec{y}$ и $\vec{z}$ бессмысленные, но повороты $\widehat{y}$ и $\widehat{x}$ необходимо определить и обеспечить точностью функциональных размеров приспособления.

Системный расчет точности осуществляется при помощи размерных цепей. Технологические размерные цепи - цепи прохо-

дящие систему СПИД - строятся на все ИР как на исходные звенья.

Полное поле рассеяния замыкающего звена (ИР) технологической размерной цепи равняется полному полю рассеяния технологической системы в динамическом состоянии - суммарной погрешностью обработки, которая в общем случае равняется

$$\Delta_{\Sigma}=\sqrt{(K_1\Delta_{\varepsilon})^2+(K_2\Delta_y)^2+(K_3\Delta_н)^2+(K_4\Delta_u)^2+(K_5\,{}_{\Sigma}\Delta_т)^2+(K_6\,{}_{\Sigma}\Delta_{ст})^2}. \quad (I)$$

где Δ_{ε} - погрешность установки;

Δ_y - погрешность от упругих деформаций технологической системы;

$\Delta_н$ - погрешность настройки технологической системы;

${}_{\Sigma}\Delta_т$ - суммарная погрешность от термических деформаций технологической системы;

${}_{\Sigma}\Delta_{ст}$ - суммарная геометрическая погрешность станка;

$K_1 \dots K_6$ - коэффициенты, учитывающие законы рассеивания элементов погрешностей.

Доказательством технической пригодности операции по данному ИР является условие

$$\Delta_{\Sigma} < \delta,$$

где δ - допуск на данный ИР.

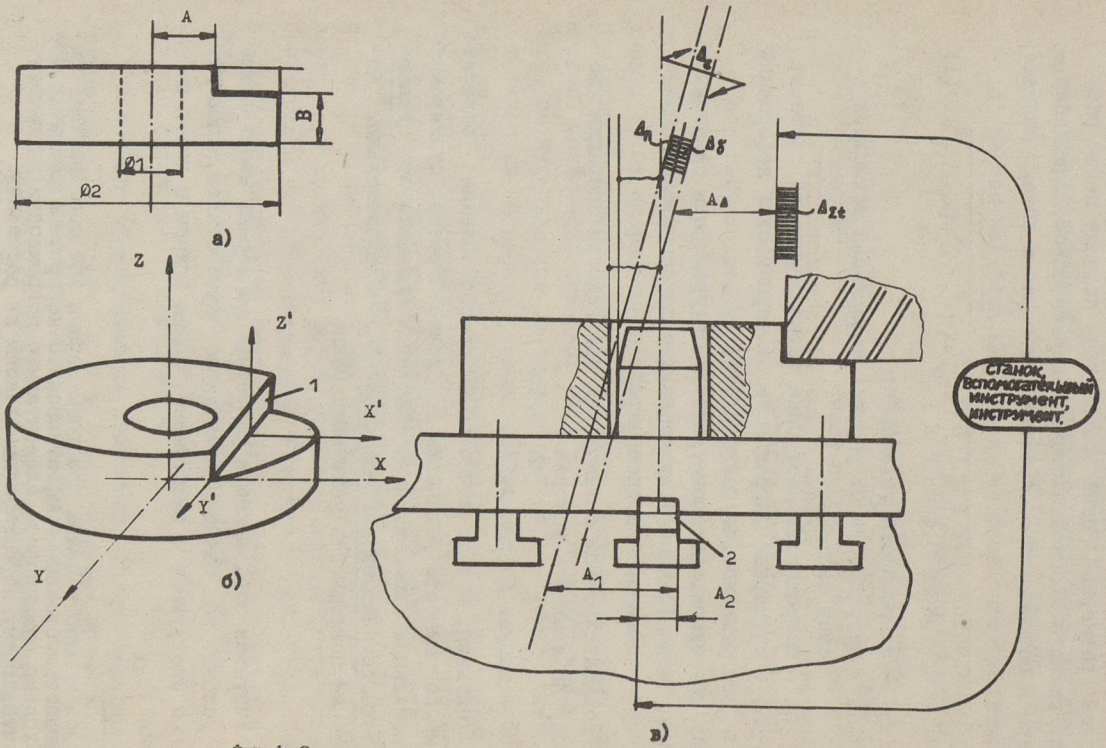
Учитывая, что от точности ФР приспособления зависит только погрешность установки Δ_{ε}, целесообразно суммировать все остальные элементы погрешностей и называть это суммарной технологической погрешностью $\Delta_{\Sigma t}$. Следовательно, допускаемая погрешность установки равна

$$[\Delta_{\varepsilon}] = \delta - \Delta_{\Sigma t}.^{x} \quad (2)$$

Учитывая это, можно в расчетных размерных цепях заменить условно все звенья, проходящие через станок, вспомогательный инструмент и инструмент, одним звеном с полем рассеяния $\Delta_{\Sigma t}$.

---

x Здесь и ниже в целях простоты записи все составляющие погрешности сложены арифметически. В конкретных расчетах необходимо суммировать элементарные погрешности по методу, учитывающему вероятностные законы их рассеяния.



Фиг. 1. Схема размерной цепи:
а – заготовка; б – координация обрабатываемой поверхности;
в – условная технологическая размерная цепь на ИР А.

Пример такой размерной цепи изображен на фиг. I, построенной на исходный размер А при фрезеровании уступа I, где его полное поле рассеяния для наглядности разложено на суммарную технологическую погрешность $\Delta_{\Sigma t}$, что на рисунке иллюстрирует рассеивание положения формообразующей поверхности и на погрешность установки Δ_{ε}, что изображает поле рассеяния положения ИБ.

В расчетах целесообразно толковать погрешность установки как поле рассеяния положения ИБ по отношению заданного при установке партии заготовок.

По причинам рассеяния положения ИБ погрешность установки состоит из следующих основных составляющих:

$$\Delta_{\varepsilon} = \Delta_{\delta} + \Delta_{з} + \Delta_{п}, \qquad (3)$$

где Δ_{δ} - погрешность базирования, обусловленная несовмещением ИБ и КБ, а также несовмещением КБ с базирующим элементом;

$\Delta_{з}$ - погрешность закрепления, обусловленная неравномерной деформацией заготовки и приспособления под действием сил зажима;

$\Delta_{п}$ - погрешность приспособления, обусловленная погрешностями ФР приспособления.

Погрешность приспособления целесообразно подразделить по причинам рассеяния ФР приспособления следующим образом

$$\Delta_{п} = \Delta_{пу} + \Delta_{пи} + \Delta_{пс}, \qquad (4)$$

где $\Delta_{пу}$ - погрешность базирующих элементов из-за погрешностей изготовления и сборки;

$\Delta_{пи}$ - погрешность от износа базирующих элементов в направлении ИР;

$\Delta_{пс}$ - погрешность ФР от неточной установки приспособления на станок.

Для определения величины Δ_{ε} и его составляющих на данный ИР используется размах поля рассеяния ИБ

$$\Delta_{\varepsilon} = (y_{max} - y_{min}) \cos\alpha,$$

где y_{max}, y_{min} - предельные положения ИБ, определенные по какой-то удобной для определения базе;

α - угол между направлением перемещения ИБ и направлением ИР.

Из выражений (2), (3) и (4) можно получить общий допуск на ФР приспособления

$$[\Delta_n] = \delta - \Delta_{\Sigma t} - \Delta_\delta - \Delta_з .$$

Допуск на ФР при изготовлении (сборке) приспособления

$$[\Delta_{пу}] = \delta - \Delta_{\Sigma t} - \Delta_\delta - \Delta_з - \Delta_{пи} - \Delta_{пс} ,$$

допуск ФР на износ

$$[\Delta_{пи}] = \delta - \Delta_{\Sigma t} - \Delta_\delta - \Delta_з - \Delta_{пу} - \Delta_{пс} .$$

При известном законе размерного износа базирующего элемента $u = f(N)$ нетрудно определить и период ремонта приспособления.

Самые большие трудности на практике возникают при определении суммарной технологической погрешности $\Delta_{\Sigma t}$, для которой в технологии используется аналитический или статистико-нормативный метод. Первый из них отличается трудоемкостью и, как правило, отсутствием исходных данных. При втором методе часто вводит в заблуждение то обстоятельство, что в таблицах экономической точности обработки обычно не указано, к какому размеру, исходному или собственному, приведенная точность относится.

Целесообразно использовать вышеприведенные методы выборочно в зависимости от схемы образования поверхности и типа станка.

При применении аналитического метода следует включать в состав $\Delta_{\Sigma t}$ только те элементарные погрешности, которые влияют на точность ИР при данном методе.

Для облегчения выбора метода определения $\Delta_{\Sigma t}$ рекомендуется пользоваться таблицей I.

Приведенные выше расчеты достаточны для ИР, в направлении которых технологическая система регулируема приемами наладки или настройки. Если этой возможности нет, то ФР приспособления должны обеспечить совпадение центров поля рассеяния и поля допуска ИР с требуемой точностью. Основная формула (2) в этом случае принимает вид

$$[\Delta_\varepsilon] = \delta - \Delta_{\Sigma t} - \Delta_ц ,$$

где $\Delta_ц$ – ожидаемое отклонение центра поля рассеяния от центра допуска ИР.

Таблица I

Выбор метода определения суммарной технологической погрешности $\Delta_{\Sigma t}$ координирующего размера обрабатываемой поверхности

Характеристика обрабатываемой поверхности и метода обработки	Типовые операции или переходы	Рекомендуемый метод определения $\Delta_{\Sigma t}$ и его состав	Источники исходных данных
Плоскости и профильные поверхности на нетелах вращения. Торцевые поверхности и ступени на телах вращения	Фрезерование Строгание Долбление Плоское шлифование Протягивание Подрезка торцов и уступов при точении и круглом шлифовании	Статистико-нормативный Экономическая точность метода	Нормативы [x] Справочники
Поверхности вращения, обработанные при вращении заготовки	Точение Круглое и внутреннее шлифование	Аналитические Радиальное биение шпинделя	Соответствующие ГОСТы Паспорт станка Непосредственное измерение на конкретном станке
Поверхности вращения, обработанные на неподвижной заготовке	Сверление Зенкерование Развертывание и растачивание в кондукторах	$\Delta_{\Sigma t}=0$, так как суммарная погрешность обработки зависит от приспособления и инструмента	Стандарты и допуски на режущие инструменты
	Сверление Зенкерование Развертывание и растачивание на расточных и координатно-расточных станках	Статистико-нормативный $\Delta_{\Sigma t}$ равняется точности позиционирования шпинделя применяемого станка	Паспорт станка Справочники

[x] Применяемые нормативы должны соответствовать методу образования поверхностей. Так, например, при обработке ступеней и торцов тел вращения точность исходных (осевых) размеров, полученных на гидрокопировальном станке сложением подач, на станке с ЧПУ и подрезкой поперечным суппортом, различна.

Следует отметить, что регулируемость системы СПИД в направлении отдельных ИР зависит не только от вида операции и станка, но и от конструкции приспособления. Так, например, система СПИД на фиг. I регулируется в направлениях А и В путем перемещения стола и консоли фрезерного станка.

Но если то же приспособление многоместно или предусмотрен установ для настройки фрезы на размер, то возможность регулировки отпадает. Если то же приспособление установлено на продольнофрезерный станок, то система регулируется в направлении ИР А в процессе наладки. Но если приспособление имеет элементы, облегчающие наладку (шпонка 2), то и такая возможность регулирования отпадает.

Литература

I. Корсаков В.С. Основы конструирования приспособлений в машиностроении. М., Машиностроение, 1971. 288 с.

2. Терликова Т.Ф., Мельников А.С., Баталов В.И. Основы конструирования приспособлений. М., Машиностроение. 1980. 119 с.

3. Олерав И.М. Допуски на изготовление и износ деталей станочных приспособлений. М., Машиностроение, 1965. 91 с.

4. Фираго В.П. Основы расчета точности обработки при проектировании станочных приспособлений. М., Оборонгиз, 1958. 81 с.

R. Talvik

Über die Methode der Genauigkeitsberechnung der Vorrichtungen

Zusammenfassung

In diesem Artikel werden auf der Grundlage der Toleranzkettenlehre Probleme der Genauigkeitsberechnung der Funktionalmasse bei den Vorrichtungen mit Rücksicht auf den Einfluss aller Elementarfehler von Werkstücken, der Vorrichtungen und der technologischen Kette untersucht.

№ 536

TALLINNA POLÜTEHNILISE INSTITUUDI TOIMETISED

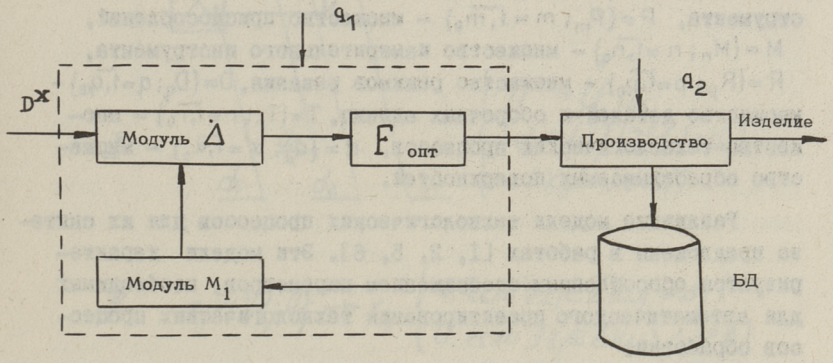
ТРУДЫ ТАЛЛИНСКОГО ПОЛИТЕХНИЧЕСКОГО ИНСТИТУТА

УДК 658.512

Ю.В. Папстел

ОБОБЩЕННАЯ МОДЕЛЬ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА

Технологическая подготовка производства – это задача управления, где на основе заданных условий необходимо принимать оптимальное или близкое к оптимальному решение. А это значит, что задачи ТПП должны быть достаточно формализованы, с тем, чтобы систему можно было подчинить воздействию ЭВМ для более совершенного их решения.



Фиг. 1. Схема функционирования ТПП.

Схематически система ТПП выглядела бы согласно фиг. I. На производство поступает новое изделие со множеством деталей $D^x=\{D_t^x;\ t=\overline{1,t_0}\}$, отображением которых являются их чертежи с техническими условиями на изготовление. Для реализации производственного цикла существует модуль формирования области решений M_I, модуль формирования области допустимых решений Δ с учетом конкретных условий производства, законов технологий и параметров процесса, а также модуль оптимизации, выдающий оптимальное решение $F_{опт}$.

Кроме того на систему воздействуют помехи q_1 и q_2, связанные соответственно с изменением условий ТПП и производства. Естественно необходима хорошо функционирующая база данных.

Для формирования области решений M_I и области допустимых решений Δ необходимо на основе обобщенных моделей объектов ТПП создать упорядоченные множества объектов ТПП и их связей.

Отображением технологического процесса обработки детали является технологическая карта обработки детали, т.е. набор предписаний для действия над заготовкой с использованием имеющихся множеств технологических объектов, конечной целью которой является получение детали с заданными свойствами. Такими множествами будут: $O=\{O_j;\ j=\overline{1,j_0}\}$ – множество оборудования, $I\{I_k;\ k=\overline{1,k_0}\}$ – множество режущего инструмента, $V=\{V_l;\ l=\overline{1,l_0}\}$ – множество вспомогательного инструмента, $P=\{P_m;\ m=\overline{1,m_0}\}$ – множество приспособлений, $M=\{M_n;\ n=\overline{1,n_0}\}$ – множество измерительного инструмента, $R=\{R_p;\ p=\overline{1,p_0}\}$ – множество режимов резания, $D=\{D_q;\ q=\overline{1,q_0}\}$ – множество деталей и сборочных единиц, $T=\{T_r;\ r=\overline{1,r_0}\}$ – множество технологических процессов, $d=\{d_\alpha;\ \alpha=\overline{1,\alpha_0}\}$ – множество обрабатываемых поверхностей.

Различные модели технологических процессов для их синтеза предложены в работах [1, 2, 5, 6]. Эти модели характеризуются обособленным отображением параметров, необходимых для автоматического проектирования технологических процессов обработки.

Целью предлагаемой модели является:

– формализовать процесс фиксации информации об объектах системы ТПП;

– установить связи между отдельными объектами системы ТПП с целью анализа существующего состояния;

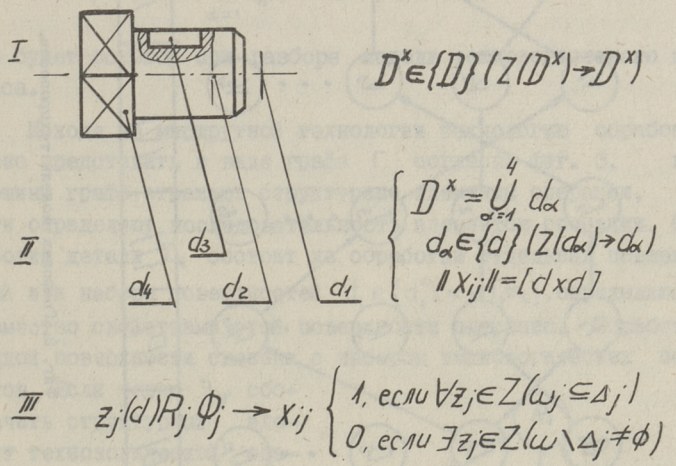
– обеспечить область технологических решений, являющихся отображением накопленного опыта и теоретических разработок;

– обеспечить методическую основу для проектирования банка данных.

Если A является технологическим объектом, то его модель А содержит лишь некоторую часть данных об A и зави-

сит от класса решаемых на основе предложенной модели задач. Или, выражаясь согласно [1], полнота отображения A через A зависит от степени абстрагирования и глубины структурирования.

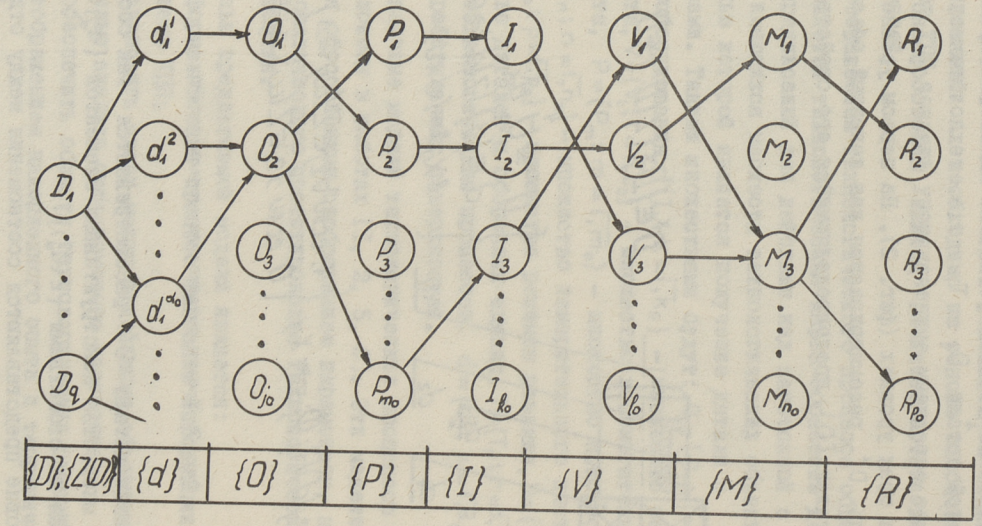
Технологический процесс обработки детали зависит от конструкций этой детали $D_t \rightarrow T_r$, т.е. технологический процесс предопределяется деталью. Деталь целесообразно рассматривать на трех уровнях (фиг. 2). На первом уровне конкретная деталь D^x рассматривается как конечный объект из множества деталей $\{D\}$, предопределяющийся его свойствами $\{Z(D^x)\}$.



Фиг. 2. Уровни детализации модели детали.

На II уровне деталь D^x рассматривается как состоящая из конечного множества конструктивных элементов $\{d_\alpha\}$, предопределяющихся их свойствами $\{Z(d_\alpha)\}$.

На III уровне представляются соотношения между отдельными элементами. Это можно делать через матрицу переменных $\| x_{ij} \|$, в которой указывается связь между элементами d_i и d_j, если $x_{ij} = 1$, в противном случае связи нет. На этом уровне связи представляются в количественном соотношении в виде



Фиг. 3. Графовая модель техпроцесса.

$$z_j(d)\,\bar{R}_j\,\Phi_j \rightarrow x_{ij} = \begin{cases} 1, & \text{если } \forall z_j \in z\,(\omega_j \subseteq \Delta) \\ 0, & \text{если } \exists z_j \in z\,(\omega_j \setminus \Delta_j \neq \Phi). \end{cases} \quad (I)$$

Выражение (I) указывает на наличие связи между элементами, которая характеризуется количественно параметром z_j; из множества параметров $\{Z\}$, если его поле рассеяния погрешности соответствует полю допуска Δ_j. При этом Φ_j – величина или функция, определяющая предельные значения $z_j(d)$ и $\bar{R}_j$ – количественное отношение вида $\{=, \neq, <, >, \geqslant, \leqslant\}$.

Таким образом, общую модель детали можем представить как

$$D^x = \bigcup_{\alpha=1}^{\alpha_0} d_\alpha, \quad (Z(D^x) \rightarrow D^x), \quad (2)$$

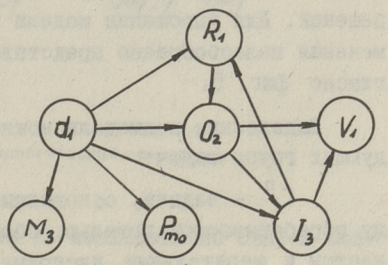
что будет основой при разборе модели технологического процесса.

Исходя из маршрутной технологии технологию обработки можно представить в виде графа Γ согласно фиг. 3, где вершины графа отражают структурные элементы операции, а дуги определяют последовательность элементов операции. Обработка детали D_1 состоит из обработки отдельных поверхностей или набора поверхностей $d_1 \in \{d_1^\alpha; \alpha = \overline{1,\alpha_0}\}$, определяющей совместно свойствами этой поверхности операцию. Обработка каждой поверхности связана с набором технологических объектов. Если через $Э_\nu$ обозначить структурный элемент технологической операции, а через ν количество структурных элементов, то технологическую операцию можно записать в виде

$$ТО = (\langle Э_\nu \rangle, \ \nu = \overline{1,\nu_0}),$$

а применив подобную же символику, технологический переход записать как

$$ТП = (\langle Э_w \rangle, \ w = \overline{1,w_0}).$$



Фиг. 4. Графовая модель технологической операции.

Такое представление операции является отображением техпроцесса согласно технологической документации и обес-

печивает систему ТПП статистической информацией. Для осуществления функционирования системы ТПП согласно фиг. I необходимо установить связи между элементами операции. Такая модель представлена на фиг. 4, где вершины графа являются структурными элементами технологической операции, а дуги указывают на наличие связей между элементами. При этом каждую связь можно характеризовать множеством условий.

Сравнив модели на фиг. 3 и 4, можно сделать вывод, что связи между отдельными элементами в пределах всей программы завода существуют необязательно. Поэтому целесообразно ввести матрицу переменных $x = \| x_{q\nu} \|$ $(q = \overline{1, q_0}, \nu = \overline{1, \nu_0})$, характеризующую наличие связи между q-ом и ν-ом элементами технологической операции. Связь существует, если $x_{q\nu} = 1$ и не существует, если $x_{q\nu} = 0$. Переменная указывает лишь на наличие связи. Для получения количественного соотношения необходимо решать вопрос об условиях $y = \{ y_{\eta}^{\xi_1 \xi_2}, \ \eta = \overline{1, \eta_0} \}$,

где ξ_1 и ξ_2 указывают, между какими элементами установлены условия. Здесь необходимо отметить, что условия, при которых связь существует между отдельными элементами, еще недостаточно разработаны, что не всегда позволяет получать оптимальные решения.

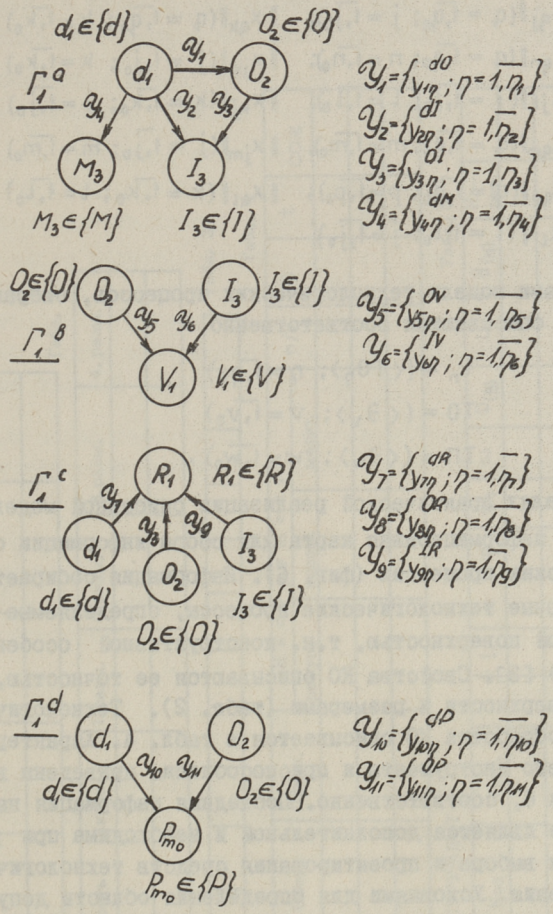
Представленная модель Γ_1 позволяет решать ряд задач анализа для оценки целесообразности принятой системы ТПП, или его элементов, а также формировать область допустимых решений. Для упрощения модели в целях его практического применения целесообразно представить его с декомпозицией согласно фиг. 5.

Выделенные подмодели можно применять для решения следующих групп задач:

Γ_1^a – задачи, основанные на исследовании связей между обрабатываемой деталью, оборудованием, режущим инструментом и мерительным инструментом;

Γ_1^b – задачи, основанные на исследовании связей между вспомогательным инструментом, оборудованием и режущим инструментом;

Γ_1^c – задачи, основанные на исследовании связей между режимами резания, деталью, оборудованием и режущим инструментом;



Фиг. 5. Графовая модель технологической операции с декомпозицией.

Γ_1^d – задачи, основанные на исследовании связей между приспособлением, деталью и оборудованием.

Соответствующие связи в подмоделях описываются следующими матрицами переменных

$$
\begin{aligned}
&\Gamma_1^a: \|x_{qj}\|(q=\overline{1,q_0};\ j=\overline{1,j_0}); \quad \|x_{qk}\|(q=\overline{1,q_0};\ k=\overline{1,k_0})\\
&\quad \|x_{qn}\|(q=\overline{1,q_0};\ n=\overline{1,n_0}); \quad \|x_{jk}\|(j=\overline{1,j_0};\ k=\overline{1,k_0})\\
&\Gamma_1^b: \|x_{jl}\|(j=\overline{1,j_0};\ l=\overline{1,l_0}); \quad \|x_{kj}\|(k=\overline{1,k_0};\ j=\overline{1,j_0})\\
&\Gamma_1^c: \|x_{qm}\|(q=\overline{1,q_0};\ m=\overline{1,m_0}); \quad \|x_{jm}\|(j=\overline{1,j_0};\ m=\overline{1,m_0})\\
&\Gamma_1^d: \|x_{qp}\|(q=\overline{1,q_0};\ p=\overline{1,p_0}); \quad \|x_{kl}\|(k=\overline{1,k_0};\ l=\overline{1,l_0})\\
&\quad \|x_{lj}\|(l=\overline{1,l_0};\ j=\overline{1,j_0})
\end{aligned}
\qquad (3)
$$

А сами модели технологических процессов, операций и перехода описываются соответственно

$$
\begin{aligned}
&T_n = (\langle TO_\eta \rangle;\ \eta=\overline{1,\eta_0})\\
&TO = (\langle \Theta_v \rangle;\ v=\overline{1,v_0})\\
&T\Pi = (\langle \Theta_w \rangle;\ w=\overline{1,w_0}).
\end{aligned}
\qquad (4)
$$

В целях практической реализации описанной модели разработана информационная карта для сбора информации о технологических процессах (фиг. 6). Информация собирается на элементарные технологические процессы, определяемые обрабатываемой поверхностью, т.н. конструктивной особенностью (КО) [3]. Свойства КО описываются ее точностью, чистотой поверхности и размерами (табл. 2). Технологический процесс обработки КО описывается в табл. 4. Характеристики режущего инструмента и приспособления приведены в табл. 5 и 6, соответственно. Последняя информация на данном этапе является дополнительной и необходима при решении задач выбора и проектирования средств технологического оснащения. Условиями для определения области допустимых решений в табл. I записываются обрабатываемый материал, вид заготовки, величина партии и годовая программа выпуска изделий. В табл. 3 приводится порядок операций механообработки данной детали в кодированном виде.

Кроме того, на карте имеются поля для эскизов базирования и детали, которые пригодятся при ручной работе с картами, а также при решении спорных вопросов.

Данную карту можно использовать и для фиксации информации о технологическом процессе обработки основного контура детали. В этом случае поле кода КО в табл. 2 не

Табл. 1.

Гр. дет.	Материал	Заготовка	Вел.парт.	Год прогр.	

Табл. 2.

Код КО	Точность	Чистота	1.разм.	2.разм.	3.разм.	4. разм.

Порядок опер.											

Табл. 3.

Табл. 4

Наимен. операции	Обор.	Присп.	Инструмент			n/v	S	t	СОЖ
			режущ.	вспом.	мерит.				

РЕЖУШИЙ ИНСТРУМЕНТ

Табл. 5

Наименование ГОСТ	Код	Мат.	Z	γ	α	φ	φ_1	ω	$D_{(B)}$	L	$d_{(H)}$	Изгот.	

Код КО
1 2 4 7
1 2 4 7

Код ОКП
1 2 4 7
1 2 4 7

Фиг. 6.

Табл. 6

Наименование	Код	Тип. оп.	Сх. баз.	Сист.	Привод.	Вид	Изгот.	Кол.мест.	Базов. станок	Разм. обраб.детали			
										D(B) max/min	d(H) max/min	L max/min	

СХЕМА БАЗИРОВАНИЯ

ЭСКИЗ ДЕТАЛИ

Продолжение фиг. 6.

заполняется, а размеры указываются в трех полях в соответствии с системой кодирования основных размеров детали.

Предложенная модель позволяет нам описать и методику разработки типового технологического процесса.

Типовой технологический процесс T_r^T разрабатывается для деталей $\{D\}$ с определенными свойствами $\{Z\}$ и представляет из себя массив длиной записи $Z_\alpha = \{Z_\nu\}_\alpha$, $(\alpha = \overline{1,\alpha_0})$, где α - число записей. Задача состоит в том, чтобы на основе информации о содержании различных типов записей выделить некоторый допустимый набор типов записей $\{Z_\xi, \xi = \overline{1,\xi_0}\}$, который по своему содержанию полностью покрывает содержание набора записей $\{Z_\alpha; \alpha = \overline{1,\alpha_0}\}$, т.е. $\bigcup_{\alpha=1}^{\alpha_0} \{Z_\nu\}_\alpha = \bigcup_{\xi=1}^{\xi_0} \{Z_\nu\}_\xi$.

Выделяемый набор типов записей должен обеспечивать наилучшие характеристики искомого типового технологического процесса.

Для решения поставленной задачи необходимо выделить из $\{D\}$ подмножество $\{D'\} \subset \{D\}$ по заданному свойству $z(D) \in \{Z\}$. Полученная группа деталей предопределяет технологию обработки

$$\{D'\} \rightarrow \{T_r'\} \subset \{T_r\},$$

Для определения $\{Z_\xi; \xi = \overline{1,\xi_0}\}$ из $\{T_r'\}$ можно пользоваться, например, методом неопределенных графов, описанным в [3].

По такой же методике можно разработать типовой технологический процесс для обработки КО.

Литература

I. Автоматизированные системы технологической подготовки производства в машиностроении. М., Машиностроение, 1976. 240 с.

2. Автоматизированная система проектирования технологических процессов механосборочного производства. М., Машиностроение, 1979. 247 с.

3. Батра Ю. Выделение составных деталей (групповых) для групповой обработки. В сб.: Технология механосборочного производства. № 6, 1981, с. 4-10.

4. П а п с т е л Ю.В. К вопросу о глубине кодирования формы детали. - Тр. Таллинск. политехн. ин-та, 1981, № 495, с. 37-44.

5. Т ы у г у Э.Х. Формальное описание технологии обработки деталей. - В кн.: Вычислительная техника в машиностроении. Минск, Изд-во АН БССР, 1965, вып. I, с. 225-234.

6. B ä r G., G ä s e H., R e s c h J. Matematische Modelle in der Fertigungsvorbereitung der Metallverarbeitenden Industrie. "Int. Konferenz INFERT 1978, vortr. Fachsekt. 2" Dresden 1978, S. 162-171.

J. Papstel

A Technological Process Model

Summary

A model like this is used:
- to formalize the process of collecting information about technological objects;
- to create a methodical base for projecting the technological data bank.

In this paper the model is described and an example of its practical use is given as well.

Цена 75 коп.