

584

ISSN 0136-3549

0320-3344

TALLINNA
POLÜTEHNILISE INSTITUUDI
TOIMETISED

584

ТРУДЫ ТАЛЛИНСКОГО
ПОЛИТЕХНИЧЕСКОГО
ИНСТИТУТА

ТПИ
'84

АВТОМАТИЗАЦИЯ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ
ПРОЦЕССОВ
МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ

584

TALLINNA POLÜTEHNILISE INSTITUUDI TOIMETISED

**ТР
'84**

ТРУДЫ ТАЛЛИНСКОГО ПОЛИТЕХНИЧЕСКОГО ИНСТИТУТА

УДК 681.3 + 658.512.621.9

●

АВТОМАТИЗАЦИЯ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО
ПРОЕКТИРОВАНИЯ
ПРОЦЕССОВ
МЕХАНИЧЕСКОЙ
ОБРАБОТКИ

Машиностроение XXII

Таллин 1984



ТАЛЛИНСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
Труды ТПИ № 584.

АВТОМАТИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ
ПРОЦЕССОВ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ.

Машиностроение XXII.

На русском языке.

Редактор Г. Гроссмейдт.

Техн. редактор В. Ранник.

Сборник утвержден коллегией Трудов ТПИ 16.03.84.

Подписано к печати 29.10.84.

МВ-08433. Печ. л. 6,0 + 0,5 приложение. Уч.-изд. л. 4,2.

Тираж 300.

Зак. № 537.

Цена 60 коп.

Таллинский политехнический институт, 200026,

Таллин, Эхитаяте тээ, 5.

Ротапринт ТПИ, Таллин, ул. Коскла, 2/9.



Таллинский политехнический институт, 1984

ПРЕДСТАВЛЕНИЕ АЛГОРИТМОВ ПРОЕКТИРОВАНИЯ В
ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫХ СИСТЕМАХ ПОСТРОЕНИЯ САПР-ТП

Основная сложность и трудоемкость разработки и введения систем автоматизированного проектирования технологических процессов (САПР-ТП) состоит в реализации программ, выполняющих процедуры проектирования различных элементов технологического процесса или т.н. функционального наполнения САПР-ТП. Функциональное наполнение этих систем различно для разных классов деталей и для различных предприятий. Кроме того, оно относительно нестабильное и меняется вместе с изменением производственной ситуации на предприятии. Существующие средства автоматизации программирования — трансляторы общего назначения, редакторы, загрузчики и т.п. — явно недостаточны для эффективной реализации функционального наполнения САПР-ТП. Их применение, во-первых, требует значительных знаний и опыта в программировании, чего трудно ожидать от инженера-технолога и, во-вторых, трудоемкость изменения программ сравнима с циклом появления в них изменений, что существенно снижает уровень живучести САПР-ТП.

Наряду с этим можно сказать, что круг задач, решаемых в САПР-ТП, относительно четко определен: проектирование маршрутной и/или операционной технологии, подготовка управляющих программ для станков с ЧПУ и, может быть, проектирование средств технологического оснащения (СТО). Кроме того, состав и содержание требуемых выходных документов определены существующими стандартами однозначно.

В таких условиях можно при разработке функционального наполнения САПР-ТП базироваться на некоторый унифицированный алгоритм (или т.н. метаалгоритм) проектирования и реализовать на базе этого метаалгоритма некоторую "заготовку" целого семейства САПР-ТП. Такая заготовка должна содержать

в качестве составных частей модули или подсистемы, инвариантные к требованиям конкретных пользователей и к классу деталей, такие как:

- модули интерпретации входных языков;
- модули генерации выходных документов (технологических карт, эскизов, управляющих программ);
- модули геометрического моделирования и машинной графики;
- модули управления процессом проектирования (интерпретации моделей проектирования) и др.

Для поддержки разработки и реализации программ функционального наполнения необходимо создать соответствующие проблемно-ориентированные средства программирования.

Одним из подходов решения этой задачи является разработка т.н. инструментальных систем программирования (ИС). Одна из таких ИС САПР-ТП специализированная инструментальная система программирования для САПР-ТП (СПЕИС-ТП) реализована в Таллинском политехническом институте. Различные аспекты СПЕИС-ТП рассмотрены в работах [1, 2, 3, 4]. Здесь рассматриваются, в основном, вопросы, связанные с реализацией программ функционального наполнения САПР-ТП.

Как было сказано, при реализации ИС САПР-ТП целесообразно ориентироваться на определенный метаалгоритм. Данный метаалгоритм должен охватывать алгоритмы проектирования технологических процессов обработки деталей разных классов, описывать содержание алгоритма проектирования по подзадачам (основным проектным процедурам) и реализовать возможные последовательности подзадач.

Введем структуризацию этого метаалгоритма, принимая, что каждая часть этого алгоритма связана с отдельным понятием технологического проектирования. Состав таких понятий относительно постоянный и может для примера быть следующим:

МА - маршрут обработки детали;

ОП - операция;

ОБ - оборудование;

ПЕ - переход;

СТР-ОП - структура операции;

СБ - схема базирования (установки);

ИИ - измерительный инструмент;
ПР - приспособление;
ЭПР - элементы приспособлений;
СТР-ПР - структура приспособлений;
РИ - режущий инструмент;
ВИ - вспомогательный инструмент;
ТР - технологические размеры;
РО - размеры обработки;
РЕЖ - режимы резания;
НВР - норма времени;
УП - управляющая программа.

Такая структуризация алгоритма и связанное с ней описание предметной области САПР-ТП - это попытка приспособить методологию построения программного обеспечения САПР-ТП максимально к существующим традициям проектирования технологических процессов.

Между введенными понятиями существуют определенные функциональные отношения. При этом рассмотрим только бинарные отношения, т.е. отношения, заданные в виде подмножества $R, R \subseteq A \times B$, где A и B два различных понятия (для отношений МА, СТР-ОП, СТР-ПР понятия одного и того же типа).

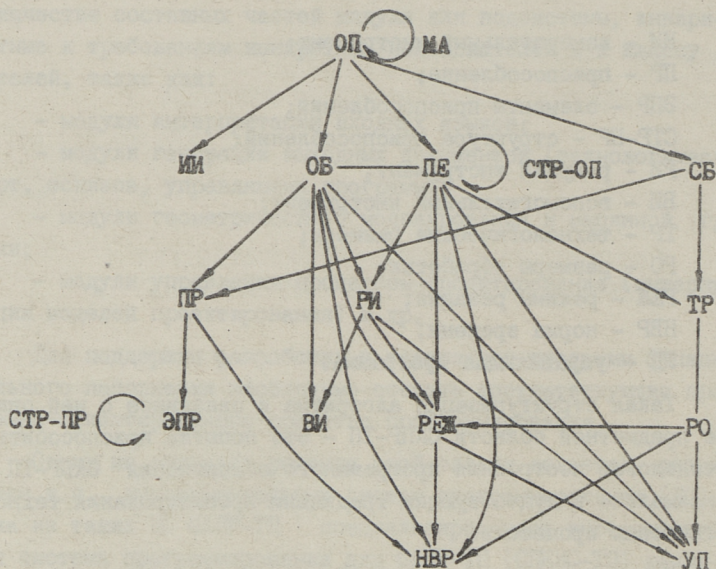
Полученное таким образом описание метаалгоритма проектирования (фиг. 1) допускает различные последовательности проектных процедур, так, например, возможны последовательности

(МА, ОП), ОБ, ПЕ, СБ, ПР, ТР...;
(МА, ОП), СБ, ОБ, ПР, ПЕ, ТР ... и др.

Следуя принципу модульности, принимаем, что каждое понятие из введенной системы реализуется в виде отдельного программного модуля САПР-ТП. Каждый построенный таким образом модуль содержит интерфейс модуля, содержащий информацию, доступную другим модулям и тело модуля, содержащее информацию, скрытую в модуле и определяющее его реализацию.

Соблюдение принципа модульности допускает заменить различные реализации модулей, имеющих одинаковый интерфейс, создает предпосылки независимой их реализации.

ИС САПР-ТП должны включать в себя средства описания (спецификации) интерфейса модулей вместе со средствами программирования тела модуля.



Фиг. 1. Граф-схема метаалгоритма САПР-ТП.

Спецификация интерфейса модуля совпадает с описанием понятия как составного типа данных. Описание понятия относительно стабильное, едино для всего семейства САПР-ТП и не зависит от особенностей конкретных пользователей. Спецификация понятия задает состав атрибутов данного понятия и определяет основные свойства этих атрибутов, так, например:

понятие РЕЖ

'v' вещ наим 'скорость резания' $v \geq \phi. \ \& \ v \leq 3\phi\phi.$;

's' вещ наим 'подача' $s \geq \phi.$;

'N' вещ наим 'частота вращения' $N \geq 0$;

конец понятия.

Примеры описания различных понятий САПР-ТП можно найти, например, в [2, 4].

Метаалгоритм вместе с описанием используемых понятий создает скелет САПР-ТП, отражая целевой аспект САПР-ТП, т.е. что необходимо определить.

Для реализации какой-либо конкретной САПР-ТП необходимо с учетом конкретного класса деталей и особенностей конкретных пользователей задавать способы определения значений атрибутов этих понятий, т.е. определить тела модулей.

Существуют принципиально два подхода задания правил определения атрибутов понятий и объектов:

- 1) процедурно - путем написания программы, вычисляющей пошагово все атрибуты;
- 2) декларативно - путем спецификации требований, позволяющих системе определить значения атрибутов автоматически.

Согласно [5], при разработке программы тела модуля существует две возможности: прямое программирование в базовом языке (например, в Фортране) и получение программы Р при использовании средств заданной абстрактной машины М (что может оказаться сложным делом), либо создание более удобной абстрактной машины M_{Π} (или иерархии абстрактных машин) с целью упрощения программирования и получения относительно короткой и хорошо считаеваемой R_{Π} . Выполнение программы R_{Π} на M_{Π} должно приводить к тем же результатам, что и Р на М. M_{Π} целесообразно для САПР-ТП реализовать таким образом, чтобы применяемые в ней типы данных соответствовали

```

ПЕРЕМ N ЦЕЛ
ПЕРЕМ Д ВЕЩ
ПЕРЕМ L ВЕЩ
ЗАП 1 'ОБ' 1 ОВОЗН 'I6K2013' ПРИ-УСЛ Д<=320.&L<=930.&N>10&N<250
    ПРИОРИТЕТ 1/((Д-320.)**2+(L-930.)**2)
ЗАП 2 'ОБ' 2 ОВОЗН 'I6K20' ПРИ-УСЛ Д<=320.&L<=930.
    ПРИОРИТЕТ 1/((Д-320.)**2+(L-930.)**2)
ЗАП 3 'ОБ' 3 ОВОЗН 'I5I0' ПРИ-УСЛ Д<=3000.&L<=800.
    ПРИОРИТЕТ 1/((Д-3000.)**2+(L-800.)**2)

```

Фиг. 2. Фрагмент программы в ЯСМ системы СПЕЙС-ТП.

объектам и понятиям, введенным выше, а ее операции соответствовали бы типовым проектным процедурам, используемым при проектировании технологических процессов (см. например,

[2]). Повышение уровня абстракции алгоритмического языка описания процедур проектирования дает сокращение времени на описание этих алгоритмов, но как правило, увеличивает время на решение задач на ЭВМ. Примеры программ тела модуля, написанных на различных абстрактных машинах (машина, соот-

```

REAL L,D,STAN(5,3),NAIN(10,3),PR(3),OBOR(5),NOBOR(10)
INTEGER N
DATA PR/3,-99999./
DATA STAN/'16K2','213',3. ' ','1510',4. ' ','16K2','0',3. ' '/
DATA NAIN/'ТОКА','PHO-','БАНТ','ОПЕЗ','НН','5. ' ',
* 'ТОКА','PHO-','КАР','ОБЕЛ','НН','5. ' ',
* 'ТОКА','PHO-','БАНТ','ОПЕЗ','НН','О ЧТ','У',3. ' '/
IF(D.LE.320..AND.L.LE.930..AND.N.GT.10..AND.L.LT.250)
* PR(1)=1./((D-320.)*2+(L-930.)*2)
IF(D.LE.320..AND.L.LE.930..AND.N.LT.10)
* PR(3)=1./((D-320.)*2+(L-930.)*2)
IF(D.LE.1000..AND.L.LE.300.)
* PR(2)=1./((D-1000.)*2+(L-300.)*2)

I=1
X=PR(1)
IF(PR(2).LE.X) GOTO 3
I=2
X=PR(2)
3 IF(PR(3).LE.X) GOTO 4
I=3
X=PR(3)
4 IF(X.GT.-99999.) GOTO 5
WRITE(6,6)
6 FORMAP(5X,'УСЛОВИЯ НЕ УДОВЛЕТВОРЕНЫ')
5 DO 7 J=1,5
  OBOR(J)=STAN(J,I)
  NOBOR(J)=NAIN(J,I)
7 NOBOR(J+5)=NAIN(J+3,I)

```

Фиг. 3. Фрагмент программы в Фортране.

	1	PRINT	LOGICAL
	2	VYBOR	LOGICAL
	14	OPEN	(PRINT,OUTPUT)
	20	LE	2,D
	21	LE	4,L
	22	L	7,N
	23	CE	2,=E'320.0'
	24	BH	HARU2
	25	CE	4,=E'930.0'
	26	BH	HARU2
	27	C	7,=F'10'
	28	BNH	HARU2
	29	C	7,=F'250'
	30	BH	HARU2
	31	SE	2,=E'200.0'
	32	LER	6,2
	33	MER	2,6
	34	SE	4,=E'930.0'
	35	LER	6,4
	36	MER	4,6
	37	AER	2,4
	38	LE	6,=E'1.0'
	39	DER	6,2
	40	STE	6,FRI0
	41	HARU2	LE
	42	LE	4,L
	43	CE	2,=E'1000.0'
	44	BH	HARU3
	45	CE	4,=E'8000.0'
	46	BH	HARU3
	47	SF	2,=E'1000'
	191		=E'1.0'
	192		=E'1000.0'
	193		=E'8000.0'
	194		=E'1000'
	195		=E'0.0'

Фиг. 4. Фрагмент программы в Ассемблере.

ветствующая системе СПЕИС-ТП, фортран-машина и ассемблер-машина), приведены на фиг. 2, 3 и 4.

С целью сокращения трудоемкости реализации и введения изменений в САПР-ТП можно считать целесообразным максимальное повышение уровня абстракции машины $M_{\text{п}}$, реализующей САПР-ТП. При этом имеем в виду следующие цели:

1) возможность программирования в кратком и ясном стиле, естественном для технолога;

2) необходимость описания лишь семантики алгоритма проектирования, освобождая разработчика САПР-ТП, если он этого хочет, от деталей реализации;

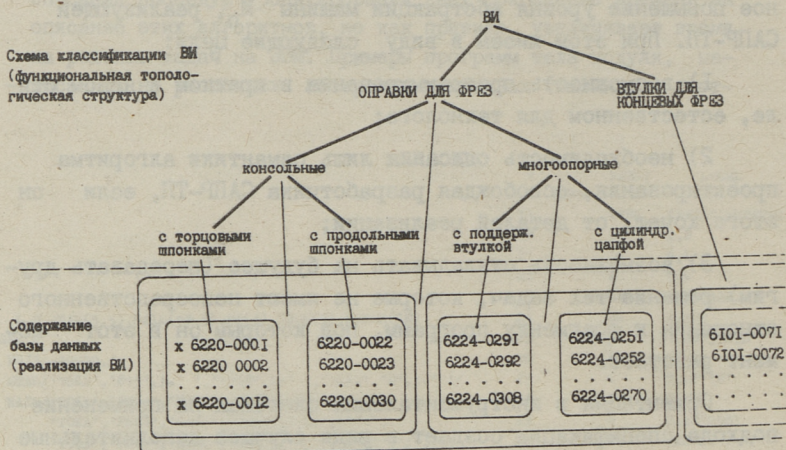
3) возможность откладывать на будущее (передавать другим) решение тех задач, которые не имеют непосредственного отношения к фрагменту программ, под которым он в этот момент работает.

Ориентация в инструментальных системах на применение подхода спецификации создает в ряде случаев дополнительные возможности существенного сокращения трудоемкости описания алгоритмов проектирования и его приближения к существующим традициям проектирования.

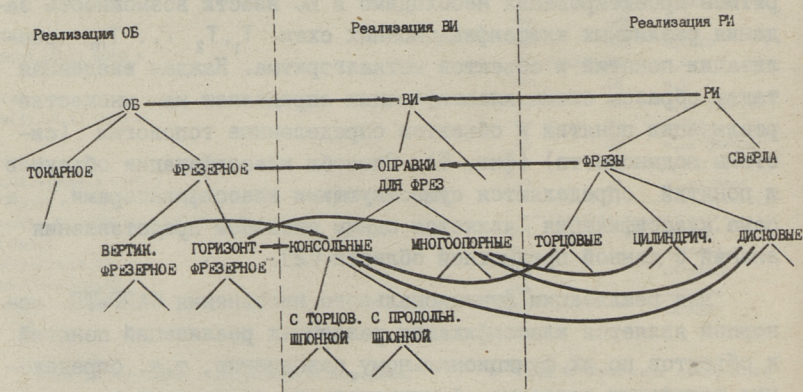
Для введения эффективных средств спецификации алгоритмов проектирования необходимо в ИС ввести возможность задания различных классификационных схем $T_1, T_2 \dots T_m$ реализации понятий и объектов метаалгоритма. Каждая введенная таким образом схема классификации определяет на множестве реализации понятий и объектов определенные топологии (системы подмножеств) (фиг. 5). Способы классификации объектов и понятий определяются существующими классификаторами, а сама классификация является одним способом представления знаний с данной предметной области [2].

Для реализации функционального наполнения САПР-ТП основной является классификация различных реализаций понятий и объектов по их функциональному назначению, т.е. определение топологии согласно функциональным взаимосвязям между понятиями метаалгоритма (фиг. 1). Определяет спецификацию проектных решений, как задание требований на реализацию данного понятия или объекта согласно его функциональному назначению. Если T определяет функциональную топологию над мно-

Схема классификации ВИ
(функциональная тополо-
гическая структура)



Фиг. 5. Классификационная схема над БД вспомогательных инструментов ВИ.



Фиг. 6. Пример функциональных отношений (толстые линии) между различными понятиями.

жеством реализации объекта (информационного объекта) $ИО = \{ ИО_1, ИО_2...ИО_n \}$, то спецификация $T_c \in T$ определяет некоторое подмножество этих объектов $ИО_c \subseteq ИО$. Определенная таким образом спецификация может быть:

- однозначной;
- многозначной;
- противоречивой.

С точки зрения правильной реализации САПР-ТП интересуют только непротиворечивые (одно- и многозначные) спецификации, задающие одно или несколько возможных реализаций данного объекта (понятия).

Существует ряд способов спецификаций проектных решений.

Например, спецификация описанного выше понятия РЕЖ совпадает с общеизвестной постановкой задачи оптимизации режимов резания.

Найти режимы резания, которые удовлетворяют ограничениям определенных по назначению режимов, как, например:

требование стойкости РИ	$T(v, s) \geq T_{\text{треб}};$
требование по усилию резания	$F_z(v, s) \leq F_{z\text{доп}};$
	$F_y(v, s) \leq F_{y\text{доп}};$
	$F_x(v, s) \leq F_{x\text{доп}}$

и дает максимальную производительность обработки

$$\max \Pi = \max \left(\frac{\pi D L}{1000 v s} \left(1 + \frac{t_{\text{см}}}{T(v, s)} \right) \right),$$

где D, L - размеры обработки;
 $t_{\text{см}}$ - время смены инструмента.

Пример спецификации понятия ОБ приведен на фиг. 2. При реализации ИС САПР-ТП необходимо предусмотреть реализацию обоих подходов как процедурного, так и декларативного описания алгоритмов проектирования. Применение такого языка, языка спецификаций моделей проектирования (ЯСМ), обеспечивает, например, с СПЕИС-ТП сокращение длины программы в среднем в 10-20 раз по сравнению с Фортраном (см. фиг. 2 и 3).

Дальнейшее сокращение трудоемкости реализации программного обеспечения САПР-ТП может быть достигнуто путем применения приемов искусственного интеллекта.

Как отмечено в [6], вся деятельность интеллектуального решателя (в т.ч. и интеллектуального САПР-ТП) покоится на двух китах: знаниях и комплексных стратегиях поиска решений.

Знания о проблемной области САПР-ТП включают в себя описания используемых объектов и понятий, описания взаимосвязей между ними, а также множество типовых процедур проектирования. Проектирование в интеллектуальных САПР-ТП, как правило, сводится к попытке представить процесс проектирования в виде упорядоченной совокупности элементарных задач с известной логикой решения. При этом решение, как правило, находится не сразу, а с помощью типовых моделей проектирования.

Учитывая относительно стабильный метаалгоритм проектирования технологических процессов, можно основными подходами интеллектуализации САПР-ТП отметить:

- включение в средства описания понятий и объектов возможностей подключения типовых процедур, связанных с доопределением (автоматическим) этих понятий;

- включение в средства описания понятий и объектов возможностей подключения типовых процедур, уточняющих другие понятия, следующих в метаалгоритме данному понятию;

- добавление (автоматическое) к алгоритму проектирования отдельных процедур проектирования для определения отсутствующих понятий.

Применение первого подхода основывается на использовании функциональных отношений между отдельными атрибутами понятия. Рассмотрим следующий простой пример. Пусть имеем понятие РЕЖИМЫ (РЕЖ) с составом атрибутов: v - скорость резания; N - частота вращения; s - подача, где между v и N существует зависимость $v = \frac{\pi DN}{1000}$ или $N = \frac{1000v}{\pi D}$, т.е. для спецификации РЕЖ достаточно задать либо v и s , либо N и s (диаметр обработки D считается глобально заданным).

Применение такого подхода предусмотрено, например, в системе ПРИЗ [7]. В языке УТОПИСТ описание понятия РЕЖ выглядело бы, например, следующим образом:


```

РЕЖ: (v, s, N: REAL'
      MODULE' N IN' v, s OUT' N;
      MODULE' v IN' N, s OUT' v).

```

Какой из атрибутов, v или N , задан и по какой программе вычислить отсутствующий, определяет сама система на основе введенных знаний.

Большого эффекта можно ожидать от реализации второго подхода. Рассматривая каждое понятие в виде определенной решетки [2], охватывающей всевозможные уровни определенности данного понятия, можем для доопределения понятий использовать функциональные отношения между различными понятиями (фиг. 6) или связывать с каждым описанием понятия определенные утверждения относительно других понятий типа:

```

ОП = ФРЕЗЕРОВАНИЕ - ОБ = ФРЕЗЕРНОЕ;
РИ = ФРЕЗА - ВИ = ОПРАВКА ДЛЯ ФРЕЗ;
РИ = ТОРЦОВАЯ ФРЕЗА - ВИ = ОПРАВКА ДЛЯ ФРЕЗ, КОНСОЛЬНАЯ;
ОБ = ФРЕЗЕРНОЕ - ВИ = ОПРАВКА ДЛЯ ФРЕЗ, КОНСОЛЬНАЯ v
v ВИ = ОПРАВКА ДЛЯ ФРЕЗ, МНОГООПОРНАЯ; И Т.Д.

```

Каждое такое утверждение уточняет некоторые аспекты понятий, связанных с данным. Полученную таким образом информацию можно использовать для доопределения этих понятий или ограничения количества рассматриваемых вариантов реализации понятия.

Применение третьего подхода требует разработки совокупности типовых моделей проектирования, определяющих отдельные понятия (или несколько понятий в порядке, допустимом метаалгоритмом). С каждой типовой моделью необходимо связывать условия его применимости. При отсутствии в модели проектирования части, определяющей некоторое понятие, последнее определяется путем вызова из библиотеки и выполнения типовой модели, удовлетворяющей условиям применимости.

Л и т е р а т у р а

1. К ю т т н е р Р.А. Описание моделей предметной области и технология реализации интегрированных САПР-ТП. - Труды Таллинск. политехн. ин-та, № 517, 1981, с. 3-16.

2. К ю т т н е р Р.А. Проектирование и реализация информационной среды работы САПР-ТП. См. наст. сб., с. 15.

3. К ю т т н е р Р.А., Э л ь я с О.М. Банк данных принятия решений по выбору СТО. - Тр. Таллинск. политехн. ин-та, № 517, 1981, с. 17-27.

4. К а р а у л о в а Т.Н., М е с и л а Р.А., Э л ь я с О.М. Описание проблемной области средств технологического оснащения САПР-ТП. См. наст. сб., с. 27.

5. К а л и н и ч е н к о Л.А. Методы и средства интеграции неоднородных баз данных. М., Наука, 1983. 424 с.

6. Е ф и м о в Е.И. Решатели интеллектуальных задач. М., Наука, 1982. 320 с.

7. К а х р о М.И., К а л ь я А.П., Т ы у г у Э.Х. Инструментальная система программирования ЕС ЭВМ (ПРИЗ). Финансы и статистика. М., 1981. 157 с.

8. Y o s h i k a w a Н. General design theory and a CAD system. Man-machine communication in CAD/CAM / Т. Sata, Е. Warman (ed.). North-Holland PC, IFIP, 1981, p. 274.

R. Kyttner

Representation of Process Planning Algorithms
and Programming Tools for CAD/CAM Systems

Summary

The problems of development and implementation of CAD/CAM software have become particularly important. Several methods are proposed to solve these problems. This paper gives an idea of how the programming and artificial intelligence techniques help to solve these problems. The examples of using the proposed techniques for development of specialized programming tools for CAD/CAM systems are described.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ И РЕАЛИЗАЦИЯ ИНФОРМАЦИОННОЙ СРЕДЫ РАБОТЫ САПР-ТП

Природа задач проектирования определяет ряд требований к организации базы данных САПР (БД САПР), которые необходимо учитывать при проектировании информационной среды работы САПР, а также при реализации соответствующего поддерживающего программного обеспечения.

Стандартные СУБД, как правило, малопригодны для эффективного решения задач САПР. В них заранее зафиксирована совокупность отображаемых типов объектов. Каждому типу объекта соотнесена вполне определенная совокупность свойств, посредством которых конкретные объекты этого типа определяются. Любой конкретный объект, как правило, может принадлежать только одному типу. Сказанное усложняет реализацию развития САПР, сокращает гибкость средств спецификации алгоритмов проектирования и усложняет работу в диалоге.

Следуя требованиям независимости функциональных программ САПР-ТП от применяемых СУБД, необходимо проектирование БД САПР осуществлять "сверху-вниз" - от предметной области через независимую от СУБД концептуальную схему к схемам баз данных, реализуемых конкретными СУБД. Необходимость проектирования БД на основе концептуальной модели предметной области (ПО) была предложена в ANSI (X3) SPRAC. Согласно (1) концептуальное представление БД, это совокупность информационных объектов, их свойств и взаимосвязей, соответствующих реальным объектам и понятиям ПО. Вопросам концептуального моделирования ПО систем обработки данных посвящено ряд работ [1, 3, 4]. В данной работе рассматриваются вопросы моделирования ПО САПР-ТП вместе с вопросами реализации специализированных программных средств поддержания работы с информационной базой.

В системном подходе к проектированию информационной среды работы САПР-ТП описание предметной области (или некоторой ее части) необходимо рассматривать не как конгломерат разрозненных объектов, а как некоторую целостную, взаимосвязанную систему объектов и понятий.

Целостность описания ПО определяется присущей ей структурой, определяемой членением объектов ПО на типы, подтипы и отражающимися в группировках используемых в повседневном проектировании объектов и понятий по их сходству (определением различных отношений эквивалентности между объектами).

Подход состоит в том, чтобы объединить объекты и понятия, используемые в САПР-ТП, в определенные унифицированные области, такие, как например:

- область средств технологического оснащения (СТО);
- область материалов;
- область элементов изделий;
- область технологических понятий и др.

Любой объект или понятие полученной таким образом области выступает в двух полях:

1) он является объектом, над которым могут быть определены системные функции, характерные для всех объектов данной области;

2) он является типом всех объектов, которые аппроксимируют его, т.е. на ПО определены отношения аппроксимации "E" "x имеет тип y" или "любой объект типа x является объектом типа y".

Таким образом, вводится определенная иерархия используемых объектов и понятий, допуская, что любой объект может быть подтипом другого, более универсального и абстрактного объекта, т.е. аппроксимирует его. Так, например, объект типа "фреза" является частным случаем реализации объекта более общего, но менее определенного типа "режущий инструмент".

Введение таких унифицированных предметных областей (подобластей ПО САПР) дает возможность ограничивать, с одной стороны, набор средств манипулирования данными, а с другой стороны, создает необходимые основы для разработки специализированных средств манипулирования данными, с вполне определяе-

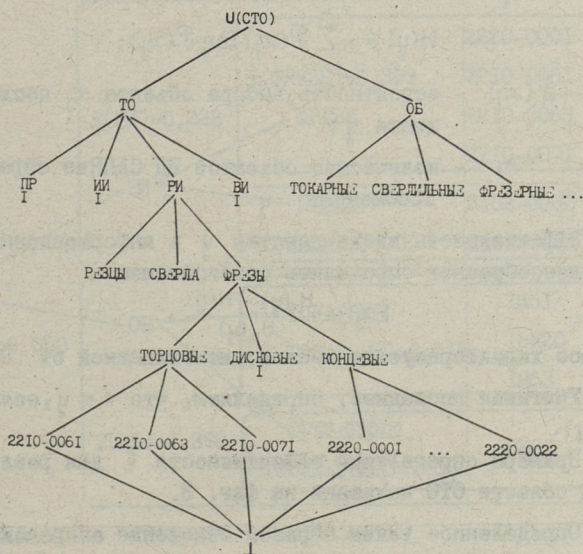
мой семантикой, более высокого уровня и более эффективных для заданного класса задач проектирования, чем те, которые существуют в стандартных СУБД.

Аналогично [1,2] можно описания таких областей рассматривать в виде полных решеток. Согласно определению [2], полная решетка $\mathfrak{D}$ – это частично упорядоченное множество, каждое подмножество X которого имеет в $\mathfrak{D}$ наименьшую верную и наибольшую нужную грань.

Чтобы удовлетворять условиям полной решеткой, необходимо исходное множество объектов и понятий дополнить объектами $\perp$ и $\top$, где $\top$ – является понятием всей области, а $\perp$ – неопределенное понятие.

Согласно [2], полная решетка называется областью, если она упорядочена отношением аппроксимации $\sqsubseteq$.

Согласование определения модели предметной области САПР с определениями "полной решетки" и "области" используемых в теории вычислений и семантики языков программирования [2] создает предпосылки использования результатов этих теорий в САПР.



Фиг. 1. Область данных средств технологического оснащения – СТО (фрагмент).

Упрощенные примеры определенных таким образом областей для САПР-ТП представлены на фиг. 1 и фиг. 2.

Введенное выше отношение аппроксимации определяется для ПО САПР вполне естественным образом и характеризует меру определенности соответствующего объекта или количество информации, определенное данным понятием при спецификации проектного решения.

Согласно теории информации можно количество информации, полученной из сообщения "объект имеет тип y ", определить формулой

$$I(y) = H_0(y) - H(y),$$

где $H_0(y)$ - энтропия проектного решения до сообщения y (до спецификации),

$$H_0(y) = - \sum_{i=1}^n P_0(x_i) \log P_0(x_i);$$

$P_0(x_i)$ - вероятность выбора объекта x_i до сообщения y ;

n - общее количество описаний объектов в БД САПР;

$H(y)$ - оставшаяся энтропия,

$$H(y) = - \sum_{j=1}^m P(x_j) \log P(x_j);$$

$P(x_j)$ - вероятность выбора объекта x_j после сообщения y ;

m - количество объектов БД САПР, не определенных сообщением y .

Эффективность ввода понятия y в информационном смысле целесообразнее определить соотношением

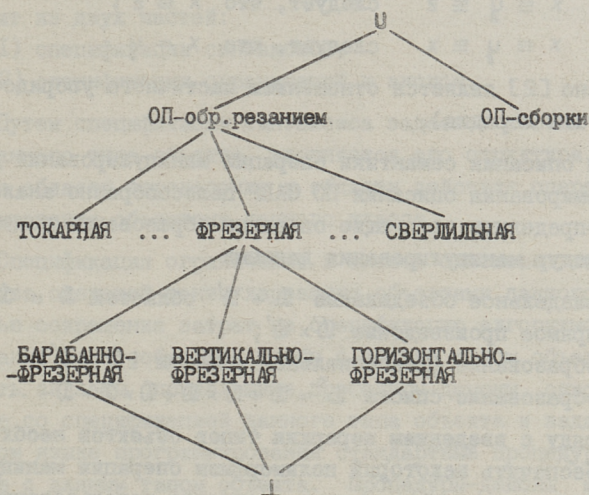
$$E(y) = \frac{H_0(y) - H(y)}{H_0(y)},$$

которое характеризуется числом, изменяющимся от 0 до 1.

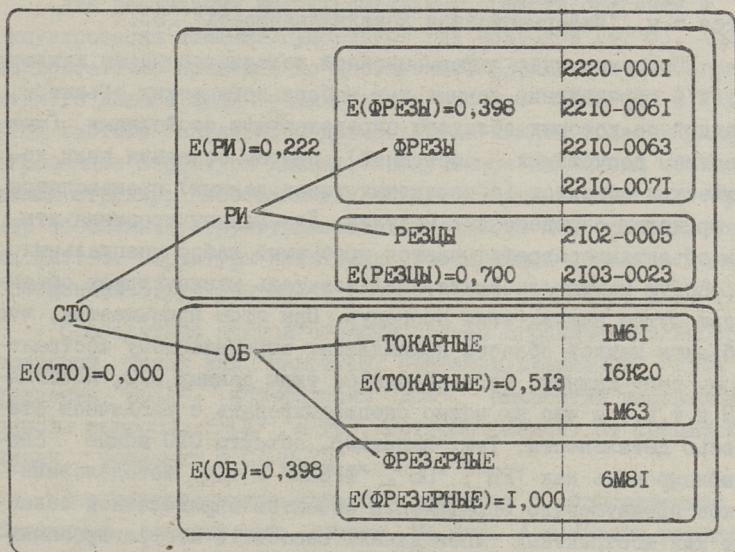
Учитывая последнее, определяем, что $x \equiv y$, если $E(x) \geq E(y)$.

Примеры определения эффективности E для различных понятий области СТО показаны на фиг. 3.

Определенное таким образом отношение аппроксимации обладает, очевидно, свойствами рефлексивности, транзитивности и антисимметричности, т.е.



Фиг. 2. Область данных операций (фрагмент).



Фиг. 3. Эффективность ввода различных понятий.

$$x \equiv x;$$

из $x \equiv y \equiv z$ следует, что $x \equiv z$;

из $x \equiv y \equiv x$ следует, что $x = y$

и согласно [2] является отношением частичного упорядочения (нестрогого порядка).

Для описания семантики операции манипулирования данными и формирования описания ПО САПР целесообразно аналогично [1] определить следующие операции образования доменов для процедур манипулирования данными

- раздельное объединение $\mathcal{D} + \mathcal{D}'$ областей $\mathcal{D}$ и $\mathcal{D}'$;
- прямое произведение $\mathcal{D} \times \mathcal{D}'$;
- образование функциональной области $[\mathcal{D} \rightarrow \mathcal{D}']$;
- образование списка $\mathcal{D}^* = \mathcal{D} + \mathcal{D} \times \mathcal{D} + \mathcal{D} \times \mathcal{D} \times \mathcal{D} + \dots$

Наряду с введением иерархии типов объектов необходимо также обеспечить некоторый полиморфизм операции манипулирования введенными типами данных, допуская использование в качестве аргумента в функциях манипулирования данными всех типов объектов данной области.

Принципом реализации процесса обработки данными является т.н. "Информационная локализованность" [5].

Основная идея информационной локализованности заключается в определении данных как набора логических объектов, каждый из которых обладает определенными свойствами (множеством допустимых состояний), причем описания этих логических объектов (абстрактных типов данных) производятся в пределах определенных модулей. Для манипулирования этими объектами разрабатывается требуемый набор специальных процедур манипулирования. Пользователь манипулирует объектами путем вызова этих процедур. При этом принимается, что объекты каждой области принадлежат определенному абстрактному типу данных, (т.е. вводятся типы данных СТО, МАТЕРИАЛЫ и т.д.) и что их можно специфицировать с различной степенью детальности. Так, например, объекты СТО можно специфицировать как "РИ", "ОБ", "ФРЕЗЫ" и т.д. Методологическое преимущество определения объектов определенной области как абстрактных типов данных состоит в абстрагировании от любых деталей реализации, т.е. скрыть их от разработчика САПР-ТП.

Спецификация определенного таким образом типа данных состоит из двух частей:

- 1) спецификации синтаксиса;
- 2) спецификации ограничений и аксиом.

Путем спецификации синтаксиса задается состав атрибутов данного типа объекта, уточняется его структура, описываются области определения и области действия операции манипулирования объектами данного класса.

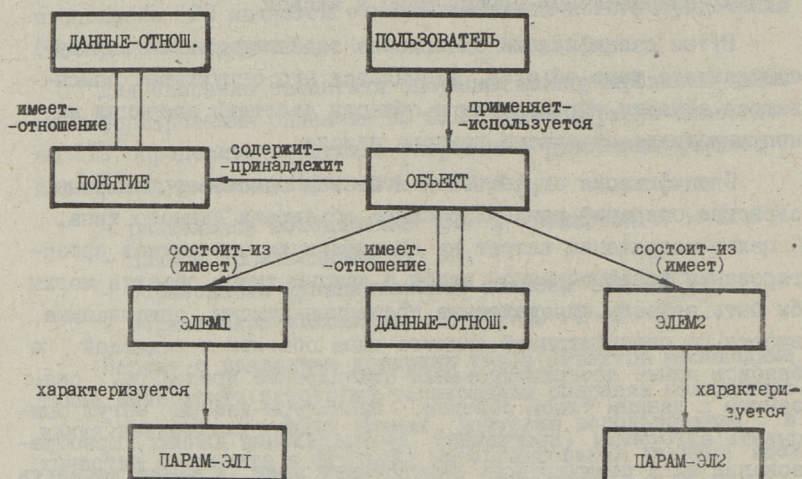
Спецификация ограничений и аксиом описывает желаемые свойства операций манипулирования объектами данного типа. С целью сокращения затрат на спецификацию алгоритмов проектирования целесообразно, чтобы с каждым типом объекта могли бы быть связаны определенные процедуры-демоны, описываемые вместе со спецификацией данного типа объекта и задающей в базовом языке программирования стандартные процедуры, связанные с данным типом объекта. Процедуры-демоны могут описывать алгоритмы (программы) доопределения данных, преобразования их к стандартному внутреннему виду, а также задавать процедурно ограничения целостности.

Для реализации инструментальных средств описания и манипулирования данными существует ряд подходов [9, 8]. Один из достаточно простых, но достаточно эффективных для ограниченного класса задач реализован в системе СПЕИС-ТП [17]. В этой системе определены для объектов каждой области унифицированные структуры данных, полученные на основе объединения структур составляющих объектов данной области. Пример обобщенной структуры объектов области СТО представлен на фиг. 4. Структуры некоторых составляющих объектов данной обобщенной структуры можно рассмотреть, например, в [6].

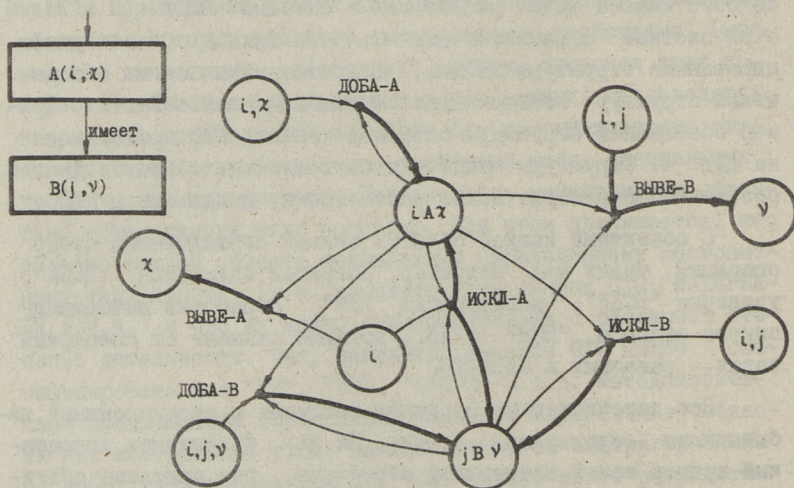
С объектами каждой области связан ограниченный набор операций, таких как, например, операции включения "ДОБА", удаления "ИСКЛ", модификации "ИЗМ", обработки информационного запроса "ИСК" и др., которые зависят от специфики задач, решаемых в САПР-ТП.

Все перечисленные операции работают с определенными избыточными структурами данных. На фиг. 4 приведен упрощенный пример такой избыточной структуры, где описание объекта состоит из двух составляющих А и В, каждое из которых

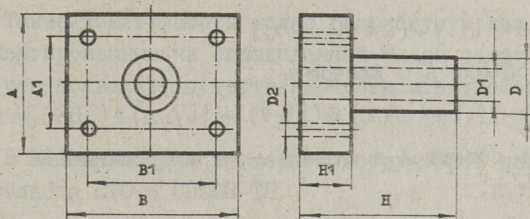
описывается ключевыми словами i, j и кортежами данных χ, γ соответственно.



Фиг. 4. Обобщенная структура данных СТО.



Фиг. 5. Диаграмма операции манипулирования понятиями.



1. Обращение

фланец H, HI, A, B, D, DI, AI, BI, D2

2. Описание понятия

а) описание атрибутов и ограничений на параметры:

- | | |
|-------------------------------|---|
| 01: H <u>веществ</u> , H 0; | 09: D2=0 (BI=0) & (AI=0); |
| 02: B <u>веществ</u> , B 0; | 010: D- DI 0; |
| 03: A <u>веществ</u> , A 0; | 011: H HI 0; |
| 04: HI <u>веществ</u> , HI 0; | 012: B-BI-D2 0; |
| 05: AI <u>веществ</u> , AI 0; | 013: A-AI-D2 0; |
| 06: BI <u>веществ</u> , BI 0; | 014: BI-D2 0; |
| 07: DI <u>веществ</u> , DI 0; | 015: AI-D2 0; |
| 08: D2 <u>веществ</u> , D2 0; | 016: (AI/2) ² +(BI/2) ² DI/2+ D2/2. |

б) описание алгоритмов преобразования геометрии:

- S1: цилиндр D, H-HI положение HI, $\emptyset$, $\emptyset$;
 S2: прямоугольник HI, B, B;
 S3: объединение S1, S2;
 S4: цилиндр DI, H если DI $\emptyset$;
 S5: пересечение S3, S4;
 S6: цилиндр D2, HI положение $\emptyset$, BI/2, AI/2 если D2 $\emptyset$;
 S7: цилиндр D2, HI положение $\emptyset$, -BI/2, AI/2 если D2 $\emptyset$;
 S8: цилиндр D2, HI положение $\emptyset$, -BI/2, -AI/2 если D2 $\emptyset$;
 S9: цилиндр D2, HI положение $\emptyset$, BI/2, -AI/2 если D2 $\emptyset$;
 S10: пересечение S5, S6, S7, S8, S9.

Фиг. 6. Пример описания понятия.

Так например, для объекта "режущий инструмент"

A - описание резца с механическим креплением многогранных пластинок из твердого сплава;

B - режущий элемент (пластинка).

На фиг. 5 приведена диаграмма сокращенного набора операции манипулирования объектами данного типа, синтаксис которых определяется следующим образом:

ДОБА - A: $l(i, \chi) + (i A \chi) \rightarrow (i A \chi)$

добавление объекта A = (i, χ) в файл данных (i A χ);

ВЫВЕ - A: $[(i) + (i A \chi) \rightarrow \chi]$

вывести объект A с ключом i;

ИСКЛ - A: $[(i) + (i A \chi) + (j B \psi) \rightarrow (i A \chi) + (j B \psi)]$

исключить объект A с ключом i и все связанные с ним объекты B и т.д.

Аналогично [8] вводятся для каждой операции условия на правильность работы введенных операций, но которые для сокращения объекта здесь не приводятся.

1. Описание понятия 'РИ'

ПОНЯТИЕ 'РИ' НАИМ 'РЕЖ-ИНСТРУМЕНТ' ВИДА 'ТО'
 АТР 'ОБОЗН' НАИМ 'ОБОЗНАЧЕНИЕ' СИМВ 20
 АТР 'НАИМ' НАИМ 'НАИМЕНОВАНИЕ' СИМВ 56
 АТР 'СТ' НАИМ 'СТАНДАРТ' СИМВ 8

 ПЕРЕЧЕНЬ 'I' ЦЕЛ СПИСОК I 2 3 СТАНД I

 ОПЕРАЦИЯ 'ДОБА-РИ'
 ВОПРОС 'УКАЖИ 'ОБОЗН' ОТВЕТ 'ОБОЗН.РИ'
 ВОПРОС 'УКАЖИ 'НАИМ' ОТВЕТ 'НАИМ.РИ'

 МЕНЮ 'ФРЕЗА/РЕЗЕЦ/СВЕРЛО' ОТВЕТ 'I'
 ЕСЛИ I=1 ТО КОД.РИ='23000000' ПЕРЕХОД 'ФР' ОПЕР 'ДОБА ФР'
 ИНАЧЕ
 ЕСЛИ I=2 ТО КОД.РИ='21000000' ПЕРЕХОД 'РЗ' ОПЕР 'ДОБА РЗ'

 ИНАЧЕ
 СООБЩИТЬ 'ОТВЕТ НЕВЕРЕН'

 КОНЕЦ-ПОНЯТИЯ

2. Описание понятия 'ФР' вида 'РИ'

ПОНЯТИЕ 'ФР' НАИМ 'ФРЕЗА' ВИДА 'РИ'

 АТР 'КОД' НАИМ 'КОД' СИМВ 8
 АТР 'Д' НАИМ 'ДИАМЕТР' ВЕЩ МАКС 250. ММН 8.
 АТР 'Z' НАИМ 'ЧИСЛО ЗУБЬЕВ' ЦЕЛ
 ОПЕРАЦИЯ 'ДОБА ФР'

 ОПЕРАЦИЯ 'ЕСТЬ 'В' БД'

 КОНЕЦ-ПОНЯТИЯ

Фиг. 7. Пример описания понятия.

Определенный таким образом набор операций может быть введен в соответствующие инструментальные средства (т.е. они представляются для пользователя в виде готовых инструментов). Для спецификации конкретных типов данных в пределах данной области необходимо в соответствующие средства ввести т.н. "конструкторы типов объектов и понятий".

Такие конструкторы можно разработать как специальные и ориентированные на определенный класс задач проектирования, что позволяет существенно повысить удобство их использования.

В [9] приведены примеры конструкторов описания объектов области СТО в СПЕИС-ТП.

На фиг. 6 и 7 приведены конструкторы описания геометрических объектов описания машиностроительных деталей.

Л и т е р а т у р а

1. К а л и н и ч е н к о Л.А. Методы и средства интеграции неоднородных баз данных. М., Наука, 1983. 424 с.

2. Семантика языков программирования. - Сб. статей под ред. Курочкина В.М. М., Мир, 1980. 395 с.

3. К р а х т В.А. От концептуальной модели предметной области до структуры базы данных, - Тр. Таллинск. политехн. ин-та, 1983, № 556, с. 5-27.

4. У л м а н Дж. Основы систем баз данных. М., Финансы и статистика, 1983. 334 с.

5. З е л к о в и ч М., Ш о у А., Г э н н о н Дж. Принципы разработки программного обеспечения. М., Мир, 1982. 368 с.

6. К ю т т н е р Р.А., Э л ь я с О.М. Банк данных принятия решений по выбору СТО. - Тр. Таллинск. политехн. ин-та, 1981, № 517, с. 17-27.

7. К ю т т н е р Р.А. Описание моделей предметной области и технология реализации интегрированных САПР-ТП. - Тр. Таллинск. политехн. ин-та, 1981, № 517, с. 2-16.

8. B a u e r F.L., W ö s s n e r H. Algorithmische Sprache und Programmentwicklung. Berlin, Heidelberg, N. Y., Springer Verlag, 1981, S. 480.

9. К а р а у л о в а Т.Н., М е с и л а Р.А., Э л ь я с О.М. Описание проблемной области средств технологического оснащения САПР-ТП. См. наст. сб., с. 27.

Design and Implementation of Working Environment
for Manipulation with CAD/CAM Data Base

Summary

The problems of representing the "ISA hierarchy", used for classifying and organizing the objects and concepts in CAD/CAM systems are described in this paper. According to the proposed method the objects and concepts from CAD/CAM problem domain are classified into a number of categories, based on their common properties or similarities. For each class of these objects the problem-oriented operators are defined to manipulate with them. The proposed approach is used to develop the specialized interactive information system for CAD/CAM.

Т.Н. Караулова, Р.А. Месила,
О.М. Эльяс

ОПИСАНИЕ ПРОБЛЕМНОЙ ОБЛАСТИ СРЕДСТВ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОСНАЩЕНИЯ САПР-ТП

Описание проблемной области средств технологического оснащения (СТО) представляет собой сложную, многоаспектную задачу, призванную отобразить состав объектов, их свойства, а также имеющиеся между ними связи и операции манипулирования ими. В предметной области СТО можно выделить по общности применения, по технологии изготовления и роли, выполняемой в ходе информационно-поисковых процессов, конечное число объектов, например, "фреза", "вспомогательный инструмент", "резец", "оборудование" и т.д. В данной статье подобные объекты названы семантическими понятиями.

В первом приближении можно считать, что модель предметной области (МПО) СТО представляет собой некоторую иерархическую многоуровневую структуру G , т.е. любой объект проблемной области состоит из подобъектов, те в свою очередь состоят из подобъектов следующего уровня иерархии и т.д. до уровня объектов, которые на данный момент рассмотрения уже не имеют внутренней структуры:

$$\text{МПО} = G(\text{СП}, S),$$

где СП – множество семантических понятий предметной области;

S – множество связей между понятиями.

Описание предметной области начинается с установления состава СП, при этом всем понятиям присваиваются уникальные имена, например, РИ – для режущего инструмента, ОБ – для оборудования, РЕЗ – для резца и т.д.

Состав СП определяется исходя из требований, предъявляемых к информационно-поисковым процессам, а также необходимости вывода результатов в виде комплекта документов. Спи-

сок понятий открытый, в случае необходимости пользователь имеет возможность дополнять базовый набор своими понятиями, уточнять понятия или объединять группу подпонятий в более общее понятие (суперпонятие). Подпонятия, входящие в состав некоторого суперпонятия, обладают теми же базовыми свойствами, что и их суперпонятие. В то же время подпонятия могут иметь дополнительные свойства, уточняющие данное суперпонятие. Для манипулирования понятиями в рамках описанной выше структуры применяются метод детализации, осуществляющей связь между понятиями типа ЕСТЬНЕК, т.е. уточнение суперпонятия до некоторого подпонятия, например, РЕЗ-ЕСТЬНЕК-РИ (резец есть некий режущий инструмент) и метод агрегатирования, осуществляющий связь между понятиями типа ПРИМЕР, т.е. объединение одного или нескольких подпонятий до уровня суперпонятия, например, РЕЗ, СВ, ФР-ПРИМЕР-РИ (резец, сверло, фреза есть пример режущего инструмента).

Для реализации такой иерархической структуры используются и/или графы.

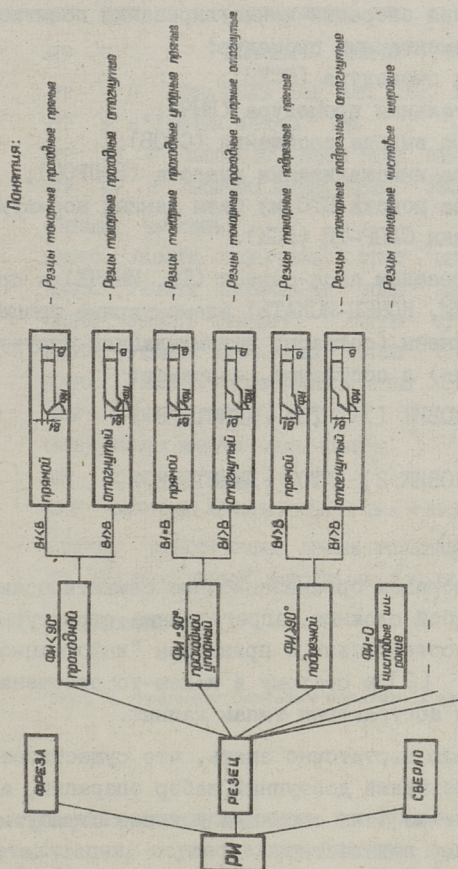
При движении по графу от корня к листьям степень общности понятий падает, но зато степень детализации, конкретизации понятий возрастает. В связи с этим использование понятий большой степени общности нежелательно, ибо требует наличия при этом определенной семантической информации, уточняющей данное понятие до необходимого уровня. При использовании же более точных понятий объем этой дополнительной информации уменьшается и совсем исчезает при использовании понятий, являющихся листьями графа структуры предметной области СТО. Уровень детализации используемых понятий в значительной степени определяет эффективность реализации информационно-поисковых процессов.

На фиг. I изображен фрагмент структуры суперпонятия "режущий инструмент".

Описание некоторого семантического понятия состоит из:

- описания свойств понятия;
- описания операций манипулирования понятием.

Описание свойств понятия осуществляется в виде атрибутивного множества. Отдельные атрибуты имеют уникальные имена (в пределах суперпонятия), области допустимых значений, тип (целый, вещественный или символичный), процедуры проверки до-



Фиг. 1. Фрагмент графа понятия "Режущий инструмент".

стоверности. Описание атрибутов соответствует описанию сложных типов данных, имеющихся, например, в языке АДА [1].

Описание атрибута "Д", являющегося диаметром фрезы, выглядит следующим образом:

АТР 'Д' НАИМ 'ДИАМЕТР ФРЕЗЫ' ВЕЩ МАКС 300. МИН 10. СТАНД 50.

Для описания операций манипулирования понятием разработан набор элементарных процедур:

- условная процедура (ЕСЛИ);
- вычислительная процедура (ВЫЧ);,
- процедура вывода сообщения (СООБ);
- процедура инициализации диалога (ВОПРОС);
- процедура поиска СТО из базы данных нормативно-справочной информации САПР-ТП (ИСК).

С использованием слов-связок (ТО, ИНАЧЕ) и процедурных слов (КОНЕЦ-ЕСЛИ, КОНЕЦ-ИСКАТЬ) элементарные процедуры могут быть объединены (согласно рекомендациям структурного программирования) в составные, например:

```
ЕСЛИ <УСЛОВИЕ 1> ТО <ДЕЙСТВИЕ 1>  
ИНАЧЕ  
ЕСЛИ <УСЛОВИЕ 2> ТО <ДЕЙСТВИЕ 2>  
ИНАЧЕ  
<ДЕЙСТВИЕ 3>
```

Подобным образом организационные семантические понятия представляют собой сложные, агрегативные структуры данных, построенные в соответствии с принципом "информационной локализованности" [2] и поэтому в каком-то отношении могут быть отнесены к абстрактным типам данных.

Пользователю достаточно знать, что существует некоторое понятие, имеющее некий доступный набор операций, а как реализовано выполнение этих операций и какие атрибуты при этом использованы, ему неизвестно.

Все информационно-поисковые процедуры осуществляются через подобные операции, поэтому внесение изменений в понятия не вызывает существенных затруднений.

Фрагмент описания понятия "резец" приведен на фиг. 2.

Описанный в статье метод позволяет рассматривать любое понятие проблемной области СТО как некоторую многоуровневую


```

Т      ЗАГолоВок ПонЯтия
ПонЯтие 'ФР' НАИМ 'РЕЗ' ПРИМЕР 'РП'
Т      ОПИСАНИЕ СВОЙСТВ ПонЯтия
АТР 'ДиАМЕТР РЕЗЦА' ВЕЩ
АТР 'ОБЗН' НАИМ 'ОБЗНАЧЕНИЕ' СИМВ 20
АТР 'НАИМ' Н 'НАИМЕНОВАНИЕ' СИМВ 40
АТР 'СТ' Н 'СТАНДАРТ' СИМВ 16
АТР 'L' Н 'ДЛИНА РЕЗЦА' ВЕЩ МАКС 280. МИН 80.
АТР 'В' Н 'ШИРИНА КорПУСА' ВЕЩ
АТР 'В1' Н 'ВЫСОТА ДО ВЕРШИНЫ РЕЗЦА' ВЕЩ
АТР 'В2' Н 'ВЕЛИЧИНА ЗАГИБА РЕЗЦА' ВЕЩ
ОПЕРАЦИЯ 'ДОБАВИТЬ'
ВОПРОС 'УКАЖИТЕ ОБЗНАЧЕНИЕ' ОТВЕТ 'ОБЗН.РЕЗ'
ВОПРОС 'УКАЖИТЕ НАИМЕНОВАНИЕ' ОТВЕТ 'НАИМ.РЕЗ'
ВОПРОС 'УКАЖИТЕ СТАНДАРТ' ОТВЕТ 'СТ.РЕЗ'
ВОПРОС 'УКАЖИТЕ ДЛИНУ РЕЗЦА' ОТВЕТ 'L.РЕЗ'
ВОПРОС 'УКАЖИТЕ ШИРИНУ КорПУСА' ОТВЕТ 'В.РЕЗ'
ЕСЛИ 'В.РЕЗ > 50.1В.РЕЗ < 10.' ТО
СООБ 'ШИРИНА КорПУСА ЗАДАНА НЕВЕРНО'
ВЫЧ 'В1.РЕЗ' = 'В.РЕЗ + В2.РЕЗ'
СООБ 'ВЫСОТА ДО ВЕРШИНЫ РЕЗЦА РАВНА # В1.РЕЗ#'
ОПЕРАЦИЯ 'ВЫВЕСТИ ПРАВЫЕ ПРЯМЫЕ ПРОХОДНЫЕ РЕЗЦЫ'
ИСК 'ВИД.РЕЗ=' 'ПРАВЫЙ' & ФИ.РЕЗ < 90° & В1.РЕЗ < В.РЕЗ'
.....
КОНЕЦ-ПонЯтия

```

Фиг. 2. Фрагмент описания понятия "Резец".

систему, позволяет манипулировать понятиями на необходимом уровне детализации, осуществляет близкую к сложившейся терминологии идентификацию понятий, упрощает реализацию информационно-поисковых процессов СТО.

Метод использован при разработке информационно-поисковой системы средств технологического оснащения в рамках специализированной инструментальной системы генерации пакетов САПР-ТП (СПЕИС-ТП) для ЭВМ серии ЕС.

Л и т е р а т у р а

1. Курочкина В.М., Подшивалова Д.Б. Язык программирования АДА. Пер. с англ. М., Финансы и статистика, 1981. 190 с.

2. Зелкович М., Шоу А., Гэннон Дж. Принципы разработки программного обеспечения. Пер. с англ. М., Мир, 1982. 368 с.

T. Karaulova

R. Mesila

O. Eljas

The Description of Technological Equipment for CAD/CAM Systems

Summary

The paper deals with the problem of technological equipment description in CAD/CAM system. The technological equipment description is considered as the hierarchical multilevel structure of concepts and relations between them. The description of the structures is based on the ideas of data abstraction methods. The user can add, delete or modify the basic description of concepts according to his own needs.

ИНТЕРФЕЙС С БАЗАМИ ДАННЫХ САПР

Любая САПР является, в первую очередь, системой переработки большого объема информации, что означает их ориентированность на применение баз данных. В связи с этим проблемам, связанным с организацией эксплуатации и ведения баз данных САПР, принадлежит первостепенная роль. От того, насколько успешно решены эти проблемы, во многом зависит живучесть САПР.

Общепризнанная концепция баз данных и возможности, предоставляемые специальным программным обеспечением — системами управления базами данных (СУБД), позволяют решить многие проблемы, связанные с эксплуатацией баз данных. Однако многолетнее независимое развитие СУБД и языков программирования высокого уровня создало ряд серьезных проблем их совместной эксплуатации. Сюда, в первую очередь, следует отнести проблему организации интерфейса между САПР и некоторой СУБД. На фиг. 1 представлена укрупненная схема интерфейса.

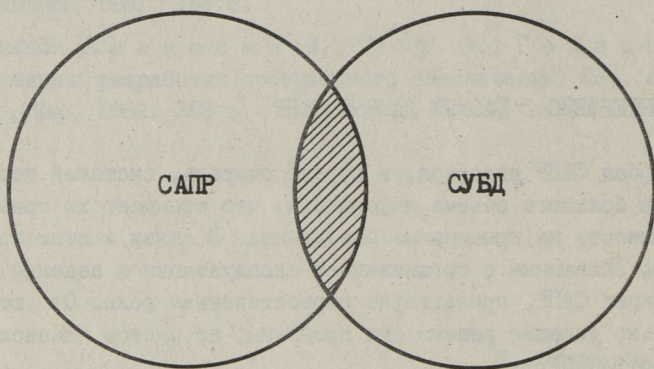
Назовем заштрихованную область общей областью интерфейса (ООИ). ООИ представляет собой разделенное рабочее пространство

$$\text{ООИ} = \langle A, B \rangle,$$

где A — конечное множество элементов САПР (целые, вещественные числа, массивы данных...);

B — конечное множество элементов, отражающих специфические особенности СУБД (ключи базы данных, идентификаторы записей и отношений, коды результативности...).

В настоящее время, как правило, для реализации интерфейса между САПР и СУБД (рассматриваются только базы данных,



Фиг. 1. Традиционная схема организации интерфейса.

построенные по открытому принципу) используются средства традиционных языков программирования высокого уровня.

Однако существующие методы организации интерфейса можно объединить по степени автоматизации описания ООИ в две группы.

К первой группе относятся методы, не производящие автоматизации описания ООИ, часто называемые "CALL-интерфейсами". Согласно этим методам обращение к СУБД реализуется в виде обращения к некоторой известной программе, выполняющей соответствующие функции получения, занесения или обновления записи базы данных. Описание ООИ осуществляется самим пользователем "вручную" и представляет собой набор фактических параметров стандартного оператора "CALL". Аналогичный подход принят в СУБД ДДМ-Ф, СУБД СЕДАН [1] и др.

К второй группе можно отнести методы, допускающие автоматизацию описания ООИ. Согласно этим методам, обращения к СУБД выглядят в виде встроенных в традиционные языки программирования операторов языка манипулирования данными (ЯМД). С помощью специального препроцессора операторы ЯМД

автоматически дополняются необходимыми описаниями ООИ, отражающими специфические особенности некоторой СУБД, и заменяются соответствующими операторами "CALL" согласно синтаксиса принятого языка программирования. Методы позволяют организовать взаимодействие пользователя с базой данных на языке высокого уровня, избавляя его от ряда рутинных работ и лишних знаний о специфике СУБД. Аналогичный подход принят в СУБД ИНФОБАНК [2], ПАРМА [3] и т.д. Большой интерес представляет организация интерфейса в СУБД ADABAS [4], где пользователю предоставляется набор макросредств, корректное использование которых гарантирует получение сложных интерфейсных программных модулей.

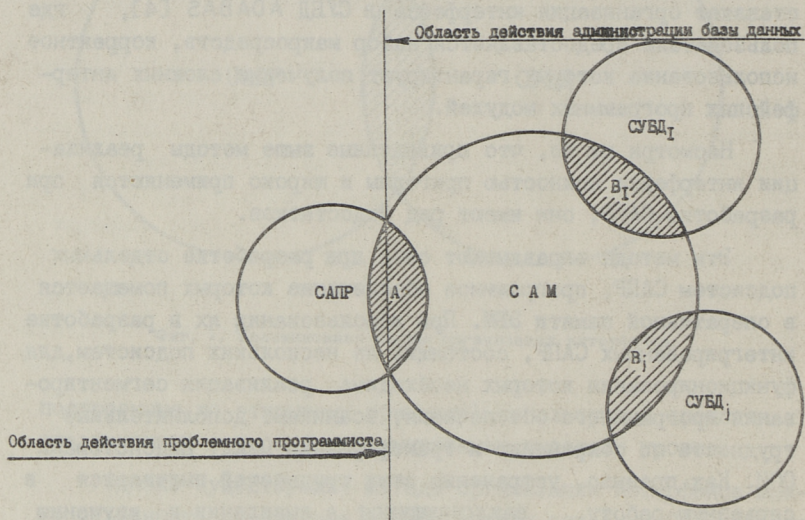
Несмотря на то, что приведенные выше методы реализации интерфейса полностью пригодны и широко применяются при разработке САПР, они имеют ряд недостатков.

Эти методы оправдывают себя при разработке отдельных подсистем САПР, программное обеспечение которых помещается в оперативной памяти ЭВМ. При использовании их в разработке интегрированных САПР, состоящих из нескольких подсистем, для функционирования которых необходима реализация сегментирования программного обеспечения, возникают дополнительные трудности по сохранению и трансформации между подсистемами ООИ. Как правило, устранение этих трудностей выливается в серьезную работу, заключающуюся в выявлении и изучении специфических особенностей некоторой СУБД. Подобные специфические особенности определенным образом отражаются на программном обеспечении функциональной части САПР. В связи с этим САПР приобретает жесткую ориентацию на определенную СУБД. Для организации работы САПР с другой СУБД необходимо провести большой объем работы.

В связи с этим подобные методы организации интерфейса совершенно непригодны для разработки различных систем инструментального характера, интегрированных САПР, т.е. программных систем общего назначения, ибо в силу своей специфики они не могут быть ориентированы на определенный вид СУБД, а должны иметь средства для организации работы с некоторым подмножеством возможно разнотипных СУБД.

Организация интерфейса в рамках интегрированных САПР требует обеспечения независимости функциональной части САПР от вида СУБД и подразумевает интеграцию баз данных.

В настоящей статье предлагается метод организации интерфейса, основанный на использовании метода абстракции. Метод абстракции позволяет локализовать специфические особенности СУБД и скрыть их от пользователя в программном модуле особого типа, называемого далее специальной абстрактной машиной (САМ). Схема интерфейса, организованного по этому методу, представлена на фиг. 2.



Фиг. 2. Схема организации интерфейса, основанного на методе абстракции.

Заштрихованные области аналогично фиг. 1 представляют ООИ. В отличие от фиг. 1, где $ООИ = A \cup B$, на представленной схеме

$$ООИ = \langle A, САМ, C \rangle,$$

где A – конечное множество элементов САПР;

$C = \{B_i\}$, $i = 1, \dots, j$ – конечное множество, каждый элемент которого отражает специфику некоторой СУБД;

САМ – специальная абстрактная машина, представляющая собой множество пар

$$САМ = \{ \langle CB, DP \rangle \},$$

где $СБ = \{ СУБД_i; i = 1, \dots, j \}$ – конечное множество традиционных систем управления базами данных;

$ДР = \{ МОД_i; i = 1, \dots, j \}$ – конечное множество специальным образом построенных программных модулей (драйверов).

Каждый такой модуль реализует функции интерфейса с определенной СУБД. Драйверы построены таким образом, что содержат множество входных точек, обращение к которым эквивалентно осуществлению необходимых действий над базой данных. Подобные драйверы программируются специалистами по СУБД (администрацией базы данных). Проблемные же программисты не знают, с какой СУБД имеют дело, и в случае необходимости обращения к базе данных обращаются к соответствующим входным точкам драйвера, представляющие собой программные модули, дополняющие ООИ специфическими особенностями некоторой СУБД, т.е. осуществляют $A \cup B_i$ для СУБД_i. В этом случае все обращения к СУБД осуществляет САМ.

Состояние $САМ = \langle СУБД_i, МОД_i \rangle$ соответствует взаимодействию интегрированной САПР с СУБД_i, реализуемой драйвером МОД_i.

Нетрудно заметить, что для организации работы САПР с другой СУБД достаточно сформировать или дополнить САМ.

Такая организация интерфейса позволяет учитывать специфические особенности СУБД в заранее разработанных для каждого типа СУБД процедурах реализации операций интерфейса. За счет этого пользователь получает возможность уделить основное внимание не особенностям СУБД (это дело специального персонала – администрации базы данных), а вопросам автоматизированного проектирования. При этом методика организации интерфейса и операций манипулирования данными становится единой, появляется возможность стандартизации и разработки типовых процедур проектирования.

Описанный в статье метод организации интерфейса с базами данных реализован в рамках специализированной инструментальной системы генерации пакетов программ технологического проектирования (СПЕИС-ТП) для ЭВМ серии ЕС.

Л и т е р а т у р а

1. Пурвин Ю.В., Демидов И.В. и др. Система управления базами данных СЕДАН. М., Финансы и статистика, 1981.

2. Евменов В.П. и др. Система управления базами данных ИНФОВАНК. Язык определения данных. Учебное пособие. Издание ЛПИ им. М.И. Калинина, 1982.

3. Коссо В.П., Кузнецов И.Е., Сумарокова Т.Н. ПАРМА - сетевая СУБД на основе рекомендаций КОДАСИЛ. - В кн.: Прикладная информатика. М., Финансы и статистика, 1981.

4. ADABAS application programmer guide. Reston, Virginia, Software AG, 1975.

O. Eljas

CAD/CAM Data Base Management Systems Interface

Summary

The CAD/CAM data base management systems interface organization is a most important problem.

Various methods of interface organization are described. The paper presents an interface organization method, based on the ideas of abstraction methods. This method is called a special abstraction machine in the paper. Some advantages of this method are underlined.

ГЕОМЕТРИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ОБЪЕКТА В САПР-ТП

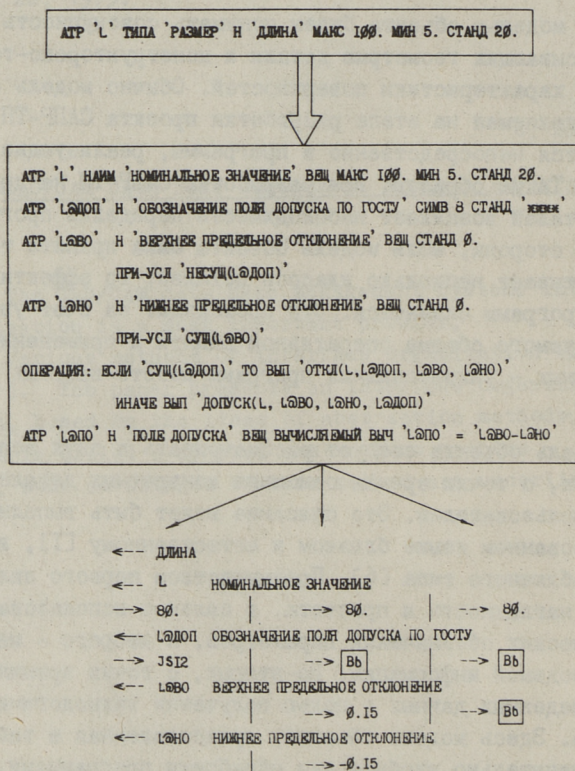
Описание геометрии машиностроительной конструкции с целью последующего анализа для принятия технологических решений является неперенным условием проектирования технологических процессов, причем эффективность САПР-ТП во многом зависит от модели этого объекта.

Под моделью объекта будем понимать совокупность данных, описывающих геометрию детали и конструкторско-технологические характеристики поверхностей. Обычно модель объекта, определяемая на этапе разработки проекта САПР-ТП, закладывается непосредственно в программы, реализующие эту САПР-ТП. Таким образом, при разработке САПР-ТП на другой класс деталей возникает необходимость переделки программ. С другой стороны, если модель объекта была принята такой, что охватывает несколько классов деталей, то эффективность работы программ снижается. Это происходит за счет увеличения требуемого объема оперативной памяти и применения более сложных - универсальных программ вместо простых - специальных.

Модель объекта следует рассматривать в двух аспектах. Во-первых, с точки зрения описания конкретных деталей конечным пользователем. Это описание может быть выполнено на формализованном языке близком к естественному [1], или на языке табличного типа [6]. Преимуществом первого является большая наглядность и простота, в связи с использованием мнемонических обозначений параметров, а второго - меньший объем вводимой информации. Во-вторых, с точки зрения обработки введенных данных с целью получения технологического процесса. Здесь модель объекта, представленная в табличном виде, значительно удобнее для обработки программами, обеспечивающими решение задачи. Учитывая эти два аспекта, можно

заклЮчить, что модель объекта должна быть такова, чтобы ее внутреннее представление было бы выполнено в табличном виде, а ввод данных - на формализованном языке, близком к естественному. Кроме того, диалоговый режим работы с такой моделью должен обеспечить максимальную поддержку при описании сведений о детали.

В инструментальной системе разработчику необходимо предоставить возможность в процессе работы с системой формировать такую модель объекта. Это формирование должно выполняться системой по описанию модели на проблемно-ориентированном языке высокого уровня в терминах, с которыми оперирует инженер-технолог в своей повседневной работе. Такое описание модели объекта будем называть ее спецификацией. Спецификация



Фиг. 1. Тип данных 'РАЗМЕР' и варианты ввода информации.

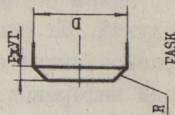
модели объекта осуществляется по трехуровневой схеме, где каждый последующий уровень уточняет или раскрывает элементы описания, используемые на более высоком уровне.

На самом нижнем(третьем) уровне пользователь работает с атрибутами – одним или несколькими параметрами, объединенными по смысловому содержанию. При описании атрибута должны быть указаны (фиг. I):

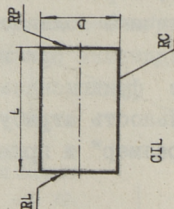
- идентификатор, позволяющий однозначно обращаться к значению атрибута;
- тип данных;
- наименование;
- пределы изменения значений атрибута в виде максимума и минимума или списка возможных значений;
- стандартное значение атрибута, которое он должен принимать по умолчанию;
- условия выбора, определяющие необходимость включения данного атрибута в модель объекта.

Для обеспечения большей специальной направленности системы на проектирование технологических процессов обработки деталей, кроме традиционных типов данных, характерных программированию, имеются специальные типы – размер, шероховатость поверхности, отклонение формы, резьба и т.д. При этом заданному типу данных соответствует некоторая последовательность действий, определяющая формулы расчета и условия выбора параметров, составляющих данный атрибут. Так, например, атрибуту с типом "размер" соответствуют параметры его номинального значения, верхнего и нижнего предельных отклонений, обозначения и величины поля допуска. Реализация различных типов данных и поддержка при их кодировании осуществляется программно в виде функциональных модулей. На фиг. I изображена последовательность атрибутов, равнозначная описанию атрибута L типа "размер" и пример ввода информации об этом размере.

Совокупность атрибутов фиксированного состава и операции, связанные с поддержкой при их описании и доопределении, составляют геометрическое понятие – описание конструктивно-технологического элемента, характеризующегося определенной комбинацией элементарно обрабатываемых поверхностей. Допустимый набор типов геометрических понятий задается пользова-



ДОБАВИТЬ-ПОНЯТИЕ 'FASK' ТИПА 'ТВОМ' И 'ФАСКА НАРУЖНАЯ'
 АТР 'R' И 'ДЛИНА ФАСКИ' ТИП 'РАЗМ' МАКС 100. МИН 0.5 СТАНД 1.
 АТР 'RUT' И 'УГОЛ ФАСКИ' ТИП 'УГЛ' МАКС 80. МИН 5. СТАНД 45.
 АТР 'D' И 'НА ДИАМЕТРЕ' ТИП 'РАЗМ' ВЫЧИСЛЯЕМЫЙ
 *** В МОДЕЛИ НА ДЕТАЛИ УКАЗАТЬ: ВНУ D.FASK = D.CIL ***
 АТР 'R' И 'ШЕРОХОВАТОСТЬ ПОВЕРХНОСТИ' ТИП 'ШЕРХ' СТАНД 'ОБЩАЯ ДЛЯ ДЕТАЛИ'
 ПРИ-УСЛ СУЩ(НА 'ААА') ТО ВНУ D.FASK = D.ААА
 КОНЕЦ-ПОНЯТИЯ



ДОБ-ПОН 'CIL' ТИПА 'ТВОМ' И 'ЦИЛИНДР'
 АТР 'D' И 'ДИАМЕТР ЦИЛИНДРА' ТИП 'РАЗМ' МАКС 100. МИН 20. СТАНД 30.
 АТР 'L' И 'ДЛИНА ЦИЛИНДРА' ТИП 'РАЗМ' МАКС 200. МИН 10. СТАНД 50.
 АТР 'RL' И 'ШЕРОХОВАТОСТЬ ЛЕВОГО ТОРЦА' ТИП 'ШЕРХ' СТАНД 'ОЛ'
 АТР 'R' И 'ШЕРОХОВАТОСТЬ ПРАВОГО ТОРЦА' ТИП 'ШЕРХ' СТАНД 'ОП'
 АТР 'RS' И 'ШЕРОХОВАТОСТЬ ЦИЛИНДРА' ТИП 'ШЕРХ' СТАНД 'ОД'
 КОНЕЦ-ПОНЯТИЯ

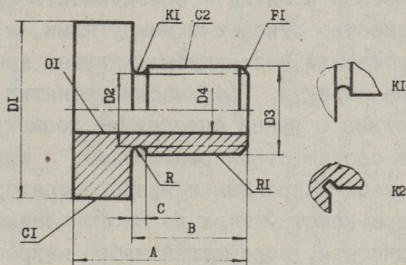
Фиг. 2. Примеры геометрических понятий ФАСКА и ЦИЛИНДР.

телем и формируется на втором уровне спецификации модели объекта (фиг. 2).

При описании геометрического понятия необходимо определить:

- идентификатор;
- наименование;
- совокупность атрибутов;
- операции доопределения значений атрибутов, условия выбора и семантического контроля значений атрибутов в геометрическом понятии.

Так, например, при описании геометрического понятия "труба" семантический контроль заключается в проверке того,



ДЕТАЛЬ ТИПА 'ШТУЦЕР'

*** ГЕОМЕТРИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ

ГЕОМЕТРИЧЕСКОЕ ПОНЯТИЕ 'CI' ТИПА 'C1L' Н 'ЦИЛИНДР С РАЗМЕРАМИ A, D1'

Г-П 'C2' ТИПА 'C1L' Н 'ЦИЛИНДР С РАЗМЕРАМИ B, D3'

Г-П 'RI' ТИПА 'РЕЗВ' НА 'C2' Н 'РЕЗЬБА НА ЦИЛИНДРЕ C2' ПРИ-УСЛ СУЩ(C2)

ПРИ-УСЛ СУЩ(RI) ВЫЧ D.C2 = DIAM(RI)

ПРИ-УСЛ СУЩ(C2) ЕСЛИ D.C2=D.C1+L.C2=L.C1 ТО ПОВТОРИТЬ НАЧИНАЯ 'CI'

Г-П 'FI' ТИПА 'FASK' НА 'C2' Н 'ФАСКА НА ЦИЛИНДРЕ C2' ПРИ-УСЛ СУЩ(C2)

Г-П 'KI' ТИПА 'КАНИ' НА 'C2' Н 'КАНАВКА КРУТЛАЯ' ПРИ-УСЛ СУЩ(C2)

Г-П 'K2' ТИПА 'КАН2' НА 'C2' Н 'КАНАВКА УГЛОВАЯ' ПРИ-УСЛ НЕСУЩ(KI)&СУЩ(C2)

Г-П 'OI' ТИПА 'ОТВС' Н 'СКВОЗНОЕ ОТВЕРСТИЕ'

ПРИ-УСЛ СУЩ(OI)&СУЩ(C2) ЕСЛИ (D.C2-D.OI)<4. ТО ПОВТ 'OI' 'C2'

ИНАЧЕ ВЫЧ L.OI = L.C1

ПРИ-УСЛ СУЩ(OI)&НЕСУЩ(C2) ЕСЛИ (D.C1-D.OI)<2. ТО ПОВТ 'OI' 'C1'

ИНАЧЕ ВЫЧ L.OI = L.C1

*** ГРАФИЧЕСКОЕ ОПИСАНИЕ

ГРАФИЧЕСКОЕ ПОНЯТИЕ 'CI' ТИПА 'C1L'

... ..

ГРАФ-П 'FI' ТИПА 'FASK' ПРИ-УСЛ СУЩ(C2)

КОМТ 'FI' СИМ ОТНОСИТЕЛЬНО ОСИ 'Y'

ВЕСТ 'VI' 'A' 0.

КОМТ 'FI' ЕСТЬ КОМТ 'FI' ПЕРЕНОС НА ВЕСТ 'VI'

КОНЕЦ

Фиг. 3. Спецификация модели объекта типа ШТУЦЕР.

будет ли наружный диаметр трубы DH больше, чем диаметр отверстия DB . При несоблюдении этого условия необходимо повторно определить значения атрибутов DH и DB .

Используемые геометрические понятия, их взаимосвязь, а также описание общих характеристик детали (масса, материал, габаритные размеры и т.д.) фиксируются при спецификации модели объекта на первом уровне (фиг. 3).

Для решения задач, связанных с графическим выводом и редактированием изображения (выдача операционных эскизов), строится графическая модель объекта [2, 3]. В качестве элементов описания графического объекта приняты:

- графическое понятие - совокупность графических примитивов и множество отношений между ними, а именно: непрерывные замкнутые или незамкнутые кривые, контуры, составные геометрические объекты. Графические понятия (фиг. 4) ставятся в соответствие с ранее описанными геометрическими понятиями. Данное соответствие реализовано в виде макросистемы, включающей в себя макроязык и макрогенератор. Эффективность работы инженера-конструктора во многом зависит от наполнения макробιβотеки, содержащей набор макроопределений, которые могут быть использованы в любой модели;

- графические примитивы данной системы - это точка, окружность, прямая, вектор, дуга и т.д. Структура команд языка описания графических примитивов разработана в соответствии с требованиями и рекомендациями "Единого входного языка САПР";

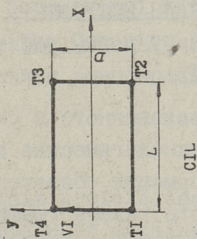
- параметры (координатная точка) для определения графических примитивов через их структуру данных. Для упрощения записи графической модели объекта в системе предусмотрены операции работы с параметрами:

- вычисление угловых и линейных величин графических примитивов и отношений между ними;

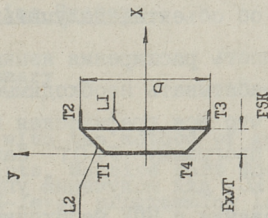
- арифметические выражения, состоящие из операндов, знаков операций и круглых скобок. Правила написания и порядок выполнения арифметических операций аналогичны таким алгоритмическим языкам как ФОРТРАН, PLI;

- редактирование параметров графических примитивов.

ДОБ-ПОН 'CIL' ТИПА 'ГРАФИЧЕСКОЕ' И 'ЦИЛИНДР'
 ТОЧКА 'T1' 0.0
 ТЧК 'T2' L 0.
 ТЧК 'T3' L D
 ТЧК 'T4' 0. D
 КОНТУР 'C1L' ТЧК 'T1' ТЧК 'T2' ТЧК 'T3' ТЧК 'T4' ТЧК 'T1' КОНЕЦ
 ПАРАМЕТР 'K1' ВЫЧ 'D/2.'
 ВЕКТОР 'V1' 0. 'K1'
 КОНТ 'C1L' ЕСТЬ КОНТ 'C1L' ПЕРЕНОС НА ВЕКТ 'V1'
 КОНЕЦ-ПОНТИИ



ДОБ-ПОН 'FASK' ТИПА 'ГРАФ' И 'ФАСКА'
 ПАР 'K1' ВЫЧ 'D/2.'
 ПРЯМАЯ 'L1' ПАРЯ ОСИ 'Y' НА РАССТОЯНИИ F
 ТЧК 'T2' 'F' 'K1'
 ПРМ 'L2' ЧЕРЕЗ ТЧК 'T2' ПОД УГЛОМ К ОСИ 'X' ВЫЧ '180.4NT'
 ТЧК 'T1' ПЕРЕСЕЧЕНИЕ ПРМ 'L2' ОСЬ 'Y'
 ТЧК 'T3' СИММЕТРИЧНА ТЧК 'T2' ОТНОСИТЕЛЬНО ОСИ 'X'
 ТЧК 'T4' СИМ ТЧК 'T1' ОТНОС ОСИ 'X'
 КОНТ 'FASK' ТЧК 'T1' ТЧК 'T2' ТЧК 'T3' ТЧК 'T4' КОН
 КОНЕЦ-ПОНТИИ



Фиг. 4. Примеры графических понятий.

Иерархическая структура геометрической и графической моделей объекта реализована с применением СУБД сетевого типа ДДМ- F (типа КОДАСИЛ Венгерской НР).

Для описания графической модели объекта разработан проблемно-ориентированный язык MGS высокого уровня командной структуры [4].

Для более удобной записи исходного текста графических моделей объекта в состав системы включены операции обработки графических понятий и примитивов, а именно:

- симметрии;
- поворота;
- переноса;
- масштабирования;
- топологического анализа и др.

Процедуры, которые невозможно или нецелесообразно реализовать с помощью средств, имеющихся в системе, возможно оформлять в виде программ, написанных на базовом алгоритмическом языке системы - ФОРТРАНе. Написанные программы транслируются и редактируются стандартными средствами ОС ЕС и подключаются в систему.

Система реализована для ЕС ЭВМ с использованием мониторной системы МЕМО (разработка ИК АН ЭССР). В качестве функционального пакета реализации графической модели объекта принят ППП ФАП-КФ (разработка ИТК АН БССР) [2]. Система даст возможность оперативно (диалоговый режим работы) изменить данные об объекте, получить операционные эскизы [5].

Возможность расширения языка, заложенного в системе, позволяет разрабатывать необходимые технологические команды. Ввиду того, что вся графическая информация обязательно проходит через программу PLOT базового пакета графических программ ОС ЕС, для получения управляющих перфолент какого-либо оборудования с ЧПУ необходимо лишь заменить программное обеспечение базисного уровня специально разработанным драйвером.

Л и т е р а т у р а

І. Ц в е т к о в В.Д. Системно-структурное моделирование и автоматизация проектирования технологических процессов. Минск, Наука и техника, 1979. 264 с.

2. Горелик А.Г. Автоматизация инженерно-графических работ с помощью ЭВМ. Минск, Высшая школа, 1980. 208 с.

3. Зозулевич Д.М. Машинная графика в автоматизированном проектировании. М., Машиностроение, 1976. 240 с.

4. Киммель А.А., Некрасов Г.И. Представление и обработка данных при геометрическом моделировании машиностроительных деталей в САПР-ТП. - Тр. Таллинск. политехн. ин-та, 1981, № 517, с. 37-47.

5. Кюттнер Р.А., Эльяс О.М., Некрасов Г.И., Саар Х.Я. Специализированная инструментальная система генерации пакетов программ САПР-ТП. - В сб.: Интерактивная технология в САПР. Тезисы докладов IV Всесоюзного совещания по автоматизации проектирования электротехнических устройств. Таллин, 1981, с. 99-100.

6. Митрофанов С.П., Гульнов Ю.А., Куликов Д.Д. Автоматизация технологической подготовки серийного производства. М., Машиностроение, 1974. 360 с.

G. Nekrassov, L. Portyanski

Geometrical Data of Machine Parts Model for
the Computer Aided Manufacturing Process
Planning Systems

Summary

This article deals with the method of geometrical description of machine parts. Machine part model specification is given in high-level programming language with the aid of geometrical terms and parametres and relations between them.

Output of the results on the plotting device is realised through machine graphic system MGS. The system is realised on EC-computers and is a part of CAD/CAM system.

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ ДЛЯ
ГИБКОГО АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОИЗВОДСТВА

Применение гибкого автоматизированного производства (ГАП) повышает значительно производительность труда, улучшает загрузку станков и уменьшает затраты на транспортные и погрузочно-разгрузочные работы.

При проектировании технологических процессов для ГАПа необходимо учитывать множество критериев, гарантирующих наибольшую эффективность функционирования ГАПа. Качество результатов проектирования зависит от уровня гибкости производства, т.е. возможны ли альтернативные варианты обработки, альтернативные очередности запуска деталей, различные режимы обработки. Гибкое автоматизированное производство является, так называемой, "сложной системой" с большим количеством составляющих и сложными связями между ними.

В процессе проектирования применяется двухуровневая оптимизация, разработанная на основе теории многоуровневых систем [1]. На первом уровне решаются следующие задачи:

- выбор из множества оборудования, составляющих ГАП, оборудования, на которых технологически возможно и целесообразно обрабатывать данные детали;
- выяснение на основе выбранных станков альтернативных вариантов обработки;
- выяснение для каждой операции допустимых пределов изменений режимов обработки.

На втором уровне решаются задачи планирования с учетом всей совокупности обрабатываемых деталей, т.е.:

- определение оптимального распределения работ между станками;
- оптимизация последовательности запуска деталей.

Второй уровень координирует решение задач на первом уровне.

При выборе оборудования для обработки i -той детали применяется логическое выражение:

$$\{\varepsilon_{i1}\}\{<, =, >\}, \{\varphi_{j1}\}, \dots, \{\varepsilon_{im_j}\}\{<, =, >\}\{\varphi_{jm_j}\}, \quad (I)$$

где $\{\varepsilon_i\}$ - совокупность параметров i -той детали;

$\{\varphi_j\}$ - совокупность технологических возможностей j -того оборудования;

m_j - число технологических возможностей j -того оборудования.

В качестве примера приведено логическое условие, гарантирующее обрабатываемость i -той детали на j -том оборудовании:

$$\Phi_{ij} = B_i \leq B_j \wedge H_i \leq H_j \wedge DC_i \leq DC_j.$$

В данном случае совокупность $\{\varepsilon_i\}$ состоит из следующих параметров детали: B - максимальная ширина; H - максимальная высота; DC - максимальный диаметр сверления.

При выполнении условия (I) возможны ситуации, когда требуемая операция обработки детали может быть выполнена на нескольких станках. В таких случаях необходимо выяснить альтернативные варианты обработки.

Допустим, что маршрут обработки детали d_i требует проведения N операций, для которых выбраны M станков. Принимается, что для K операций можно использовать m_k станков (рассматриваются только те операции, где $m_k > 1$).

Общее число альтернативных вариантов обработки определяется:

$$P_{\Sigma} = \prod_{k=1}^N m_k.$$

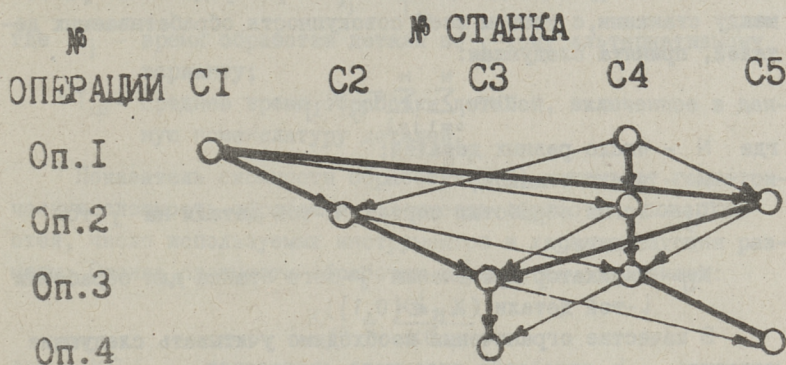
Если удастся соединить несколько последовательных операций $l, l+1, \dots, l+s$ в одну, то число альтернативных вариантов значительно уменьшится до величины:

$$P = \prod_{k=1}^N m_k \left(\prod_{k=l}^{l+s} (m_k - 1) + 1 \right). \quad (2)$$

$k \neq l, \dots, l+s$

На фиг. I показан сетевой график, иллюстрирующий варианты обработки деталей, требующие выполнения 4 операций

при наличии 5 станков (толстыми линиями обозначены варианты на основе формулы (2)).



Фиг. 1. Варианты обработки детали.

При расчете режимов обработки выясняется диапазон изменения их, поскольку режимы резания при максимальной производительности значительно выше, чем при минимальной себестоимости обработки. Предельные значения режимов резания определяются путем приравнивания к нулю производных уравнений расчета себестоимости и производительности относительно скорости резания (v) и подачи (s).

Например, исходя из функции себестоимости [2], получается целевая функция в виде:

$$Z_c = \frac{\pi d L}{1000} \left(\frac{E}{v \cdot s} + \frac{E \cdot t_{cm}}{A_1 \cdot v^{A_2+1} \cdot s^{A_3+1}} + \frac{\varepsilon}{A_1 \cdot v^{A_2+1} \cdot s^{A_3+1}} \right).$$

где d - диаметр обработки;

L - длина обработки;

E - стоимость станкоминуты;

t_{cm} - время смены инструмента;

ε - стоимость эксплуатации режущего инструмента (руб/мин);

A_1 - постоянная в формуле стойкости, не зависящая от компонентов режима резания;

A_2, A_3 - показатели степени в формуле стойкости.

Скорость резания, обеспечивающая минимальную себестоимость обработки, в данном случае определяется:

$$v = \left(\frac{(E \cdot t_{cm} + \varepsilon)(-A_2 - 1)}{A_1 \cdot E \cdot s^{A_3}} \right)^{\frac{1}{A_2}}.$$

Целевая функция для оптимального распределения работ между станками, с учетом всей совокупности обрабатываемых деталей, принята следующая:

$$\min \sum_{i=1}^N \sum_{j=1}^M T_{ij} X_{ij},$$

где N - число разных деталей;

M - число станков;

T_{ij} - время обработки партии i -той детали на j -том станке,

X_{ij} - индикатор применения j -того станка для обработки i -той детали ($X_{ij} \in \{0, 1\}$).

В качестве ограничения необходимо учитывать следующие условия:

$$\sum_{j=1}^M T_{ij} X_{ij} \leq F_j,$$

где F_j - допустимый фонд времени j -того станка,

$$\begin{cases} X_{ij} + X_{i,j+1} = 1, & \text{если применяется } j\text{-тый или } j+1\text{-ый станок;} \\ X_{ij} = X_{i,j+1}, & \text{если после } j\text{-того станка применяется } j+1\text{-ый станок.} \end{cases}$$

При выборе оптимального порядка обработки применяется теория расписаний [3].

Результатом планирования является план-график обработки деталей в ГАПе.

Если в данную номенклатуру деталей добавляется новая деталь d_{N+1} , то сравнивают предварительно альтернативные варианты обработки этой детали. Для сравнения используются оценки загрузки станков, трудоемкости и сложности обработки.

Оценка загрузки станков при обработке детали по j -тому альтернативу выражается отношением:

$$K_{zj} = \frac{3_{срj}}{3_{ср}},$$

где $3_{срj}$ - средняя загрузка станков, применяемых на j -том варианте обработки;

$3_{ср}$ - средняя загрузка станков, составляющих ГАП.

При оценке времени обработки детали применяется отношение:

$$K_{Aj} = \frac{T_j}{T_{cp}},$$

где T_j - время обработки детали по j -тому альтернативному варианту;

T_{cp} - среднее время обработки деталей, включенное в данную номенклатуру деталей.

Показатель сложности обработки (KG) учитывает геометрическую сложность обработки, сложность обработки поверхностей, число используемых инструментов и характеризующие размеры. Оценка сложности обработки выражается отношением:

$$K_{KG} = \frac{KG_{N+1}}{KG_{cp}},$$

где KG_{N+1} - показатель сложности обработки d_{N+1} детали;

KG_{cp} - средняя сложность обработки деталей.

Целевыми функциями при выборе альтернатива, обеспечивающими наибольшую эффективность применения ГАПа, являются:

$$Z = \begin{cases} \min K_{zj}, & \text{если } K_{KG} \leq 0,7; \\ \min K_{zj} \cdot K_{Aj}, & \text{если } 0,7 \leq K_{KG} \leq 1,3; \\ \min K_{Aj}, & \text{если } K_{KG} \geq 1,3. \end{cases}$$

Применение изложенной методики позволяет решать поставленные задачи поэтапно и повышает эффективность применения гибких автоматизированных производств. Соответствующие программы реализованы на УБК СМ-3.

Л и т е р а т у р а

1. М е с а р о в и ч М., М а к о Д., Т а к а х а - р а И. Теория иерархических многоуровневых систем. М., Мир, 1973. 344 с.

2. К а п у с т и н Н.М. Разработка технологических процессов обработки деталей на станках с помощью ЭВМ. М., Машиностроение, 1976. 288 с.

3. Т а н а е в В.С., Ш к у р б а В.В. Введение в теорию расписаний. М., Наука, 1975.

Fertigungsprozessgestaltung für
flexible Fertigungssysteme

Zusammenfassung

In diesem Beitrag sind die Fragen der Gestaltung der technologischen Prozesse sowie der Planung der Teilebearbeitung in flexiblen Fertigungssystemen geklärt worden. Es wurde die Methodik zur Optimierung von Arbeitswerten und für die Einschätzung der alternativen Bearbeitungsvarianten ausgearbeitet.

Die Entscheidungsfindung erfolgt mit Hilfe von zweistufigen Entscheidungsschemas.

ОБ ОДНОМ ПОДХОДЕ К СОЗДАНИЮ ОБЛАСТИ ДОПУСТИМЫХ РЕШЕНИЙ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ ТЕХНОЛОГИИ ОБРАБОТКИ

При автоматизированном методе проектирования технологических процессов логика проектирования для ЭВМ задается технологом. Для уменьшения субъективного подхода за основу берется опыт проектирования многих технологов. Метод, предложенный в [3], основан на синтезе маршрутов и операций для проектирования единичной технологии. В этом методе применяется типизация решений на уровне перехода. Но сложность синтеза маршрута и операции затрудняет разработку соответствующих алгоритмов и программ.

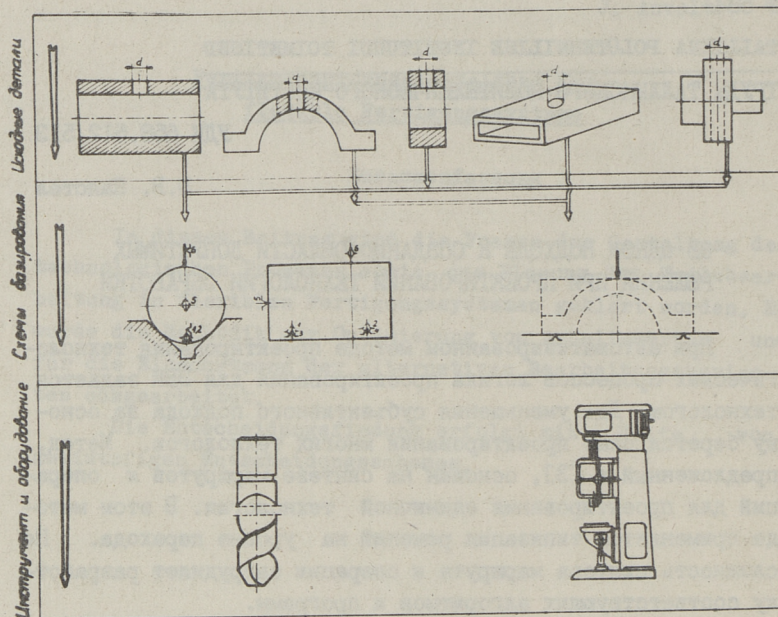
В [1] автоматизированное проектирование основывается на применении обобщенного маршрута обработки. Согласно [1] к базовому маршруту M_i присоединяется маршрут M_j . В результате получается обобщенный маршрут M_{ij}^* . В полученном обобщенном маршруте сохраняется строгая последовательность индивидуальных маршрутов при их выделении. Такой подход предполагает, что ввиду разных традиций проектирования и в зависимости от наличия оборудования, на каждом предприятии необходимо разработать свой обобщенный маршрут, что, учитывая большое разнообразие конструктивных исполнений деталей, имеет значительную трудоемкость.

Согласно [2] деталь рассматривается как объект, состоящий из конечного множества конструктивных элементов

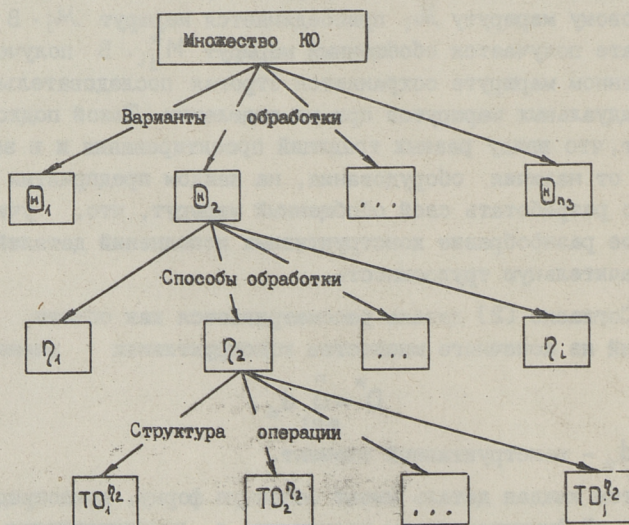
$$D^* = \bigcup_{\alpha=1}^n d_{\alpha},$$

где d_{α} - конструктивный элемент.

При этом каждая деталь имеет основную форму, предопределяющую её функциональным значением, и конструктивные особенности (КО), наличие которых зависит от конструктивной разновидности сборочной единицы, содержащей данную деталь.



Фиг. 1. Общность конструктивных особенностей у различных деталей.



Фиг. 2. Принципы технологического группирования конструктивных особенностей.

Технологический анализ показывает, что независимо от детали при совпадении свойств КО применяют однотипный инструмент и одинаковый режим обработки (фиг. 1). С учетом классификационной группы деталей можно их группировать так, что при обработке КО схемы базирования будут сходные. Это допускает применение групповых приспособлений, т.е. сходной структуры операции.

Таким образом, согласно фиг. 2, можем предложить следующий принцип технологического группирования КО.

Множество классификационных групп можно разделить на подмножества по заданным признакам деления:

$$\Gamma_k = q_1 \wedge q_2 \wedge \dots \wedge q_m = \bigwedge_{i=1}^m q_i.$$

Таковыми признаками могут быть общность формы (валы, валики, втулки), общность размеров, материала и т.п. При этом, согласно определению, $\Gamma_k \neq \phi$.

При анализе обработки КО рассмотрению подвергается одновременно только одна КО, т.е.

$$KO_k = KO_1 \nabla KO_2 \nabla \dots \nabla KO_{m_1} = \bigvee_{j=1}^{m_1} KO_j.$$

Тогда вариант обработки КО определяется как сочетание конструктивной особенности и подмножества классификационных групп

$$\Theta_{km} = \bigvee_{j=1}^{n_1} KO_j \left(\bigwedge_{i=1}^{n_2} \Gamma_{k_i} \right)_j,$$

где $m = 1, 2, \dots, n_3$ - количество вариантов;

$j = 1, 2, \dots, n_1$ - возможное количество КО;

$i = 1, 2, \dots, n_2$ - возможное количество подмножеств классификационных групп.

Из множества возможных вариантов образуется область допустимых решений, в которой необходимо найти подходящие решения для конкретных условий обработки. Если мы имеем набор условий $\{y^g\}$, применяемых для определения качества детали, то существует высказывание:

$$\forall \theta_k \forall y_k^g [\exists \eta_i (\eta_i \in \Pi \exists)] \rightarrow (y^{\eta_i} \equiv y^g),$$

т.е. для всех вариантов обработки и наборов условий существует такой набор переходов обработки из числа применяемых

на конкретном предприятии, который предопределяет выполнение условий качества конкретной детали. При этом набор условий y^{q_i} определяется набором переходов η_i из множества всех возможных переходов $\{ПЭ\}$.

Таким образом выявленный набор переходов будем называть способом обработки.

Способ обработки η_i характеризуется путем достижения заданного состояния поверхности КО, конечного или промежуточного. Способ обработки может состоять из одной или нескольких операций, которые могут быть однопереходными или многопереходными.

Нетрудно доказать, что

$$\forall \eta_k (\exists T O_k) \rightarrow (y^{\eta_i} \equiv y^{q_i}).$$

Это значит, что для всех наборов переходов существует такая структура операции, которая предопределяет получение заданного качества детали.

При этом

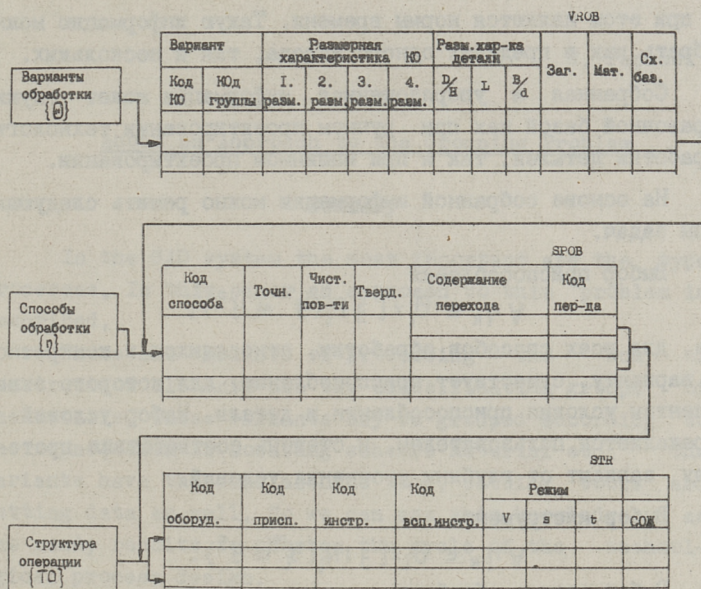
$$T O_k = \left(\bigvee_{i=1}^{p_1} O B_{k_i} \right) \left(\bigwedge_{j=1}^{p_2} I N_{k_j} \right) \left(\bigvee_{m=1}^{p_3} P_{k_m} \right) \left(\bigwedge_{n=1}^{p_4} R_{k_n} \right),$$

т.е. структура операции определяется оборудованием $O B_{k_i}$ и имеющимися на предприятии одним или несколькими инструментами $I N_{k_j}$, приспособлением P_{k_m} и режимами обработки, согласно применяемым инструментам.

Следовательно, учитывая вышесказанное, вместо обобщенного маршрута обработки деталей возможно создать основной маршрут обработки группы деталей и справочную базу типовых технологий обработки КО по различным вариантам.

Такой подход дает возможность разработать оптимальную технологию обработки основной формы детали. Место включения дополнительных операций для обработки КО в основном зависит от традиций завода. Поэтому подгонка системы к условиям завода состоит из разработки условий включения варианта обработки КО и заполнения справочной базы.

На фиг. 3 представлена схема сбора информации для определения вариантов обработки КО.



Фиг. 3. Схема сбора информации для определения вариантов обработки конструктивных особенностей.

На первом уровне выявляются варианты обработки при условии $\Gamma_k = 1$, т.е. для одной группы деталей. Дальнейшее объединение вариантов зависит от заданных условий.

На этом уровне основной информацией являются код КО, код группы и, соответственно, их размерные характеристики. Дополнительной информацией является материал, заготовка, масса детали и схема базирования, которые необходимы при решении задач на последующих этапах.

На втором уровне выявляется способ обработки при различных вариантах. Здесь каждый способ обработки будет связан с конкретным вариантом и содержит набор необходимых переходов. В качестве дополнительной информации указываются условия качества КО ($Y^{КО}$): точность, чистота поверхности и твердость материала.

На третьем уровне собирается информация о структуре операции конкретного способа обработки, содержание которой видно из таблицы STR на фиг. 3. Дополнительной информации

ей при этом являются нормы времени. Такую информацию можно собрать как в пределах одного завода, так и нескольких.

Собранная и упорядоченная информация может служить справочной базой как при ручном проектировании технологии обработки деталей, так и при машинном проектировании.

На основе собранной информации можно решить следующие типы задач.

Выбор приспособления

$$\forall \eta_k \in \Theta_i \times [\exists P_i (y^n \equiv y^g)],$$

т.е. для всех способов обработки, относящихся к конкретному варианту, существует приспособление, для которого эквивалентны условия приспособления и детали. Набор условий определяется пользователем, и степень соответствия прототипу зависит от глубины уточнения условий.

Выбор инструмента

$$\forall \eta_k \in \Theta_i \times [\exists IN_i (y_i^{IN} \equiv y^g)].$$

Выбор режима обработки

$$\forall IN_k \in \eta_i \times [\exists R_j (y_j^R \equiv y^g)],$$

т.е. для каждого инструмента, включенного в имеющийся способ обработки, существует режим обработки, при котором условия выбора режима и детали эквивалентны.

Информация, собранная по вышеописанной методике, допускает уточнение условия, определяющего взаимосвязь элементов операции в модели, приведенной в [2].

Л и т е р а т у р а

1. З а р у б и н В.М., Ка п у с т и н Н.М. и др. Автоматизированная система проектирования технологических процессов механосборочного производства. М., Машиностроение, 1979. 247 с.

2. П а п с т е л Ю.В. Обобщенная модель технологического процесса. - Тр. Таллинск. политехн. ин-та, 1982, № 536, с. 81-92.

3. Ц в е т к о в В.Д. Системно-структурное моделирование и автоматизация проектирования технологических процессов. Минск, Наука и техника, 1980. 264 с.

About an Approach to the Grouping Problem

Summary

In the CAD system the most important are the type processes. In this paper an approach to this problem is described.

There are variants of processing - the sum of construction elements and the classification groups of the details. These variants may be grouped according to the signs, such as locating schemes material etc. The variants have the same machine tool, cutting tools and cutting data as well. So we can use this knowledge as the ready results to shorten the cycle of the technological process design.

УДК 621.9.06.002.54

А.Л. Тамм

РАЗРАБОТКА ОПИСАНИЯ УСТАНОВКИ ЗАГОТОВКИ ДЛЯ
ПОИСКА И ПРОЕКТИРОВАНИЯ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ

При выборе приспособления на операцию важным условием его пригодности является возможность установки заготовки в приспособлении. Понятие "установка" заготовки состоит из понятий базирования и закрепления заготовки [1]. В виде исходных данных при проектировании и выборе (в дальнейшем "проектировании") дается схема базирования (СБ) и схема зажима (СЗ). По аналогии с определением схемы базирования [1], схема зажима определяет расположение зажимных точек на поверхностях заготовки. В системах проектирования САПР-ТП СБ и СЗ описаны в виде формализованного кода, который составлен по договоренным правилам и является изоморфным отображением СБ или СЗ.

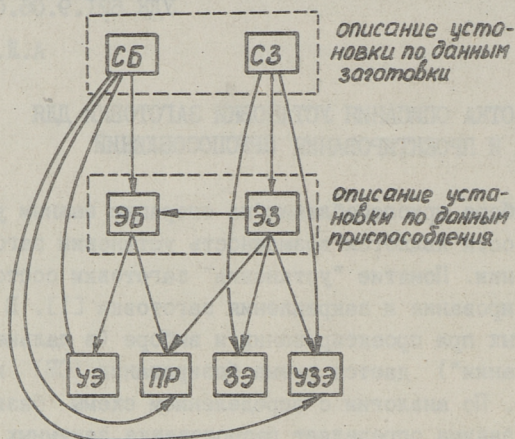
Со стороны приспособления в установке участвуют установочные и **зажимные** элементы приспособления. В целях характеристики намеченных элементов с точки зрения условий установки заготовки, введем понятия элементов базирования и зажима.

Под элементами базирования (ЭБ) понимаются поверхности (или сочетание поверхностей) приспособления (станка), которые в процессе базирования контактируют с заготовкой.

Под элементами зажима (ЭЗ) понимаются поверхности, которые в процессе закрепления вступают в контакт с заготовкой и дополнительно характеризуются направлением действия зажимных усилий.

Элементы базирования и зажима являются важными характеристиками конструкции приспособления и основными признаками при выборе технически приемлемых приспособлений. СБ, СЗ, ЭБ и ЭЗ являются составными элементами (в дальнейшем

"элементы установки") установки заготовки. На фиг. 1 приведена схема взаимосвязи элементов установки с приспособлением (и его элементами). Приведенные взаимосвязи используются при проектировании приспособления.



Фиг. 1. Схема взаимосвязи элементов установки с приспособлением и его основными элементами:
СБ - схема базирования; СЗ - схема зажима; ЭБ - элементы базирования; ЭЗ - элементы зажима; ПР - приспособление; УЭ - установочный элемент; УЗЭ - установочно-зажимной элемент; ЭЗ - зажимной элемент.

При базировании заготовки, как правило, для устранения у заготовки всех степеней свободы надо иметь три базы [1]. Поскольку в приспособлении при установке без выверки используются только реальные базы, то по количеству отнимаемых степеней свободы базы целесообразно группировать на первую, вторую и третью (табл. 1).

Для описания СБ, СЗ, ЭБ и ЭЗ необходимо разработать описание поверхностей, позволяющее с достаточной достоверностью описать реальные поверхности и представить информацию о них в кодированном виде. Детальность описания СБ, СЗ, ЭБ и ЭЗ зависит от условий проектирования (насколько узка номенклатура рассматриваемых приспособлений, какая степень их унификаций и т.п.) и поставленных перед проектировщиком задач (поиск аналога, проектирование приспособления и т.д.).

Т а б л и ц а I

Группа базы	Применяемые в научной литературе базы	Количество от- нимаемых у за- готовки степе- ней свободы
Первая	Установочная [I]	3
	Двойная направляющая [II]	4
	Двойная упорно-направляющая (ба- зирование по конусу с малым уг- лом, по двум конусам)	5
	Винтовая поверхность	5
	Фасонно-направляющая поверхность	до 5
	Объемно-фасонная поверхность	до 6
Вторая	Направляющая [I]	2
	Двойная-опорная [I]	2
	Опорная [I]	1
	Фасонно-направляющая поверхность	до 3
	Винтовая поверхность	3
Третья	Опорная [I]	1

КОД	НАИМЕНОВАНИЕ	ГРАФ. ИЗОБР.
1	линия	
2	плоскость	
3	цилиндр	
4	цилиндрич. отверстие	
5	конус	
6	конусное отверстие	
7	сфера	
8	фасонно-направля- ющая поверхность	
9	объемно-фасонная поверхность	

Фиг. 2. Элементарные поверхности.

Для примера приведено описание поверхностей, предназначенных для использования в системах поиска аналога среди широкой номенклатуры приспособлений. На фиг. 2 приведены элементарные поверхности, выделенные для описания элементов установки. На фиг. 3 приведен фрагмент из таблицы с сочетаниями поверхностей для той же цели. Вид зажима в составе ЭЗ служит для определения направленности зажимных усилий при закреплении заготовки. На фиг. 4 приведено примерное определение видов зажима.

СОЧЕТАНИЯ ЭЛЕМЕНТАРНЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ

ХАРАКТЕРИСТИКА	КОЛИЧЕСТВО	ЭЛЕМЕНТАРНЫЕ ПОВЕРХНОСТИ							
		линия	плоск.	цилиндр	цилинд. отверстие	конус	конусное отверстие	сфера	фасонч. напр. пов.
соотношения в направлении, перпендикулярном к напр. зажима	две элементарных поверхности	11 две линии 	21 две плоск. 	31 два цилиндра 	41 	51 два конуса 	61 два конус. отв. 	71 две сферы 	81 
	две элементарных поверхности	12 две линии 	22 две плоск. 	32 	42 	52 	62 	72 	82 
	три элем. поверхности	13 три линии 	23 три плоск. 	33 три цилиндра 	43 	53 	63 	73 три сферы 	83 
		14 	24 	34 цили. составн. 	44 цили. отв. сост. 	54 конус. составн. 	64 конус. отв. сост. 	74 	84 ф.н.р. составн. 
		15 	25 	35 цили. упруг. 	45 цили. отв. упр. 	55 конус. упругий 	65 конус. отв. упр. 	75 	85 ф.н.р. упругий 
		16 	26 плоск. насечен. 	36 	46 	56 конус. насечен. 	66 конус. отв. нас. 	76 	86 

Фиг. 3. Сочетания элементарных поверхностей (фрагмент).

Применительно ко всем элементам установки необходимо разработать правила для их представления в формализованном виде. При разработке правил следует пользоваться понятиями о трех базах (см. табл. I) и описаниями поверхностей (см. фиг. 2 и 3).

Обобщенный вид формализованного представления элементов установки представляется:

$$K = [X^1 = \{x_1^1, x_2^1 \dots x_n^1\}, X^2 = \{x_1^2, x_2^2 \dots x_n^2\}, X^3 = \{x_1^3, x_2^3 \dots x_n^3\}],$$

где K – формализованное представление элементов установки;

X^1, X^2, X^3 – множества символов $[(x_i^1 \in X^1), (x_i^2 \in X^2), (x_i^3 \in X^3)]$, описывающих в формализованном виде СБ, СЗ, ЭБ и ЭЗ соответственно для первой, второй и третьей баз.

КОД	ХАРАКТЕРИСТИКА НАПРАВЛЕНИЯ ЗАЖИМА	ГРАФИЧЕСКОЕ ИЗОБРАЖЕНИЕ
0	зажим отсутствует	
1	в одном направлении	$\rightarrow$
2	встречного направления – самоцентрирующие	$\rightarrow \leftarrow$
3	встречного направления – плавающие	$\rightarrow \leftarrow$
4	противоположного направления – самоцентрирующие	$\leftarrow \rightarrow$
5	противоположного направления – плавающие	$\leftarrow \rightarrow$
6	радиального расположения – встречного направления; самоцентрирующие	$\begin{array}{c} \downarrow \\ \rightarrow \triangleleft \\ \uparrow \end{array}$
7	радиального расположения – встречного направления; плавающие	$\begin{array}{c} \downarrow \\ \rightarrow \triangleleft \\ \uparrow \end{array}$
8	радиального расположения – противоположного направления; самоцентрирующие	$\begin{array}{c} \uparrow \\ \leftarrow \triangle \rightarrow \\ \downarrow \end{array}$
9	радиального расположения – противоположного направления; плавающие	$\begin{array}{c} \uparrow \\ \leftarrow \triangle \rightarrow \\ \downarrow \end{array}$

Фиг. 4. Определение вида зажима.

Рассмотрим выделение технически допустимых решений приспособлений при помощи элементов установки. Элементы базирования являются изоморфным отображением схемы базирования, также как описания поверхностей элементов зажима являются изоморфным отображением схемы зажима. Между множествами $\{СБ\}$ и $\{ЭБ\}$, $\{СЗ\}$ и $\{ЭЗ\}$, $\{ЭЗ\}$ и $\{ЭБ\}$ существуют бинарные отношения, которые являются комплексными [2]. Существуют некоторые функции выбора элементов базирования $f_1, f_1: СБ \rightarrow ЭБ$ и $f_3, f_3: ЭЗ \rightarrow ЭБ$, элементов зажима $f_2, f_2: СЗ \rightarrow ЭЗ$ такие, что любому элементу из множеств $\{СБ\}$, $\{СЗ\}$ и $\{ЭЗ\}$ соответствуют некоторые подмножества $\{ЭБ'\} \in \{ЭБ\}$, $\{ЭЗ'\} \in \{ЭЗ\}$ и $\{ЭЗ'\} \in \{ЭБ\}$.

Функции выбора элементов установки f_1, f_2 и f_3 состоят из функции выбора для отдельных баз. Так можно, например, написать:

$$f_1 = [(f_1^1: CB^1 \rightarrow \mathcal{E}B^1) \wedge (f_1^2: CB^2 \rightarrow \mathcal{E}B^2) \wedge (f_1^3: CB^3 \rightarrow \mathcal{E}B^3)],$$

где f_1^1, f_1^2, f_1^3 - функции выбора соответственно для первой, второй и третьей баз;

CB^1, CB^2, CB^3 - схема базирования соответственно на первую, вторую и третью базу;

$\mathcal{E}B^1, \mathcal{E}B^2, \mathcal{E}B^3$ - элементы базирования соответственно на первую, вторую и третью базу.

Выбор приспособления и установочно-зажимного элемента приспособления определен функцией f , $f = (f_1 \wedge f_2)$. Выбор установочного элемента определен функцией f_1 и зажимного элемента функцией f_2 . Функцию $f_3, f_3: \mathcal{E}B \rightarrow \mathcal{E}B$ применяют в задачах выделения возможных пар элементов зажима и базирования $\langle \mathcal{E}B, \mathcal{E}B \rangle$ и в задачах унификации.

СХЕМА БАЗИРОВАНИЯ		ЭЛЕМЕНТЫ БАЗИРОВАНИЯ										изображение									
		Условное																			
Условн. изобр.	Код	1	2	3	7	11	12	16	2	3	27	28	29	31	33	333	34	348	35	37	44
	11																				
□	12																				
□	13																				
+	17																				
□	2																				
□ □	23																				
□ +	27																				
□	3																				
□ +	37																				

Фиг. 5. Соответствие схем и элементов базирования на первую базу (фрагмент).

Приведенные функции выбора на отдельные базы реализуют при помощи таблиц соответствий. Пример таблицы, реализующей функцию выбора $f_1^1: CB^1 \rightarrow \mathcal{E}B^1$, приведен на фиг. 5.

Методика может быть применима для:

- выбора технически приемлемых установочных элементов по заданной схеме базирования;

- выбора технически приемлемых зажимных элементов по заданной схеме зажима;

- выбора технически приемлемых приспособлений и установочно-зажимных элементов по заданным схемам базирования и схемам зажима.

Л и т е р а т у р а

1. ГОСТ 21495-76. Базирование и базы в машиностроении. Термины и определения. М., Изд-во стандартов, 1976. 35 с.

2. Макаров И.М., Виноградская Т.М., Рубчинский А.А., Соколов В.Б. Теория выбора и принятия решений. М., Наука, 1982. 328 с.

A. Tamm

Development of the Description of the Setup of a Workpiece for Choosing or Designing the Fixture

Summary

The elements of the setup of a workpiece are described. The possibilities of using the elements of the setup for choosing and designing the fixtures and their components are given.

ВЫБОР ОПТИМАЛЬНЫХ ЭЛЕМЕНТОВ ПРИСПОСОБЛЕНИЙ

При выборе приспособлений в системах САПР-ТП возникает задача выбора состава приспособлений. Процесс выбора элемента приспособления можно разделить на два этапа. На первом этапе происходит выбор технически допустимых элементов. Выбор производится по таким параметрам, как схема базирования, геометрическая форма, материал и размеры заготовки и т.п.

На втором этапе производится выделение самого эффективного решения среди технически допустимых. Выбор производится на основе методики, приведенной в [1], применяя критерии производительности, себестоимости, срока технологической подготовки и точности обработки.

Выбор технически допустимых решений освещен в работе [3]. Далее рассматриваем второй этап - выбор самого эффективного решения.

По общеизвестному принципу при выборе из многих технически приемлемых вариантов предпочтение дают наиболее эффективному - обеспечивающее производство с наименьшими затратами или обеспечивающее наибольшую производительность. Поэтому наибольшую важность при сравнении элементов придаем критериям обеспечения минимальной себестоимости и максимальной производительности обработки (в дальнейшем "второй и первый критерии") [1].

Критерий обеспечения минимального срока технологической подготовки (в дальнейшем "третий критерий") не выделяет непосредственного преимущества какого-то решения в денежном выражении и имеет смысл применения при особенно сжатых сроках технологической подготовки производства. По критерию обеспечения требуемой точности обработки ("четвер-

тый критерий") и по третьему критерию методика выбора аналогична с выбором приспособления [4] и в данной статье не рассматривается.

При выборе оптимальных элементов (в дальнейшем "выбор элементов") по первому и второму критериям требуются следующие данные [1]:

- несовмещенное вспомогательное время;
- количество устанавливаемых заготовок;
- коэффициент увеличения основного времени;
- затраты на оснащение.

Затраты на оснащение для каждого элемента могут быть вычислены по аналогии с затратами на приспособление [1]. Применяемость остальных вышеприведенных данных о приспособлении зависит от функциональной группы элемента и его последующего разделения по признакам в группе.

Далее рассматриваем особенности выбора элементов отдельных функциональных групп.

Элементом приспособления называем часть конструкции приспособления, которую в процессе проектирования уже нецелесообразно расчленять на более мелкие составляющие.

По основным функциям в приспособлении все элементы принято относить к следующим функциональным группам:

- установочные;
- зажимные;
- приводные;
- корпусные;
- направляющие;
- делительные;
- копировальные.

В реальных конструкциях нерасчленяемой частью конструкции часто является такая, которая выполняет одновременно несколько приведенных выше основных функций. Такими являются, например, установочно-зажимные элементы, выполняющие одновременно функцию установочных и зажимных элементов - т.е. базирования и закрепления заготовки. Эту группу, как широко применяемую, следует выделить дополнительно к приведенным выше, в виде самостоятельной группы.

Кроме этой группы в конструкциях переналаживаемых приспособлений часто встречаются и другие подобные элементы. Таковыми являются, например:

- зажимный элемент с приводом;
- корпусной элемент с приводом (базисный агрегат)
- и т.д.

При составлении алгоритмов вычитания значений приоритетов при выборе элементов следует учитывать выполняемые элементами функции в приспособлении.

Например, нет возможности сравнивать зажимные элементы без привода по первому критерию, а при наличии привода в элементе эта возможность существует и т.п.

С другой стороны, выбор элемента одной функциональной группы может быть осуществлен как выбор одной конструкции или как состоящая из набора конструкций. Так, например, выбор элементов для базирования заготовки (установочных элементов) может быть осуществлен:

- выбором нерасчищенного элемента, обеспечивающего полное базирование заготовки;
- выбором набора элементов, обеспечивающих полное базирование заготовки [2].

В качестве примера рассмотрим выбор элементов по некоторым функциональным группам:

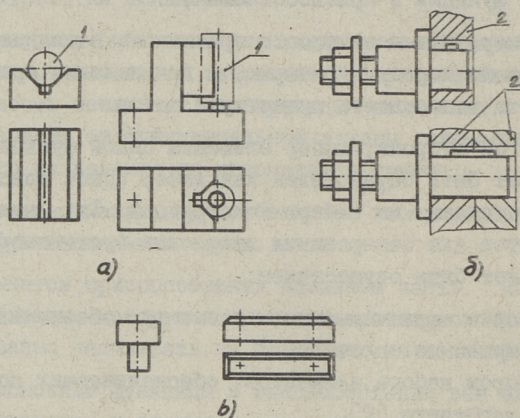
I. Выбор установочных элементов

На результат выбора установочного элемента влияют затраты на оснащение альтернативных вариантов и в зависимости от сложности элемента может время повлиять на установку заготовки и количество устанавливаемых заготовок.

При выборе относительно простых установочных элементов (фиг. 1, в) нет прямой возможности выделения разницы в производительности приспособления с применением одного или другого элемента. В этом случае применение того или другого элемента не влияет на производительность обработки.

Для определения вспомогательного времени на установку заготовки при применении какого-то установочного элемента

требуется знание характеристик элемента, определяющих быстру (удобство) установки заготовки и расположение этого элемента в пространстве. Например, установка заготовки может быть осуществлена на плоскость и два пальца, на призму, во втулку и т.п. Эти характеристики содержатся в описании данного элемента в виде кода элементов базирования [2]. Информация расположения элемента в пространстве (горизонтальное, вертикальное) определяется исходными данными для проектирования.

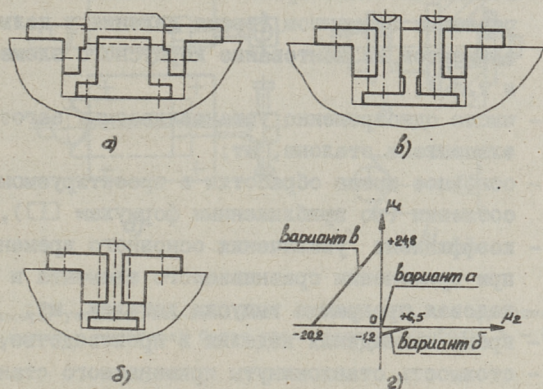


Фиг. 1. Примеры установочных элементов: а и б - оказывают влияние на производительность по количеству устанавливаемых заготовок и по вспомогательному времени, связанного с установкой заготовки.

Установочное время выбираем при помощи справочных таблиц (пример приведен в [1]).

Вспомогательное время на установку заготовки определяется только тогда, когда рассматриваемый элемент отнимает у заготовки не менее трех степеней свободы (т.е. как минимум описано базирование заготовки на первую базу [2], фиг. 1, а и б).

На фиг. 2 в качестве примера приведены три конструкции установочных элементов, предназначенных для базирования цилиндрических деталей при обработке фаски на торцевой поверхности. Обработка происходит в самоцентрирующих переналаживаемых тисках. При обработке по схемам фиг. 2, а и б и в



Фиг. 2. Пример выбора установочного элемента с вычислением значений приоритетов: а, б и в – различные конструкции установочных элементов; г – распределение приоритетов.

время на установку заготовки и затраты на оснащение различные. Число одновременно устанавливаемых заготовок и коэффициент увеличения основного времени при обработке по схемам а и б отличаются от соответствующих данных по схеме в. Вычисляем для рассматриваемых вариантов значения приоритетов по первому и второму критериям. Эталонным принимаем решение, приведенное на фиг. 2, а.

Для определения приоритета используем выражения, приведенные в [1]:

$$\mu_1(\text{PR}_i) = \left[1 - \frac{(t_{yi} + t_{zi} + t_{ni} + t_0 \cdot K_{oi}) \cdot n_3}{(t_{y3} + t_{z3} + t_{n3} + t_0 \cdot K_{o3}) \cdot n_i} \right] \cdot 100, \quad (1)$$

$$\mu_2(\text{PR}_i) = \left[1 - \frac{\frac{t_{yi} + t_{zi} + t_{ni} + t_0 \cdot K_{oi}}{n_i} \cdot N \cdot T \cdot q + P_i}{\frac{t_{y3} + t_{z3} + t_{n3} + t_0 \cdot K_{o3}}{n_3} \cdot N \cdot T \cdot q + P_3} \right] \cdot 100, \quad (2)$$

где t_{yi}, t_{y3} – вспомогательное время при применении элемента и эталона на установку и снятие заготовки;
 t_{zi}, t_{z3} – вспомогательное время при применении элемента и эталона на закрепление (открепление) заготовки;

t_{n_i}, t_{n_s} - вспомогательное время элемента и эталона на управление элементом (время деления у делительных элементов, на кантование корпусного элемента и т.п.);

n_i, n_s - число одновременно устанавливаемых заготовок в элементе и эталоне, шт;

t_0 - основное время обработки в проектируемом приспособлении (по приближенным формулам [1]),

K_{o_i}, K_{o_s} - коэффициент увеличения основного времени (t_0) при применении сравниваемого элемента и эталона;

N - годовая программа выпуска деталей, шт;

T - время нахождения изделия в производстве, год;

q - стоимость станкоминуты применяемого станка, руб;

P_s, P_i - затраты на оснащение операции эталоном и сравниваемым элементом, руб.

Результаты вычислений представлены на графике (фиг. 2, с).

По первому критерию наилучшую оценку получило решение "в" и по второму критерию решение "б". Комплексный приоритет, при одинаковых важностях двух критериев, дает предпочтение решению "б".

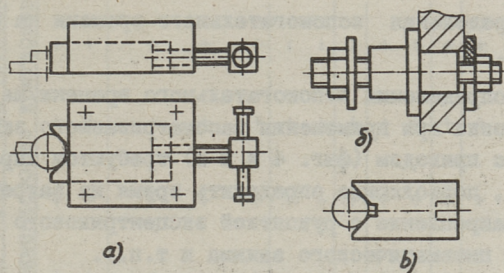
2. Выбор установочно-зажимных элементов

В данной работе под установочно-зажимным элементом подразумевается элемент приспособления, который выполняет одновременно функции базирования и закрепления заготовки.

При выборе установочно-зажимных элементов по технико-экономическим критериям остается в силе все то, что рассматривалось при выборе установочных элементов. Дополнительно уже учтенным затратам времени может быть добавлено время, затрачиваемое на закрепление заготовки (t_3).

В целях разделения установочно-зажимных элементов по возможности выявления t_3 , элементы целесообразно разделить на элементы с приводом и без привода (фиг. 3).

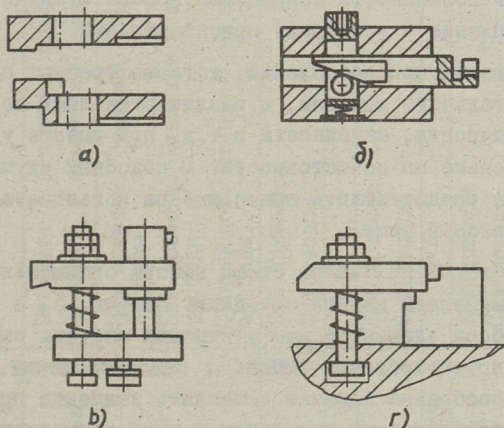
Более точное сравнение удастся произвести в том случае, если при помощи этих элементов у устанавливаемых заготовок отнимается не менее трех степеней свободы и элементы имеют привод.



Фиг. 3. Примеры установочно-зажимных элементов: а - с приводом; б - отнимающее у заготовки более трех степеней свободы; в - без привода.

3. Выбор зажимных элементов

На результат выбора зажимного элемента влияют затраты на оснащение и затрачиваемое вспомогательное время на закрепление заготовок альтернативных вариантов. При выборе зажимных элементов без привода (фиг. 4, а и б) нет прямой возможности выделения разницы в производительности приспособления с применением одного или другого элемента - нет возмож-



Фиг. 4. Примеры зажимных элементов: а и б - без привода; в - с гидравлическим приводом; г - с ручным приводом.

ности определения вспомогательного времени на закрепление заготовки.

Для определения вспомогательного времени на закрепление заготовки при применении рассматриваемого зажимного элемента с приводом (фиг. 4 в и г) требуются характеристики элементов, позволяющие определить время на закрепление (например, закрепление с рукояткой эксцентрикового зажима, с рукояткой пневматического зажима и т.п.).

Эти данные содержатся в описании зажимного элемента. Время на закрепление выбирается по справочным таблицам, в зависимости от способа закрепления и веса заготовки.

При выборе элементов остальных функциональных групп имеются аналогичные особенности, которые здесь не рассматриваются.

В таблице I приведена применимость общих критериев при выборе элементов приспособлений, принадлежащих к разным функциональным группам и имеющих различные характеристики элементов.

На результат выбора различных вариантов элементов приспособлений по первым двум критериям наибольшее влияние оказывает возможность сокращения вспомогательного времени на закрепление и установку приспособления.

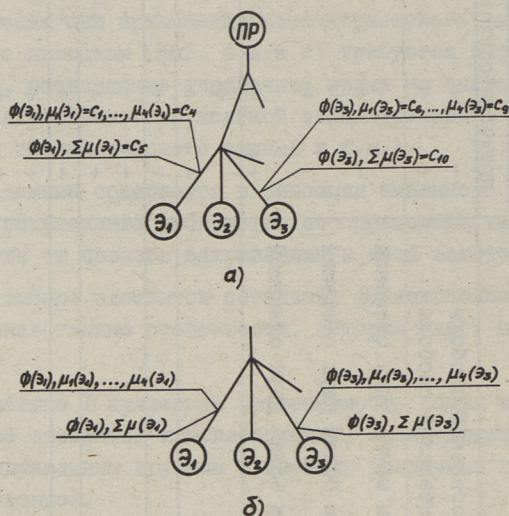
Элементы приспособлений, которые требуют одинакового вспомогательного времени, а различаются лишь по жесткости, технологичности, надежности и т.д. при выборе удается сравнивать только по себестоимости. В подобных случаях целесообразно предоставлять право выбора пользователю, применяя диалоговый режим.

На фиг. 5 приведена схема выбора оптимального элемента с применением данной методики. На фиг. 5, а приведена схема выбора элементов при уточнении состава описанного в системе проектирования типового приспособления. В этом случае целесообразно заранее вычислить значения приоритетов по всем рассматриваемым критериям и тем самым построить соотношение превосходства на множестве альтернативных решений. В ходе выбора элемента определяются технически допустимые решения по выражениям $\Phi(X)$ [3], а затем из совокупности вы-

Применяемость общих критериев при выборе элементов приспособлений

Функциональная группа элементов	Характеристика элементов	Общие критерии выбора				применяемость критериев
		пер- вый	вто- рой	тре- тий	чет- вертый	
Установочные	Отнимают у заготовки менее трех степеней свободы	-	+	+	+	+
	Отнимают у заготовки более двух степеней свободы	+	+	+	+	+
Установочно- зажимные	Без привода. Отнимают у заготовки менее трех степеней свободы	-	+	+	+	+
	Без привода. Отнимают у заготовки более двух степеней свободы	+	+	+	+	+
	С приводом. Отнимают у заготовки более двух степеней свободы.	+	+	+	+	+
Зажимные	Без привода	-	+	+	+	-
	С приводом	+	+	+	+	-
Приводные	-	+	+	+	+	-
Корпусные	Без привода	-	+	+	+	+
	С приводом	+	+	+	+	+
Направляющие	-	-	+	+	+	+
Детальные	Без привода	+	+	+	+	+
	С приводом	+	+	+	+	+
Копировальные	-	-	+	+	+	+

бранных технически допустимых решений выделяется элемент с наивысшим приоритетом, который и является оптимальным решением.



Фиг. 5. Схема выбора оптимального элемента приспособления: а - при уточнении состава типового приспособления; б - при поиске элемента аналога; $\Phi(x)$ - логическое условие выбора элемента; $\mu_i(\mathcal{E}_j)$ - с - значение приоритета по i -тому критерию j -того элемента; $\Sigma \mu_j$ - с - значение комплексного приоритета j -того элемента.

На фиг. 5, б приведена схема выбора элемента-аналога при проектировании нового приспособления. Здесь технически допустимые решения выделяют из всех решений, имеющихся в базе данных элементов. В этом случае предварительное определение приоритетов затруднено. В процессе выбора каждого элемента вычисляют значения приоритетов и их сопоставлением выявляют оптимальный вариант.

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

Л и т е р а т у р а

И. М е с и л а Р.А., Т а м м А.Л. Разработка приоритетов при выборе приспособлений. - Тр. Таллинск. политех. ин-та, 1982, № 536, с. 49-60.

2. Т а м м А.Л. Разработка описания установки заготовки при выборе и проектировании приспособлений. См. наст. сб., с.

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

4. Т а м м А.Л. Определение погрешности установки перенастраиваемых приспособлений. - Тр. Таллинск. политехн. ин-та, 1982, № 536, с. 39-48.

A. Tamm

Choice of the Most Rational Versions
of Fixture Components

Summary

The article deals with the problem of choosing the most rational versions of fixture components. The choice of technically acceptable fixture components is made on the basis of several factors.

The specific features of choosing fixture components of different functional groups are treated of.

ВЫБОР ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ СРЕДСТВ ПРИ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКЕ

При проектировании операций механической обработки мелкосерийного производства процесс выбора средств измерений, как правило, ограничивается анализом средств измерения по точности и возможности их использования для контроля на данной операции [1]. Проводить экономический анализ эффективности использования средств измерения считается нецелесообразным ввиду малой стоимости применяемых средств измерения.

В случае автоматизации проектирования технологических процессов, когда вся необходимая информация о средствах измерения сосредоточена в банке данных, анализ выбираемых средств измерения желательно проводить более обоснованно.

Процесс выбора при автоматизированном проектировании можно разделить на следующие стадии:

- выявление применимости средств измерения;
- установление пределов точности;
- минимизация затрат на измерение.

Выбор измерительных приборов на первых двух стадиях может быть реализован в виде определенных условий и ограничений. Например, допустимая точность средства измерения по верхнему и нижнему пределам определяется:

$$T \cdot \alpha_1 \geq \Delta_{изм} \geq T \cdot \alpha_2,$$

где T - допуск на выполняемый размер;

α_1, α_2 - коэффициенты точности, соответственно по нижнему и верхнему пределам;

$\Delta_{изм}$ - погрешность измерения прибора.

Экономический анализ сводится к определению расходов C по применению выбираемого средства измерения на данной операции

$$C = A_u + U + C_0,$$

где A_u — затраты, связанные с использованием средства измерения;

U — затраты на зарплату рабочему, производящему измерения;

C_0 — издержки, связанные с ошибками первого и второго рода.

Затраты, связанные с использованием средства измерения, определить точно на стадии проектирования технологического процесса довольно трудно из-за отсутствия данных о состоянии средств измерения, их износа в процессе эксплуатации. Оценку затрат можно провести приближенно по зависимости.

$$A_u = \frac{C_u(1+\gamma) \cdot t_{\text{ум}}}{60 \cdot S},$$

где C_u — стоимость нового измерительного средства;

γ — коэффициент, учитывающий расходы, связанные с эксплуатацией и ремонтом средства измерения ($\gamma = 0,2-0,3$);

$t_{\text{ум}}$ — штучное время на рассматриваемой операции;

S — срок амортизации измерительного прибора в часах.

Издержки, связанные с ошибками первого и второго рода, могут быть определены следующей формулой:

$$C_0 = C_2 + 2 \cdot C_g \cdot \varphi \cdot \left(1 - \prod_{i=1}^K (1 - m_i)\right),$$

где C_2 — потери в связи с выбраковкой годных деталей или расходы на выявление годных деталей из числа забракованных;

C_g — себестоимость изготовления детали;

φ — коэффициент трудоемкости сборки ($\varphi = 0,1-0,4$);

m_i — процент неправильно принятых деталей, определяемый по методике [3];

K — количество измеряемых размеров на данной операции.

Если все случайно забракованные детали идут в брак, то

$$C_2 = C_g \cdot \left(1 - \prod_{i=1}^K (1 - n_i)\right),$$

где n_i - процент неправильно забракованных деталей, определяемый по методике [3].

Выбирать средства измерения приходится до завершения всего технологического процесса, когда себестоимость изготовления детали еще не известна, поэтому себестоимость C_g может быть определена предварительно приближенно по зависимости

$$C_g = M + j C_m \cdot t_{\text{шм}},$$

где M - стоимость заготовки;

j - количество операций в технологическом процессе;

C_m - сумма приведенных затрат по всем статьям на одну станкоминуту [2];

$t_{\text{шм}}$ - штучное время на рассматриваемую операцию.

Предпочтение отдается тому измерительному средству, расходы по применению которого наименьшие.

Л и т е р а т у р а

1. Справочник контролера-машиностроительного завода / Под редакцией А.И. Якушева. Издание третье, переработанное и дополненное. М., Машиностроение, 1980. 527 с.

2. Справочник технолога машиностроителя. Том 2 / Под редакцией проф. А.Н. Малова. М., Машиностроение, 1972. 568 с.

3. Методические указания по внедрению ГОСТ 8.051-73: "Погрешности, допустимые при измерении линейных размеров от 1 до 500 мм РДМУ 98-77". М., Изд-во стандартов, 1977. 52 с.

V. Jutman

R. Mesila

The Choice of Measuring Devices

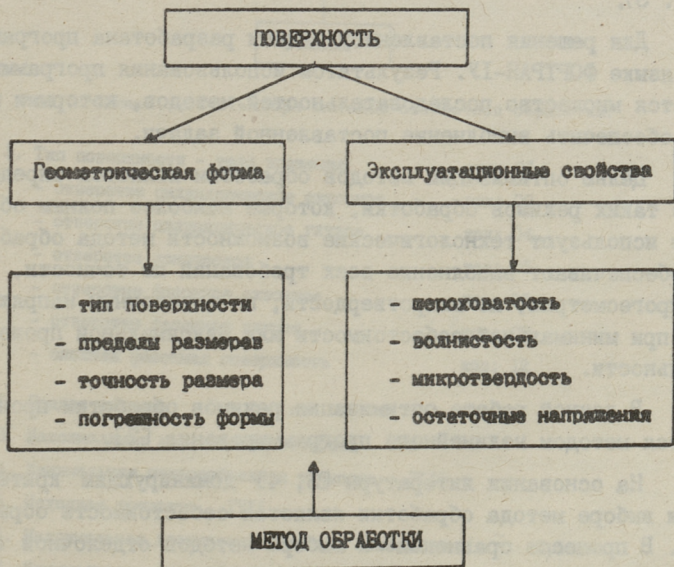
Summary

The article deals with the problem of choosing measuring devices in the system of computer aided technological process planning. Within the limits of technical possibility or accuracy minimum measuring cost must be taken into account.

ОПТИМАЛЬНЫЙ ВЫБОР МЕТОДОВ ОТДЕЛОЧНОЙ ОБРАБОТКИ И ОПТИМИЗАЦИЯ ИХ ПАРАМЕТРОВ

В большинстве современных систем автоматизированного проектирования технологических процессов очень остро встал вопрос о придании им свойства принятия решений. Одним из первых решений при разработке технологических процессов является выбор метода обработки.

В данной статье рассматривается методика принятия решения при выборе методов отделочной обработки деталей с помощью ЭВМ.



Фиг. 1. Технологические параметры, описывающие состояние поверхности.

Исходными данными являются те, которые описывают геометрию, точность и состояние поверхностного слоя обрабатываемых деталей.

Обработанная деталь должна соответствовать конкретным требованиям, определяемым служебным значением. Требования выражаются конкретными технологическими параметрами. Используемый метод обработки должен обеспечить выполнение этих требований (см. фиг. 1).

Для решения задачи выбора методов отделочной обработки используется теория выбора и принятия решения [1]. Общая задача принятия решений сводится к решению двух последовательных задач выбор. Исходным является универсальное множество всех методов отделочной обработки (см. фиг. 2).

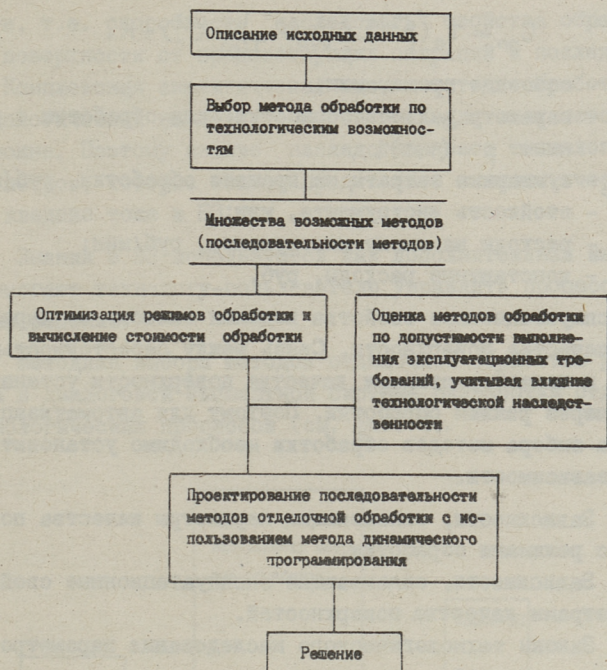
В процессе выбора методов отделочной обработки по технологическим возможностям проводится логический контроль пригодности конкретного метода для выполнения требований исходной задачи. Соответственное сравнение приводится по данным, накопленным в модулях выбора методов обработки (см. фиг. 3).

Для решения поставленной задачи разработана программа на языке ФОРТРАН-IV. Результатом использования программы является множество последовательностей методов, которыми можно обеспечить выполнение поставленной задачи.

Целью оптимизации методов обработки является определение таких режимов обработки, которые наиболее полным образом используют технологические возможности метода обработки и обеспечивают выполнение всех требований по точности, по микрогеометрии, по микротвердости, по остаточным напряжениям при минимальной себестоимости или максимальной производительности.

В данной работе оптимизация режимов обработки производится методом нелинейного программирования [2].

На основании литературы [3, 4] доминирующим критерием при выборе метода обработки является себестоимость обработки. В процессе сравнения и выбора методов отделочной обработки более целесообразно использовать переменную часть формулы себестоимости обработки. В данной работе целевой функцией используется формула:



Фиг. 2. Общая задача выбора методов отделочной обработки.

- | | |
|--|---------|
| 1. Тип поверхности - тело вращения | код: 01 |
| - отверстие цилиндрическое сквозное | код: 03 |
| - отверстие цилиндрическое глухое | код: 04 |
| - отверстие коническое | код: 05 |
| - отверстие фасонное сквозное | код: 06 |
| - отверстие фасонное глухое | код: 07 |
| - сложная фасонная поверхность | код: 12 |
| 2. Предел размера $D \geq 0,5$ мм | |
| 3. Максимальная достигаемая точность IT8 | |
| 4. Минимальная целесообразная точность IT10 | |
| 5. Исходная точность IT11 | |
| 6. Максимальная достигаемая чистота поверхности $R_a \geq 0,5$ мкм | |
| 7. Минимальная целесообразная чистота поверхности $R_a \geq 1,0$ мкм | |
| 8. Исходная шероховатость $R_a \geq 2,5$ мкм. | |

Фиг. 3. Модуль выбора электроэрозионной обработки.

$$C_{оп} = t_0(p) \left(\sum C_{обр} + \frac{1}{T(p)} \cdot C_{ин} \right) + K,$$

где t_0 - основное время, мин;

p - параметр режимов обработки, для обработки с резанием $p = (v, s)$;

$\sum C_{обр}$ - суммарные затраты на процесс обработки, руб/мин;

T - стойкость инструмента, мин;

$C_{ин}$ - расходы на смену инструмента, руб/мин;

K - константные расходы, руб.

Эксплуатационные свойства изделия зависят от характеристик качества поверхности. Связь между себестоимостью обработки и характеристиками качества поверхности устанавливается через режимы обработки. Поэтому для автоматизации процесса выбора методов обработки необходимо установить следующие зависимости.

1. Зависимости, связывающие параметры качества поверхностей с режимами обработки.

2. Зависимости, связывающие эксплуатационные свойства с параметрами качества поверхностей.

3. Законы технологического наследования параметров качества поверхностей.

Эти зависимости используются при оптимизации режимов обработки в виде ограничений.

В результате нелинейной оптимизации получается оптимальная себестоимость обработки $C_{оп}$, вычисленная для каждого исследуемого метода.

Окончательный выбор рациональной последовательности методов отделочной обработки производится методом динамического программирования [5].

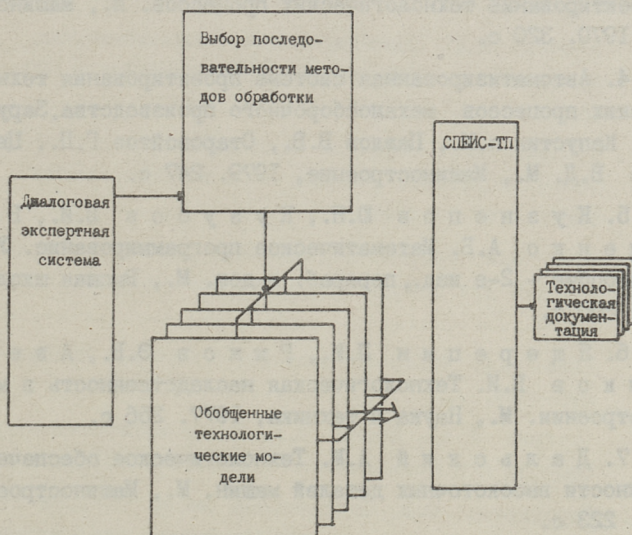
Имеется более исследуемые методы обработки, для которых установлены выше описанные зависимости. Но есть много методов обработки, особенно новые виды обработки, для которых сведения остаются недостаточными. Для таких методов накоплены опубликованные опытные и справочные знания. Эти знания систематизированы и введены в базы знаний (БЗ).

При проектировании последовательностей методов обработки надо учитывать влияние технологической наследствен-

ности, т.е. способность "наследовать" свойства обрабатываемой поверхности от предшествующих операций к последующим [5, 6]. Комплексная аналитическая оценка метода обработки по технологической наследственности пока для всех методов невозможна. Поэтому знание наследственности технологических параметров, которые нельзя представить в аналитическом виде, введено тоже в БЗ.

Знания в БЗ используются как дополнительная информация и помогают технологу-пользователю управлять процессом принятия решений.

Методика выбора методов отделочной обработки реализована в диалоговой экспертной системе разработки отделочных технологических процессов (см. фиг. 4).



Фиг. 4. Диалоговая экспертная система выбора методов отделочной обработки.

Технологические процессы в системе разработаны в виде обобщенных моделей. Модели соответствуют правилам описания технологических моделей в системе СПЕИС-ТП. Система СПЕИС-ТП разработана в Таллинском политехническом институте на кафедре технологии машиностроения.

Данная методика позволяет решить задачу выбора целесообразного способа отделочной обработки и разработать по полученным данным оптимальный технологический процесс. Тем самым она повышает уровень эффективности применения систем автоматизированного проектирования технологических процессов.

Л и т е р а т у р а

1. Теория выбора и принятия решения. Учебное пособие. М., Наука, 1982. 328 с.
2. Х и м м е л ь б л а у Д. Прикладное нелинейное программирование. М., Мир, 1975.
3. М а т а л и н А.А. Точность технической обработки и проектирование технологических процессов. М., Машиностроение, 1970. 320 с.
4. Автоматизированная система проектирования технологических процессов механосборочного производства. Зарубин В.М., Капустин н.М., Павлов В.В., Старовойтов Г.П., Цветиков В.Д. М., Машиностроение, 1979. 247 с.
5. Кузнецов Ю.Н., Кузубов В.И., Волощенко А.Б. Математическое программирование. Учебное пособие - 2-е изд., перераб. и доп. М., Высшая школа, 1980. 300 с.
6. Я щ е р е ц и н П.И., Рыжов Э.В., Аверченков В.И. Технологическая наследственность в машиностроении. М., Наука и техника, 1977. 256 с.
7. Д а л ь с к и й А.М. Технологическое обеспечение надежности высокоточных деталей машин. М., Машиностроение, 1975. 223 с.

Optimal Choice of Finishing Methods
and Optimization of Their Parameters

Summary

The article deals with the problem of optimal choice of the arrangement of finishing methods.

Using dynamic programming minimizes substantially the optimal decision making time.

The methods of calculating the necessary parameters and the possibility of using the dynamic programming technique have been brought out.

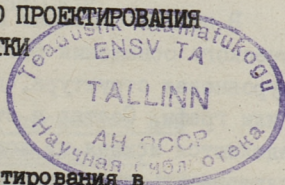
С о д е р ж а н и е

I.	Кюттнер Р.А. Представление алгоритмов проектирования в инструментальных системах построения САПР-ТП.....	3
2.	Кюттнер Р.А. Проектирование и реализация информационной среды работы САПР-ТП.....	15
3.	Караулова Т.Н., Месиля Р.А., Эльяс О.М. Описание проблемной области средств технологического оснащения САПР-ТП.....	27
4.	Эльяс О.М. Интерфейс с базами данных САПР.....	33
5.	Некрасов Г.И., Портянский Л.А. Геометрическая модель объекта в САПР-ТП.....	39
6.	Анвелът Д.Д. Проектирование технологических процессов для гибкого автоматизированного производства.....	49
7.	Папстел Ю.В. Об одном подходе к созданию области допустимых решений при проектировании технологии обработки.....	55
8.	Тамм А.Л. Разработка описания установки заготовки для поиска и проектирования приспособления.....	63
9.	Тамм А.Л. Выбор оптимальных элементов приспособлений.....	71
10.	Месиля Р.А., Отман В.А. Выбор измерительных средств при механической обработке.....	83
II.	Каннельмяэ Ю.Э. Оптимальный выбор методов отделочной обработки и оптимизации их параметров.	87

АВТОМАТИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ
ПРОЦЕССОВ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ

Машиностроение ХХП

УДК 658.512:62I.4



Представление алгоритмов проектирования в
инструментальных системах построения САПР-ТП.

Коттнер Р.А. - Труды Таллинского политехнического
института, 1984, № 584, с. 3-14.

В статье рассмотрены вопросы разработки программ функционального наполнения систем автоматизированного проектирования технологических процессов (САПР-ТП). Описана методика спецификации программ на базе введенного т.н. "метаалгоритма проектирования" и системы моделей понятий и объектов предметной области САПР-ТП. Рассмотрены возможности применения приемов систем искусственного интеллекта.

Фигур - 6, библиографических наименований - 8.

УДК 62I.9.06.002.2

Проектирование и реализация информационной среды
работы САПР-ТП. Коттнер Р.А. - Труды Таллинского
политехнического института, 1984, № 584, с. 15-26.

В статье рассмотрены вопросы построения моделей предметной области (ПО), систем автоматизированного проектирования технологических процессов (САПР-ТП).

Описание ПО САПР-ТП рассмотрено в виде решетки. Введено отношение аппроксимации между различными понятиями ПО и дана интерпретация этого отношения. Объекты ПО реализованы в виде определенных обобщенных структур баз данных. Операции манипулирования ими рассмотрены как операции манипулирования абстрактными типами данных.

Фигур - 7, библиографических наименований - 9.

УДК 621.9.06.002.2

Описание проблемной области средств технологического оснащения САПР-III. Караулова Т.Н., Месиля Р.А., Эльяс О.М. - Труды Таллинского политехнического института, 1984, № 584, с. 27-32.

В статье описание проблемной области средств технологического оснащения рассматривается как иерархическая многоуровневая структура, для реализации которой использованы и/или графы. Состав и структура семантических понятий определяются исходя из конкретных требований решаемых задач. Пользователь имеет возможность дополнить базовый набор новыми понятиями, уточнить понятия или объединить группу подпонятия в более общее понятие (суперпонятие), что существенно повысит эффективность реализации информационно-поисковых задач. Разработаны соответствующие процедуры манипулирования.

Фигур - 2, библиографических наименований - 2.

УДК 621.9.06.002.2

Интерфейс с базами данных САПР. Эльяс О.М. - Труды Таллинского политехнического института, 1984, № 584, с. 33-38.

В статье рассмотрены вопросы организации интерфейса между СУБД и функциональным программным обеспечением САПР. Описаны некоторые существующие методы организации интерфейса. Предлагается метод организации интерфейса, основанный на использовании метода абстракции, названный в статье специальной абстрактной машины. Отмечены некоторые преимущества предлагаемого метода.

Фигур - 2, библиографических наименований - 4.

УДК 658.512:621.14

Геометрическая модель объекта в САПР-III.

Некрасов Г.И., Портянский Л.А. - Труды Таллинского политехнического института, 1984, № 584, с. 39-47.

В статье рассматривается метод описания геометрии детали как формирование пользователем модели объекта на проблемно-ориентированном языке высокого уровня. Спецификация

модели объекта осуществляется геометрическими понятиями, атрибутами, параметрами и их взаимосвязями. Решены вопросы графического вывода изображений с использованием системы машинной графики.

Рассматриваемая система реализована для ЭВМ ЕС и является одной из частей инструментальной САПР.

Фигур - 4, библиографических наименований - 6.

УДК 621.90.002

Проектирование технологических процессов для гибкого автоматизированного производства.

Анвельт Ю.Ю. - Труды Таллинского политехнического института, 1984, № 584, с. 49-54.

Рассматриваются вопросы комплексного проектирования технологических процессов для гибкого автоматизированного производства. Разработана методика для оптимизации режимов обработки и для предварительной оценки альтернативных вариантов обработки. Применяется двухуровневая схема принятия решений.

Фигур - 1, библиографических наименований - 3.

УДК 658.512/513

Об одном подходе к созданию области допустимых решений при проектировании технологии обработки.

Папстел Ю.В. - Труды Таллинского политехнического института, 1984, № 584, с. 55-61.

В данной статье предлагается методика разработки типовой технологии для обработки конструктивных особенностей путем объединения однотипных элементов (отверстия, пазы и т.п.) по классификационным группам по принципу единства базирования. Собранная по предлагаемой методике информация может служить справочной базой как при ручном, так и при машинном проектировании технологии.

Фигур - 3, библиографических наименований - 3.

УДК 621.9.06.002.54

Разработка описания установки заготовки для поиска и проектирования приспособлений. Тамм А.Л. - Труды Таллинского политехнического института, 1984, № 584, с. 63-69.

Приведено описание составляющих установки заготовки: схем базирования, схем зажима и т.д. Рассматриваются возможности применения составляющих установки при поиске и проектировании приспособления и его элементов. Приведены примеры.

Таблиц - I, фигур - 5, библиографических наименований - 2.

УДК 621.9.06.002.54

Выбор оптимальных элементов приспособлений. Тамм А.Л. - Труды Таллинского политехнического института, 1984, № 584, с. 71-81.

Описывается выбор рационального варианта элементов приспособления. Выбор производится из числа технически приемлемых решений на основе технико-экономических критериев. Рассматриваются особенности выбора элементов различных функциональных групп. Приводятся соответствующие примеры.

Таблиц - I, фигур - 5, библиографических наименований - 4.

УДК 621.9.06.002.2

Выбор измерительных средств при механической обработке. Месиля Р.А., Ютман В.А. - Труды Таллинского политехнического института, 1984, № 584, с. 83-85.

В статье рассматриваются вопросы выбора средств измерений в САПР-ТП. Кроме ограничений технической применимости или точности необходимо учитывать минимизацию затрат на измерение. Приведены соответствующие приближенные зависимости.

Библиографических наименований - 3.

Оптимальный выбор методов отделочной обработки
и оптимизация их параметров. Каннельмяэ Д.Э. -
Труды Таллинского политехнического института,
1984, № 584, с. 87-93.

Работа посвящена вопросам выбора методом отделочной обработки. В статье рассматривается методика процесса принятия решения при выборе методов отделочной обработки с помощью ЭВМ. Исследованы возможности описания исходных данных и технологических методов, разработана методика для выбора методов отделочной обработки исходя из точности и эксплуатационных свойств обрабатываемого поверхностного слоя.

Фигур - 4, библиографических наименований - 7.

Цена 60 коп.