

№ 6.7
517

ISSN 0136-3549

0320-3344

TALLINNA
POLÜTEHNILISE INSTITUUDI
TOIMETISED

517

ТРУДЫ ТАЛЛИНСКОГО
ПОЛИТЕХНИЧЕСКОГО
ИНСТИТУТА

ТРИ
'81

АВТОМАТИЗАЦИЯ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО
ПРОЕКТИРОВАНИЯ
ПРОЦЕССОВ
МЕХАНИЧЕСКОЙ
ОБРАБОТКИ



Ер. 6.7
Т

517

ТРИ
'81

TALLINNA POLÜTEHNILISE INSTITUUDI TOIMETISED

ТРУДЫ ТАЛЛИНСКОГО ПОЛИТЕХНИЧЕСКОГО ИНСТИТУТА

УДК 658.512+621.9+681.3

●

АВТОМАТИЗАЦИЯ
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО
ПРОЕКТИРОВАНИЯ
ПРОЦЕССОВ
МЕХАНИЧЕСКОЙ
ОБРАБОТКИ

Машиностроение XIX

Таллин 1981

ТАЛЛИНСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ
Труды № 517
АВТОМАТИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ
ПРОЦЕССОВ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ
Машиностроение XIX

Редактор Г. Гроссшмидт
Техн. ред. М. Тамме
Сборник утвержден коллегией Трудов ТПИ 06.05.81
Подписано к печати 16.12.81.
Бумага 60x90/16. Печ. л. 3,75+ 0,25 приложение
Уч.-изд. л. 3,4. Тираж 300. МВ-10785.
Ротапринт ТПИ, Таллин, ул. Коскла, 2/9. Зак. № 753
Цена 50 коп.

© ТПИ, 1981



ОПИСАНИЕ МОДЕЛЕЙ ПРЕДМЕТНОЙ ОБЛАСТИ И ТЕХНОЛОГИЯ
РЕАЛИЗАЦИИ ИНТЕГРИРОВАННЫХ САПР-ТПI. Основные направления усовершенствования
технологии разработки САПР-ТП

Интегрированные системы автоматизированного проектирования технологических процессов (САПР-ТП) включают в себя задачи проектирования технологических процессов с выдачей полного комплекта технологической документации, подготовки управляющих программ для операций, выполняемых на станках ЧПУ, проектирования специальных средств технологического оснащения и другие задачи. Расширение при этом сферы решаемых задач и возрастающая их сложность вызывают значительный рост затрат на разработку программного и информационного обеспечения этих систем и обуславливают необходимость в существенном повышении производительности труда разработчиков систем.

Согласно [4] существуют технологический и инструментальный подходы решения этой проблемы.

Технологический подход видит решение проблемы в развитии методов модульного программирования, стандартизации отдельных проектных процедур, формализации процесса конструирования пакетов прикладных программ (ППП) и в разработке соответствующих средств программной поддержки разработок.

Целью инструментального подхода является разработка мощных инструментов-генераторов ППП, автоматизирующих в какой-то мере процесс конструирования программного обеспечения САПР данного класса.

Примерами отечественных инструментальных систем являются ПРИЗ [2], ИСП-2 [5], ДУСУПП [8] и др.

Инструментальные системы позволяют по тем или иным спецификациям предметной области (ПО), отражающим потребности пользователя к будущей системе, построить требуемый пакет программ. Основными путями повышения эффективности разработок при этом являются повышение уровня интеллектуальности инструментальных систем и большее внедрение оптимизирующих процедур как на этапе построения алгоритмов, так и при проектировании самих технологических процессов.

2. Декомпозиция комплексной задачи проектирования и планирование решений на моделях предметной области

Применяя теоретико-множественные обозначения, вводим определение САПР-ТП как отображение $S: X \rightarrow Y$, где X — множество входов, данных описания деталей и технологической ситуации, а Y — множество технологических решений, данных технологического процесса.

Характерным является оптимизационный характер задач проектирования в САПР-ТП. Задача S определяется следующим образом: определено множество допустимых решений

$Y^f \in Y$, требуется найти $\bar{y} \in Y^f$ такое, что для всех $y \in Y^f$

$$g(\bar{y}) \leq g(y),$$

где $g: Y \rightarrow V$ — глобальная целевая функция, отображающая множество решений Y во множество оценок V частично или полностью упорядоченное отношением $\leq$.

Решение $\bar{y}$ называется глобально оптимальным решением, для данной САПР-ТП — глобально оптимальным технологическим процессом.

Как правило, решение такой глобальной задачи оптимизации неэффективно. Не удается получить решения за приемлемое время, значительно возрастают затраты на подготовку системы.

Технология создания модельного и программного обеспечения САПР базируется на применении методов декомпози-

ции задачи S . Основой декомпозиции являются потоки данных между отдельными подзадачами проектирования.

Отправным пунктом для декомпозиции задачи S на последовательность подзадач S_i служит предположение о том, что Y представимо в виде декартового произведения, а именно, считается заданным семейство множеств [6]

$$Y_i; 1 \leq i \leq n$$

такое, что

$$Y = Y_1 \times Y_2 \times \dots \times Y_n.$$

При этом каждая пара (X, Y_i) , $1 \leq i \leq n$ приписывается определенной подзадачей проектирования S_i , как отображения

$$S_i: X \times W_i \times \xi_i \rightarrow Y_i, \quad 2 \leq i \leq n-1,$$

$$S_1: X \times \xi_1 \rightarrow Y_1,$$

$$S_n: X \times W_n \rightarrow Y_n,$$

где W_i представляет собой информационное влияние подзадачи S_{i-1} на подзадачу S_i , определяемое информационной функцией $h_i: Y_{i-1} \rightarrow W_i$, а ξ_i влияние решения последующей задачи S_{i+1} на задачу S_i , описываемое отображением $c_i: Y_i \rightarrow \xi_{i-1}$.

Отображения h_i и c_i связывают алгоритмы решения отдельных подзадач в единую систему, правильность их выбора определяет в значительной мере качество декомпозиции исходной задачи S .

При разработке моделей предметной области необходимо учитывать условия согласованности отдельных подзадач S_i , $1 \leq i \leq n$ и разработать алгоритмы решения задач S_i с учетом требований координируемости [6].

Согласно [6] основными способами координации являются:

- координация способом прогнозирования взаимодействий;
- координация путем изменения целевых функций $g_i(y)$ подзадач S_i , $1 \leq i \leq n$;
- координация путем изменения множества допустимых решений Y_i^f в подзадачах.

Для изображения расчленения исходной задачи S на множество подзадач S_i , $1 \leq i \leq n$ удобно воспользоваться графоподобной структурой. Допуская возможность включения в

модель предметной области различных альтернативных решений подзадач S_i получим, что модель предметной области удобно представить в виде И/ИЛИ графа. Различные примеры применения И/ИЛИ графов для представления алгоритмов отдельных задач технологического проектирования приведены в [10] и [11].

И/ИЛИ графы являются представителями обобщенных алгоритмов проектирования для определенного класса задач. Объем работ описания алгоритмов проектирования значительный, например, для САПР-ТП, разработанной для проектирования технологических процессов обработки турбинных лопаток; описание набора проектных процедур, необходимых при проектировании одной операции механической обработки потребовалось в среднем 100–150 действий. Учитывая это, необходимо предусмотреть мероприятия по автоматизации компоновки моделей предметной области путем выделения более универсальных, многократно применяемых частей и предоставления возможностей их программного присоединения к моделям на основе целей проектирования.

3. Представление модели предметной области для интегрированных САПР-ТП

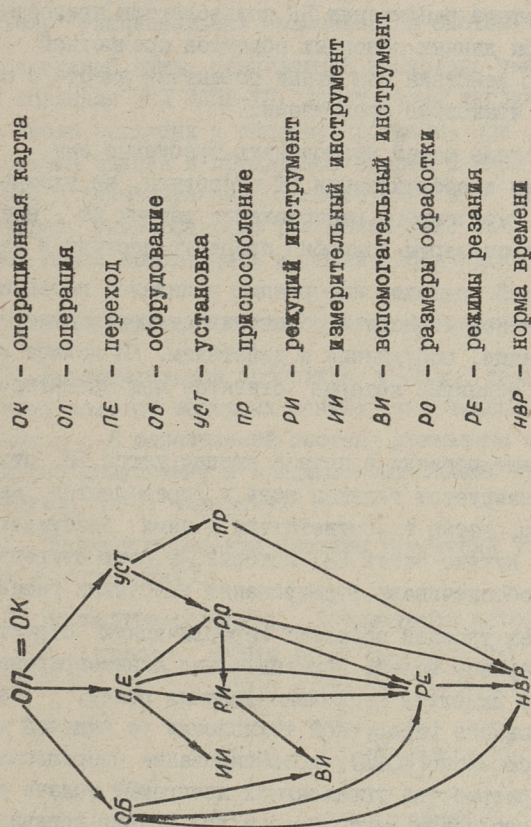
Согласно [3] модель предметной области разделить на три части:

- база данных (БД);
- база целей (БЦ);
- база знаний (БЗ).

База данных содержит фактографические, количественные данные объектов предметной области САПР данного класса, связанные с определенной структурой, информация с которой, как правило, хранится в БЗ.

Для реализации БД САПР-ТП в описываемой системе предоставляется пользователю две относительно самостоятельные БД:

- база данных средств технологического оснащения и нормативно-справочной информации (БД-СТО);
- база данных деталей и технологических процессов (БД-ТП).



Фиг. 1. Пример дерева целей для САПР-ТП.

При этом БД-СТО загружен данными о наиболее часто применяемых стандартных средствах технологического оснащения. Спроектированные структуры данных и процедуры их обработки описаны в статьях [12], [13] настоящего сборника.

В результате реализации БД пользователю предоставляются структуры данных основных объектов предметной области и набор действий над этими объектами вместе с соответствующими языковыми средствами.

Пользователь может компоновать требуемые ему при проектировании и обслуживании БД процедуры, не указывая подробностей физического расположения данных во внешней памяти и не проектируя подробно процедур доступа к данным.

База целей содержит информацию о целевом поведении в данной предметной области и обеспечивает реализацию свойства мотивизации, побуждения к действиям. БЦ должна отражать целевые аспекты, которые ставятся при проектировании [3].

При проектировании в начале иницируется БЦ, ставится и конкретизируется главная цель и определяется множество процедур, затем в соответствии с ними возбуждаются и вызываются нужные части БЗ, которые, в свою очередь, используя БД, обеспечивают формирование требуемых решений.

Цели всех уровней образуют иерархическую структуру, называемую деревом целей. Применительно к интегрированным САПР-ТП можно выделить несколько главных целей, таких, как проектирование маршрутной технологии (с выдачей маршрутных карт согласно ЕСТД), проектирование операционной технологии, разработка управляющих программ, выдача итоговых технологических документов и др. Пример дерева целей представлен на фиг. 1.

Базе знаний принадлежит ведущая роль в организации работы всех процессов системы. В ней хранится не только опыт решения задач данной ПО – процедурные знания, но также и общие знания об объектах проблемной среды – декларативные знания. Одним путем реализации БЗ данной ПО является использование для этой цели существующего программного обеспечения.

Для создания сложных систем, таких, как интегрированные САПР-ТП возможности существующих процедурных языков (Фортран, ПЛ/I, Алгол и др.) для работы с библиотеками программ и большими массивами данных во внешней памяти требуют высокой программистской квалификации и приводят к довольно громоздким программам, они применимы только для маловариантных задач и при невысоких требованиях к диапазону функциональных возможностей систем.

Очевидный путь, позволяющий несколько уменьшить трудности создания ППП САПР-ТП, лежит через кардинальное уменьшение числа входящих в систему программ, при сохранении общего объема знаний о проблемной среде. С этой целью полезно найти в разнообразных, используемых в проектировании процедурах, универсальные фрагменты действий, с помощью которых можно компоновать широкий набор проектных операций.

Приводим примеры таких типовых процедур.

1. Вычислительная процедура $y = f(x)$, позволяющая по заданному вектору исходных данных x определить искомое значение y . В описываемой системе применимы вычислительные процедуры, допустимые в традиционных языках программирования (Алгол, ПЛ/I, Фортран).

2. Процедуры решения системы уравнений $F(x, y) = 0$ (линейных и нелинейных).

3. Процедура-селектор, реализуемая алгоритмом:

```
begin   while  $p_1(x)$  do  $y = m_1(x)$ 
        while  $p_2(x)$  do  $y = m_2(x)$ 
        -----
        while  $p_n(x)$  do  $y = m_n(x)$ 
end
```

где $p_1(x), p_2(x), \dots, p_n(x)$ — заданные предикаты;
 $m_i \in M$ — заданные альтернативные решения.

4. Процедура поиска с базы данных, реализуемая операцией, найти $(\forall y) (y \in A \& p(x, y))$,

где A — массив данных искомым объектов.

5. Процедура оптимального выбора, реализуемая процедурой-селектором 3 и отображением

$$\pi : M \times Y \times X \rightarrow V,$$

где V — множество приоритетов, определяющее качество решений или решением является такое $m \in M$, чтобы $\bar{V} = \pi(\bar{m}, \bar{P}(\bar{m}, x))$ и $\pi(\bar{m}, \bar{P}(\bar{m}, x)) < \pi(m, P(m, x))$ для всех $m \in M$.

6. Процедура оптимального выбора из БД. Данная процедура реализуется двумя этапами. Сначала выполняется процедура 4, вместе с отображением $\pi : M \times Y \times X \rightarrow V$, а затем решается задача оптимизации аналогично к п. 5.

7. Процедура оптимизации, реализующей задачу, найти $\bar{y}$ такое, что $q(\bar{y}, x) = \min_y q(y, x)$ и удовлетворены ограничения $F(x, \bar{y}) \leq 0$ (задачи линейного и нелинейного программирования).

8. Процедура инициализации диалога. Диалог может быть инициализирован:

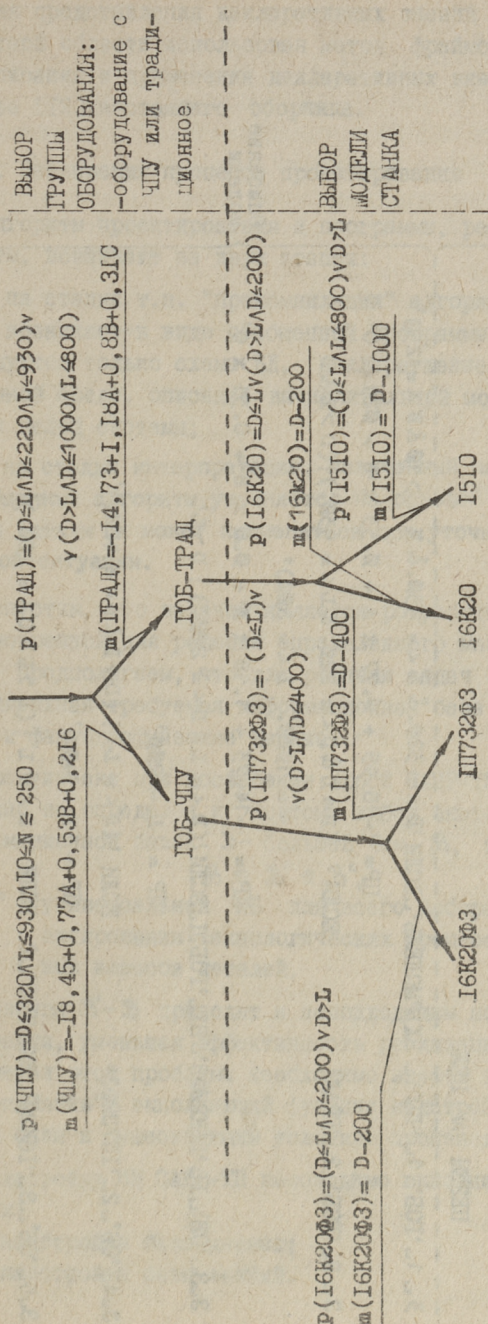
- если в модели предметной области отсутствует процедура решения какой-то элементарной задачи (необходимость решения задачи определяется деревом целей);

- если при оптимальном выборе или поиске различие в приоритетах меньше определенного, наперед заданного порога γ , т.е. на экран дисплея выводятся все решения y_i для которых

$$\pi_i(y_i, x) - \min_{y_j} \pi_j(y_j, x) \leq \gamma;$$

- если запрос запланирован разработчиком системы.

Проектные операции, которые не смогут быть реализованы или которые неэффективно реализовать процедурами I-7, должны быть запрограммированы в базовом языке системы (в Фортране) и введены в библиотеку проблемных модулей, откуда они могут быть вызваны процедурами I или 3. Все представленные таким образом проектные операции объединяются между собой в модель ПО системы, представляемой в виде "И/ИЛИ" графа. Пример модели ПО представлен на фиг. 2. Входной язык описания модели предметной области содержит команды, реализующие описание всех проектных операций, описанных вышеизложенным образом, а также средства реализации связей между проектными операциями. Фрагмент описания модели представлен на фиг. 3.



Фиг. 2. Представление модели предметной области САПР.

Наименование модели	Описание переменных модели	Описание модели
МОДЕЛЬ 'ВЫБОР-ОБОРУДОВАНИЯ' _ПРИМЕР'		
ПЕРЕМ 'D' ВЕЩ		
ПЕРЕМ 'L' ВЕЩ		
ПЕРЕМ 'A' ВЕЩ		
ПЕРЕМ 'B' ВЕЩ		
ПЕРЕМ 'C' ВЕЩ		
ПЕРЕМ 'N' ЦЕЛ		
3 1 'ГОВ' 1 'ЧЛУ' _ВХ_МОДЕЛЬ 'ЕСЛИ 'D <= 320. & L <= 930. & N = >10 & N <= 250',		
	ИР = '-18.45 + 0.77 x A + 0.53 x B + 0.21 x C'	
3 2 'ГОВ' 2 'ТРАД'	ЕСЛИ '(D ≤ L & D <= 220. & L <= 930.) (D > L & D <= 1000. L <= 800.)'	
	ИР = '-14.73 + 1.18 x A + 0.8 x B + 0.31 x C'	
3 3 'ОБ' 1 '16K2003' _ВХ_ГОВ' ЕСЛИ '(D <= L & D <= 200.) D > L'		
	ИР = 'D - 200.'	
3 4 'ОБ' 2 'П73203'	ЕСЛИ '(D <= L) (D > L & D <= 400.)'	
	ИР = 'D - 400.'	
3 5 'ОБ' 3 '16K20' _ВХ_ГОВ' 2 'ЕСЛИ 'D <= L (D > L & D <= 200.)'		
	ИР = 'D - 200.'	
3 6 'ОБ' 4 '1510'	ЕСЛИ '(D <= L & L <= 800.) D > L'	
	ИР = 'D - 400.'	

Фиг. 3. Описание модели предметной области (фрагмент).

Для представления декларативных знаний об объектах предметной области использован метод фреймов [7]. Примеры описания и применения декларативных знаний описаны в статье [12] настоящего сборника.

4. Реализация процесса проектирования

Алгоритм проектирования и программы, реализующие этот алгоритм, возникают на двух этапах:

- на стадии т.н. "прекомпиляции" алгоритм первоначально возникает в виде обобщенной программы. При этом используются только схемы БД, декларативные знания о проблемной среде, описание вычислительной модели дерева главных целей системы;

- на стадии интерпретации, полученный на первом этапе обобщенный алгоритм уточняется на основе данных конкретной детали и может применяться при уточнении технологической ситуации.

Допустим, что задачей является разработка системы S предусмотренной для решения определенного множества задач $\mathcal{P}$. Предполагаем, что для решения задач $\mathcal{P}$ существует минимальная требуемая информационная база $\mathcal{B}$ (база знаний и фактографические данные).

Практически при построении любой САПР-ТП набор задач точно не определен и поэтому любая система работает с информационной базой $\mathcal{B}'$ большей чем $\mathcal{B}$, т.е.

$$\mathcal{B} \subseteq \mathcal{B}' \subseteq \mathcal{B}^0,$$

где $\mathcal{B}^0$ - универсальная ИБ для всего набора задач проектирования технологических процессов различных классов деталей.

Разница $\mathcal{B}' - \mathcal{B}$ приводит к неподходящим попыткам проектирования, уменьшая эффективность реализации САПР-ТП. Для решения этой проблемы необходимо ввести т.н. этап "прекомпиляции", выполняющий функции надстройки информационной базы к существующим условиям производства.

Надстройку ИМ САПР-ТП необходимо выполнить в двух разделах:

- надстройка базы данных;
- надстройка базы знаний.

Для надстройки БД в систему введены специальные дополнительные связи данных - "принадлежность к группе задач" [12] и разработаны специальные процедуры.

Для надстройки БЗ можно применить идеи смешанных вычислений [11]. Пусть система ПЗ содержит некоторое множество процедур проектирования $\mathcal{P}$ и пусть задано разбиение μ множества $\mathcal{P}$ на две составляющие:

$$\mu : \mathcal{P} = \mathcal{P}' \times \mathcal{P}'' ,$$

где $\mathcal{P}'$ - множество процедур проектирования, определяемое спецификацией класса задач - "допустимых" для прекомпилятора;

$\mathcal{P}''$ - множество задержанных процедур проектирования.

Согласно [11] смешанные вычисления над пакетом программ системы S при разбиении μ - это процесс выполнения допустимых вычислений $\mathcal{P}'$ и формирования остаточной программы r_μ , имеющей своим множеством процедур проектирования множество $\mathcal{P}''$.

Для выполнения смешанных вычислений необходимо в задании спецификации САПР-ТР описывать допустимые в данной САПР-ТП геометрические построения, интервалы изменения входных параметров системы, дать перечень допустимых кодов и их значений. Требуемые смешанные вычисления выполняются "прекомпилятором" один раз для заданного класса деталей и, вместе со средствами ограничения номенклатуры применяемых СТО и нормативных данных, они представляют основу оптимизации алгоритмов и информационной базы будущей интегрированной СПР-ТП.

Л и т е р а т у р а

1. Е р ш о в А.П. Смешанные вычисления, потенциальные применения и проблемы исследования. - Тезисы докладов Всесоюзной конференции "Методы математической логики в проблемах искусственного интеллекта и системное программирование". Вильнюс, 1980, с. 26-55.

2. Ка х р о М.И., М я н н и с а л у М.А., Са а н Н.П., Т ы у г у Э.Х. Система программирования ПРИЗ.- Программирование, 1976, № 1, с. 38-46.

3. Ку з и н Л.Т. Основы кибернетики. Т. 2. Основы кибернетических моделей. М., Энергия, 1979. 584 с.

4. М а т у л и с В.А., Ч а п л и н с к а я А.А.
Об одном подходе автоматизированного конструирования пакетов прикладных программ. - Тезисы докладов Всесоюзной конференции "Методы математической логики в проблемах искусственного интеллекта и системное программирование". Вильнюс, 1980, с. 56-59.

5. М е л ь н и к о в И.А., С а а р Х.Я., Организация данных в интегрированной системе программирования. - Программирование, 1975, № 6, с. 28-37.

6. 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.

7. М и н с к и й М. Фреймы для представления знаний. М., Энергия, 1979, 152 с.

8. Ю щ е н к о Е.Л., П е р е в о з ч и к о в а О.Л., К р е ш е т о в а И.В. и др. ДИСУП - диалоговая система объединения специализированных пакетов. - Тезисы докладов Всесоюзной конференции "Методы математической логики в проблемах искусственного интеллекта и системное программирование", Вильнюс, 1980, с. 90-107.

9. К ю т т н е р Р.А., Ю р в е с Э.В. Оптимизация базы данных режущего инструмента для систем автоматизированного проектирования технологических процессов механической обработки. - Тр. Таллинск. политехн. ин-та, № 473, 1979, с. 3-9.

10. К ю т т н е р Р.А., Ю р в е с Э.В. Оптимальный выбор режущих и вспомогательных инструментов в системах машинного проектирования технологических процессов. - Тр. Таллинск. политехн. ин-та, 1978, № 454, с. 3-11.

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

12. К ю т т н е р Р.А., Э л ь я с О. Банк данных для принятия решений по выбору СТО. Наст. сб. с. 17.

13. Киммель А.А., Некрасов Г.И. Представление и обработка данных при геометрическом моделировании машиностроительных деталей в САПР-ТП. Наст. сб. с. 37.

R. Kyttner

Representation of the Computational Models
and the Computer Technology for Utilization
of Integrated CAPP Systems

Summary

The paper surveys the problems of the computer technology with an emphasis on the integrated computer-aided process planning (CAPP) systems. The CAPP systems belong to the multilevel hierarchical complex systems. In this paper the decomposition of the complex design task into a set of unified "knowledge units" and the representation of the computational models are presented. According to the proposed methods the set of requirements for the CAPP system architecture is described.

БАНК ДАННЫХ ДЛЯ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ ПО ВЫБОРУ СТО

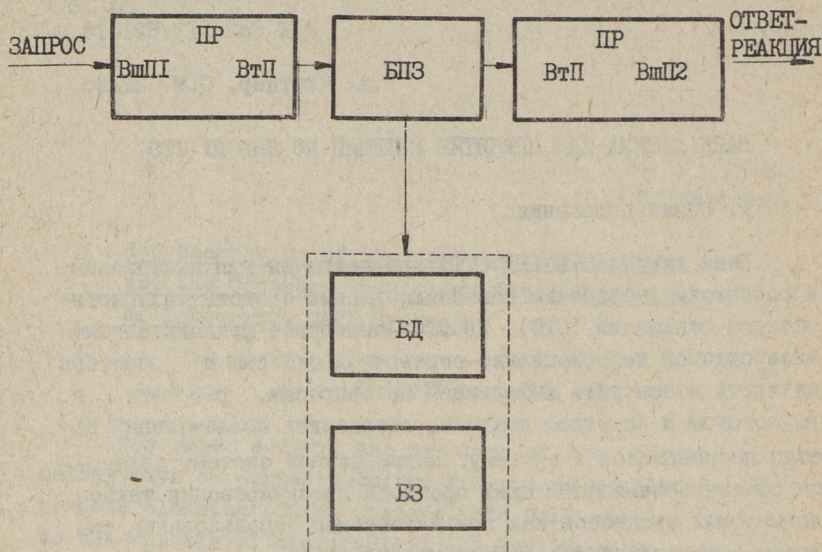
I. Общие положения

Банк данных СТО (БД-СТО) предназначен для накопления и содержания в рабочем состоянии данных средств технологического оснащения (СТО). БД-СТО выполняет функции автоматизированной информационно-справочной системы и способен находить и выводить информацию по запросам, работать в диалоговом и пакетном режимах, обеспечить коллективный доступ потребителей в систему. Целью данной системы является обеспечение информацией процесса проектирования технологических процессов как при автономном использовании системы (диалоговое проектирование технологических процессов с поддержанием задач выбора СТО), так и в использовании ее в качестве ядра системы автоматизированного проектирования технологических процессов. Система имеет специальные средства для приспособления информационного фонда системы к условиям конкретных пользователей. Система открытая. Для пользователей БД-СТО разработан проблемно-ориентированный язык манипулирования данными.

В банках данных для принятия решений особое место занимает база знаний. Применительно к данному классу решаемых задач база знаний содержит опыт решения задач по выбору СТО, закономерности, существующие в данной предметной области (ПО), сведения, которые позволяют прогнозировать новые или недостающие потенциально возможные СТО. Укрупненно структурная схема системы представлена на фиг. I и состоит из трех частей:

— преобразователя (ПР) из внешнего представления запроса (ВшП) во внутреннее представление (ВтП);

- блока представления знаний (БПЗ);
- преобразователя (ПР) из внутреннего представления (ВТП) во внешнее представление, т.е. ответ-реакция.



Фиг. 1. Структурная схема системы.

База данных (БД) содержит количественные данные, информация о которых хранится в базе знаний (БЗ).

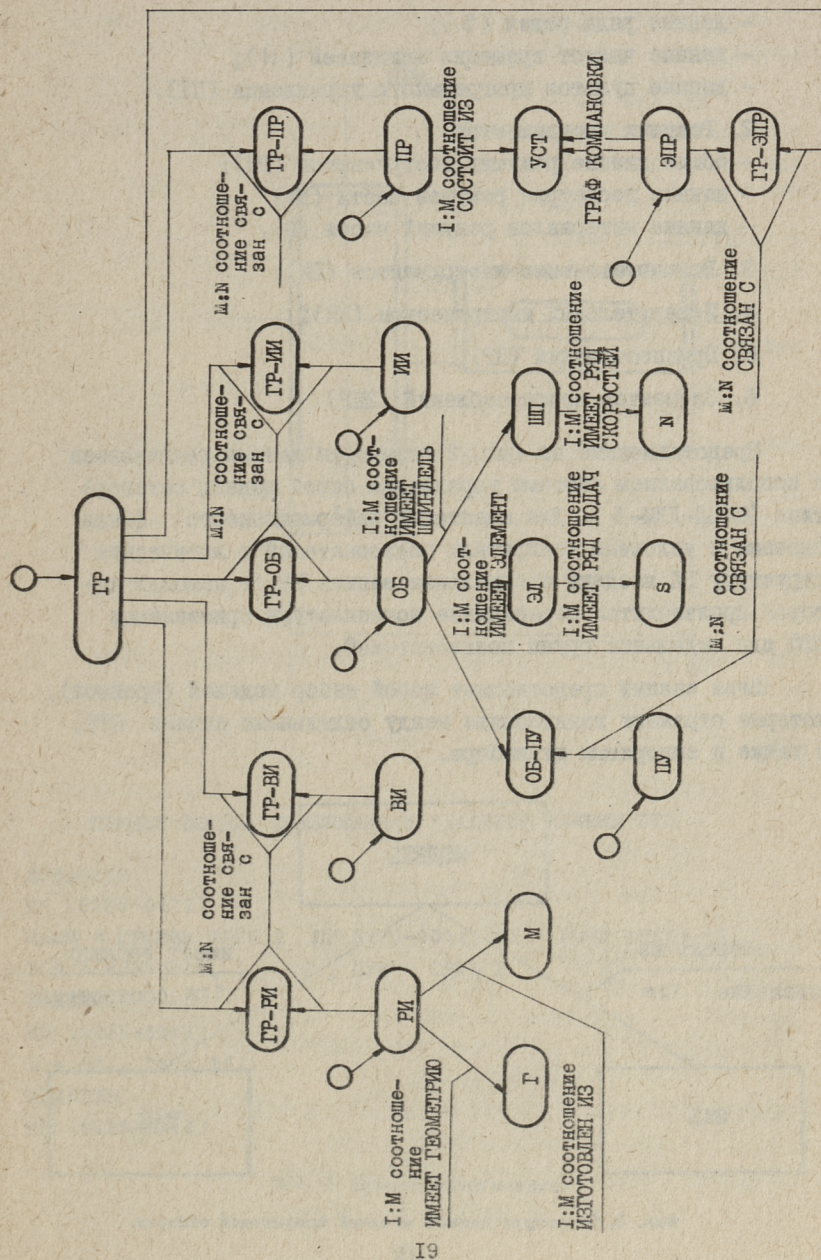
БД и БЗ принадлежит ведущая роль в организации работы всех процессов банка. Они находятся в непрерывном движении, расширяются, пополняются данными новых СТО, новыми знаниями о методах их выборки.

2. Структуры данных и моделей представления знаний

База данных системы содержит данные СТО согласно определенной структуре. Применительно к принятому классу задач, разработана структура данных СТО, представленная на фиг. 2. База данных содержит данные следующих видов СТО.

1. Оборудования:

- общие данные оборудования (ОБ);
- данные шпинделей (ШП);



Фиг. 2. Логическая структура данных БД-СТО.

- данные суппортов, рабочих отолов; револьверных головок (ЭЛ);

- данные ряда подач (S);

- данные частот вращения шпинделей (N);

- данные пультов программного управления (ПУ).

2. Режущих инструментов:

- общие данные режущих инструментов (РИ);

- данные геометрии режущей части (Г);

- данные материалов режущей части (М).

3. Вспомогательных инструментов (ВИ);

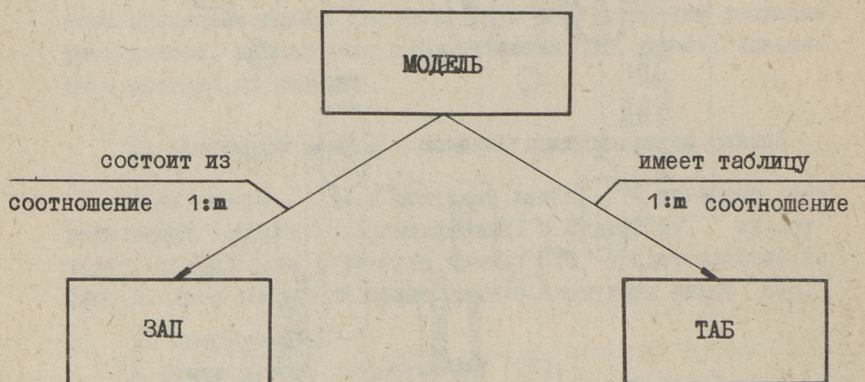
4. Измерительных инструментов (ИИ);

5. Приспособлений (ПР);

6. Элементов приспособлений (ЭПР)

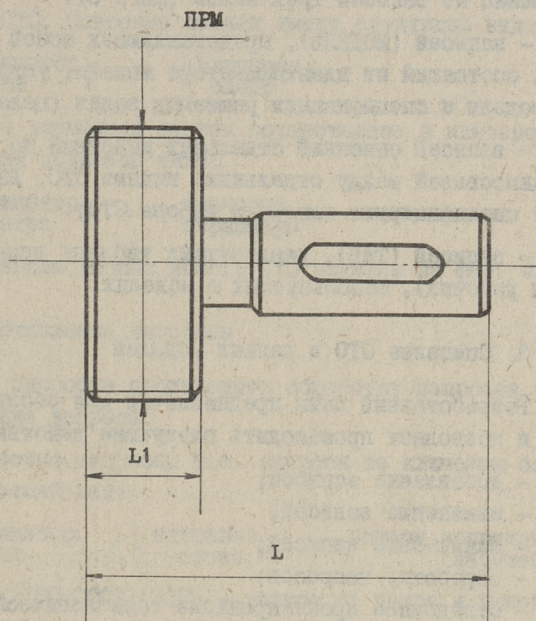
Представленные на фиг. 2 структуры данных реализованы с использованием системы управления базой данных сетевого типа (СУБД-ДДМ- F). Для адаптации информационного фонда системы к условиям конкретных пользователей в логическую структуру БД введена специальная запись ГР, с помощью которой производится ограничение номенклатуры применяемых СТО для отдельных групп пользователей.

База знаний представляет собой набор моделей (фреймов), которые отражают взаимосвязи между отдельными видами СТО, а также и алгоритмы их выбора.



Фиг. 3. Структура данных моделей предметной области.

ЭСКИЗ СТО



ПРИМЕР ВВОДА, ИЗМЕНЕНИЯ И УДАЛЕНИЯ ДАННЫХ СТО

ДОБАВИТЬ

ИИ (8226-0014)

НАИМ = ПРОВКА ТРУВ 2 ПР 8226-0014, СТ = ГОСТ 18925-73,

КОД = 82260010, L = 50., ПРМ = ТРУВ 2

ИЗМЕНИТЬ

ИИ (8226-0014)

L = 50., L1 = 10.

УДАЛИТЬ

ИИ (8226-0014)

Фиг. 4. Пример ввода данных.

Внешним представлением этих моделей являются типовые схемы инструментальных наладок (фиг. 5), дополненные правилами выбора отдельных видов СТО.

Внутренняя форма представления знаний — это набор, состоящий из записей трех видов (фиг. 3):

- записей (МОДЕЛЬ), представляющих собой заголовок модели, состоящий из идентификатора модели, условий применения модели и спецификации решаемых задач (целей);

- записей описаний отдельных действий по выбору СТО и взаимосвязей между отдельными видами СТО. Данные записи (ЗАП) специфицируют алгоритм выбора СТО;

- записей (ТАБ), реализующих таблицу переменных (входных и рабочих), используемых в моделях.

3. Описание СТО и данных моделей

Разработанный язык предназначен для обслуживания БД-СТО и позволяет производить следующие действия:

- добавление записей;
- изменение записей;
- исключение записей;
- обработку запросов;
- отладочное проектирование технологических процессов.

Язык имеет командную структуру, каждая команда описывает одно обращение к БД и состоит из трех частей:

- директивы;
- описания записи;
- описания элементов записи.

В системе разрешено использовать следующие директивы:

- УДАЛИТЬ — директива для удаления записей;
- ДОБАВИТЬ — директива для ввода записей;
- ИЗМЕНИТЬ — директива для изменения записей;
- ВЫВЕСТИ — директива для вывода и запроса информации;
- УСТНОМЕНКЛАТУРУ — директива для установления ограничения номенклатуры;
- РАЗНОМЕНКЛАТУРУ — директива для устранения ограничения номенклатуры;
- КОНЕЦ — директива для конца работы;

ОТЛАДКА - директива для отладочного проектирования технологических процессов.

Описание записи осуществляется при помощи идентификаторов записей и ключевых слов. Ключевыми словами являются обозначения СТО. Описание записи имеет следующий вид:

$\langle \text{идентификатор записи} \rangle \quad (\text{ключевое слово})$.

Описание элементов записи осуществлено в ключевом представлении, как показано ниже:

$\langle \text{идентификатор параметра} \rangle = \langle \text{значение параметра} \rangle$

Пример ввода данных нового СТО показан на фиг. 4.

4. Представление запросов

Система способна производить обработку запросов. Возможны следующие запросы:

4.1. Простые запросы, т.е. запросы по ключевым словам, имеющие следующий вид:

$\langle \text{идентификатор записи} \rangle / \langle \text{ключевое слово} \rangle, \quad \langle \text{список запрашиваемых параметров} \rangle$.

Например: ВИ/2I00-000I, ВСЕ, - запрос на поиск и вывод значений всех параметров вспомогательного инструмента с ключевым словом 2I00-000I;

ВИ/2I00-0005, KI, LY, D1, DK - запрос на поиск и вывод значений параметров KI, LY, D1, DK вспомогательного инструмента с ключевым словом 2I00-0005.

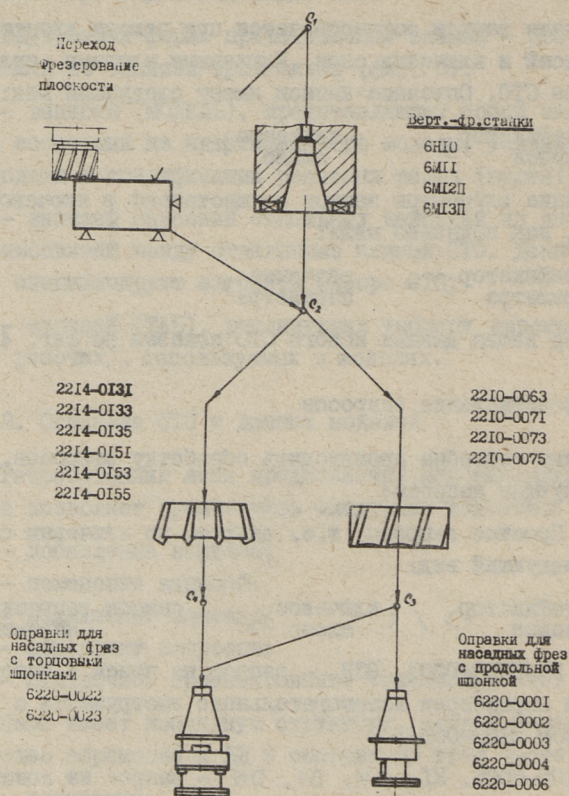
4.2. Логические запросы, т.е. запросы по логико-арифметическим выражениям, имеют следующий вид:

$\langle \text{идентификатор записи} \rangle \propto \langle \text{ЛОГИКО-АРИФМЕТИЧЕСКОЕ ВЫРАЖЕНИЕ} \rangle, \langle \text{СПИСОК ЗАПРАШИВАЕМЫХ ПАРАМЕТРОВ} \rangle$.

Например:

PI $\propto$ КОД.PI='22I0000I' & L.PI=IO, ВСЕ, - запрос на поиск и вывод значений всех параметров режущих инструментов, удовлетворяющий условию, что КОД='22I0000I' и L=IO.

PI $\propto$ ТИП.PI = '2', ОБЗН, .M $\propto$ МАТ.M = 'P9', МАТ, - запрос на поиск и вывод обозначения режущих инструментов с параметром ТИП = 2, изготовленных из материала P9.



Фиг. 5. Схема инструментальной наладки.

4.3. Ассоциативные запросы, представляющие собой логически связанные между собой последовательные наборы логических запросов по различным видам СТО.

Пример ассоциативного запроса представлен ниже: На фиг. 5 показана ситуация: необходимо подобрать вертикально-фрезерный станок, фрезу и оправку. Сложившаяся ситуация может быть решена при помощи следующих ассоциативных запросов.

ВЫВЕСТИ

ОБ α ВС. ОБ=6I , ОБЗН. ШП α К. ШП='I' & РСП. ШП='-Z',

ВЫВЕСТИ

РИ α КОД. РИ='22100070' & ТИП. РИ='I' & DI. РИ <= 100 &
DI. РИ >= 80, ОБЗН,

ВЫВЕСТИ

ВИ α КОД. ВИ='6220000' & К. ВИ=К. ШП & DI. РИ= D. ВИ, ОБЗН,

где ВС - вид станка;

К - номер конуса;

РСП - расположение шпинделя относительно осей координат;

КОД - код;

ТИП - тип;

DI - диаметр фрезы;

D - диаметр оправки.

4.4. Запросы с применением моделей. Данные запросы позволяют использовать систему для диалогового проектирования технологических процессов. Основные положения работы системы представлены ниже.

Входные данные:

- описание ситуации (общие сведения детали, технол. пр.);
- цели, например, целью может быть выбор оборудования, операции, режущего инструмента.

Действия системы.

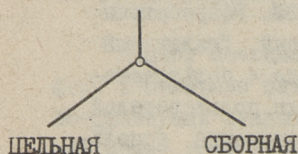
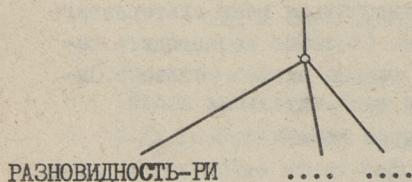
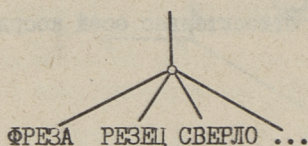
Система анализирует ситуацию и находит подходящую модель. В ходе проектирования система запрашивает необходимые дополнительные данные. При появлении альтернативных элементов система предлагает пользоваться меню альтернативных элементов с запросом. Система способна производить выдачу рекомендаций по решениям в режиме запрос-согласие. Система способна воспринимать ввод дополнительных целей.

Пример ввода представлен на фиг. 6.

5. Данные реализации системы

Система реализована на машинах ЕС ЭВМ. Разработаны два варианта системы: пакетный и диалоговый. Диалоговый вариант способен загрузить работой от 1 до 4 пользователей, т.е. осуществляет коллективный доступ пользователей в систему. При создании программного обеспечения использованы алгоритмические языки ФОРТРАН и АССЕМБЛЕР.

МОДЕЛЬ "РИ"



НАЧАЛО ДИАЛОГА

УКАЖИ ФИО * ИВАНОВ В.

ДЕЙСТВИЕ * ВВОД

МОДЕЛЬ * РИ

ВВОД ДАННЫХ ПО МОДЕЛИ РИ

ОБОЗНАЧЕНИЕ * 2210-0063

НАИМЕНОВАНИЕ* ФРЕЗА ТОРЦЕВАЯ
НАСАДНАЯ

ПОДГРУППА - РИ

ВАРИАНТЫ 1. ФРЕЗА

2. РЕЗЕЦ

3. СВЕРЛО

УКАЖИ ВАРИАНТ * 1

ДИАМЕТР * 50.0

ДЛИНА * 36.0

ЧИСЛО ЗУБЬЕВ * 12

ВИД - РИ

ВАРИАНТЫ 1. ЦИЛИНДРИЧЕСКАЯ

2. ТОРЦОВАЯ

3. КОНЦЕВАЯ

УКАЖИ ВАРИАНТ * 2

И Т.Д.

Фиг. 6. Пример ввода СТО по моделям.

Л и т е р а т у р а

1. Кузин Л.Т. Основы кибернетики. Т. 2. Основы кибернетических моделей. М., Энергия, 1979, 584 с.
2. Мартин Дж. Организация баз данных в вычислительных системах. М., Мир, 1978.
3. Минский М. Фреймы для представления знаний. М., Энергия, 1979, 206 с.

R. Kyttner, O. Elias

Data-Base of Technological Equipment for Decision of Design Problems

Summary

The development of data-base and decision aid systems is one of the most important problems of the computer-aided technological process planning systems (CAPP systems) realization. The paper presents a logical structure of data-base of the technological equipment and data handling problems for CAPP systems. Some new artificial - intelligent - oriented techniques to assist the designer in obtaining a more efficient technological equipment design and selection solutions are proposed.

Ю.Ю. Анвельт, Ю.В. Папстел

СИСТЕМА АНАЛИЗА ПРОИЗВОДСТВА И УНИФИКАЦИИ ОБЪЕКТОВ
КОМПЛЕКСА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ПОДГОТОВКИ ПРОИЗВОДСТВА

Динамический характер современного производства предъявляет повышенные требования оперативности к технологической подготовке производства (ТПП). Это обеспечивается оптимальной организацией производства, унификацией объектов технологической системы, упорядочением информационного потока, автоматизацией обработки информации. В литературе описываются различные автоматизированные системы ТПП [1, 2, 4 и др.]. Но часто подобные системы не функционируют с достаточной эффективностью по различным объективным и субъективным причинам.

На основе результатов анализа можно утверждать, что различные системы информационного характера эффективно реализуются при следующих условиях:

- организационная структура ТПП и форма документов соответствует требованиям ЕСТПП, ЕСТД и ЕСКД;
- разработана четкая система классификации элементов ТПП с оптимальной глубиной кодирования;
- информационная база построена на принципах банка данных, обеспечивающих минимальные затраты на создание программного обеспечения служебного назначения;
- создана эффективная служба введения изменений и исправлений в базу данных, обеспечивающая необходимую достоверность информации;
- разработанная система должна иметь сопровождение разработчика с целью обеспечения работоспособности системы при изменяющихся условиях эксплуатации.

На основе вышеизложенного нами разработана типовая система анализа производства и унификации объектов комплекса ТПП. Целью данной системы является обеспечение служб ТПП методикой и информацией, обеспечивающей ускорение ТПП, унификацию деталей и средств технологического оснащения, а в итоге снижения себестоимости продукции. Призвана эта система для решения задач функций "Анализ производства", "Унификация и стандартизация" и "Отработка конструкции на технологичность".

Система построена на принципах и организационной схеме ЕС ТПП, с использованием высокоэффективного банка данных DDM-F, разработанного в Венгерской НР и реализованного на базе ОС ЕС.

При разработке типовой системы основывались на требованиях автономной информационной базы, т.е. для системы ТПП может быть несколько отдельных банков данных, которые объединены в единую информационную базу (ИБ) системы ТПП. Это оправдано тем, что в задачах ТПП можно выделить группу задач анализа и планирования и группу задач проектирования. Структура информации для этих групп отличается, что чрезмерно усложняло бы структуру банка данных.

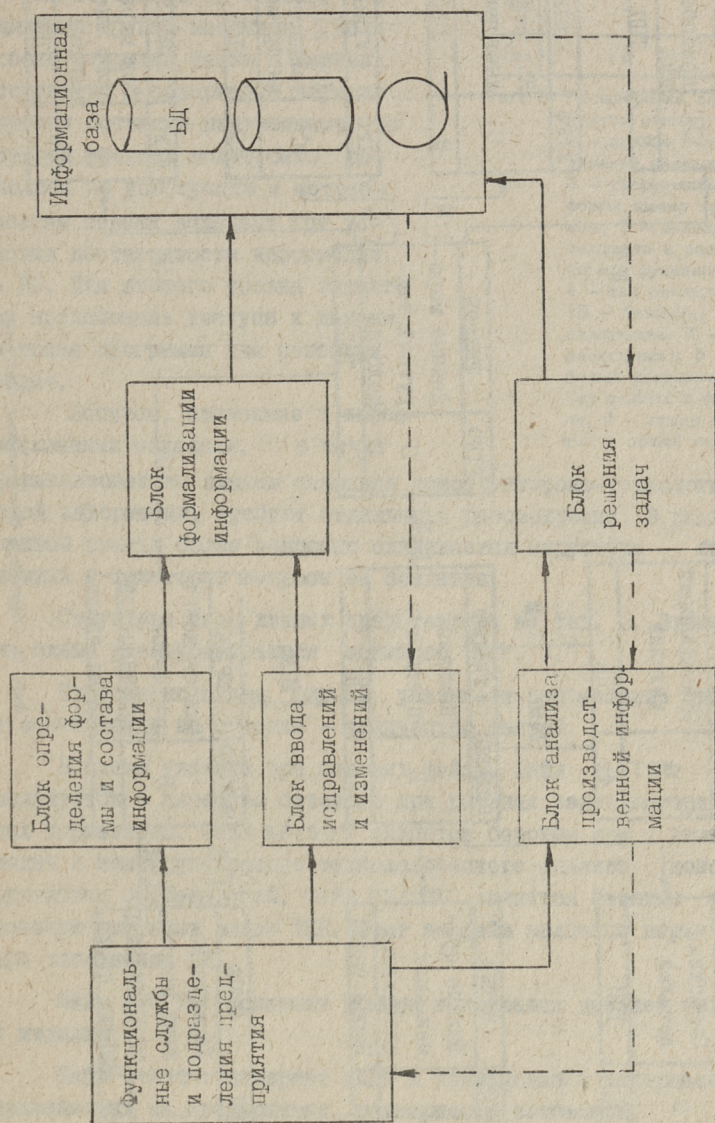
Структура разработанной системы представлена на фиг. 1. Система состоит из двух уровней: уровень формирования и обслуживания информационной базы и уровень пользователя.

В первый уровень входит блок определения формы и состава информации, который представляет из себя множество информационных моделей объектов производства и элементов технологической системы. Эти модели определяются информационной потребностью подлежащих решению задач.

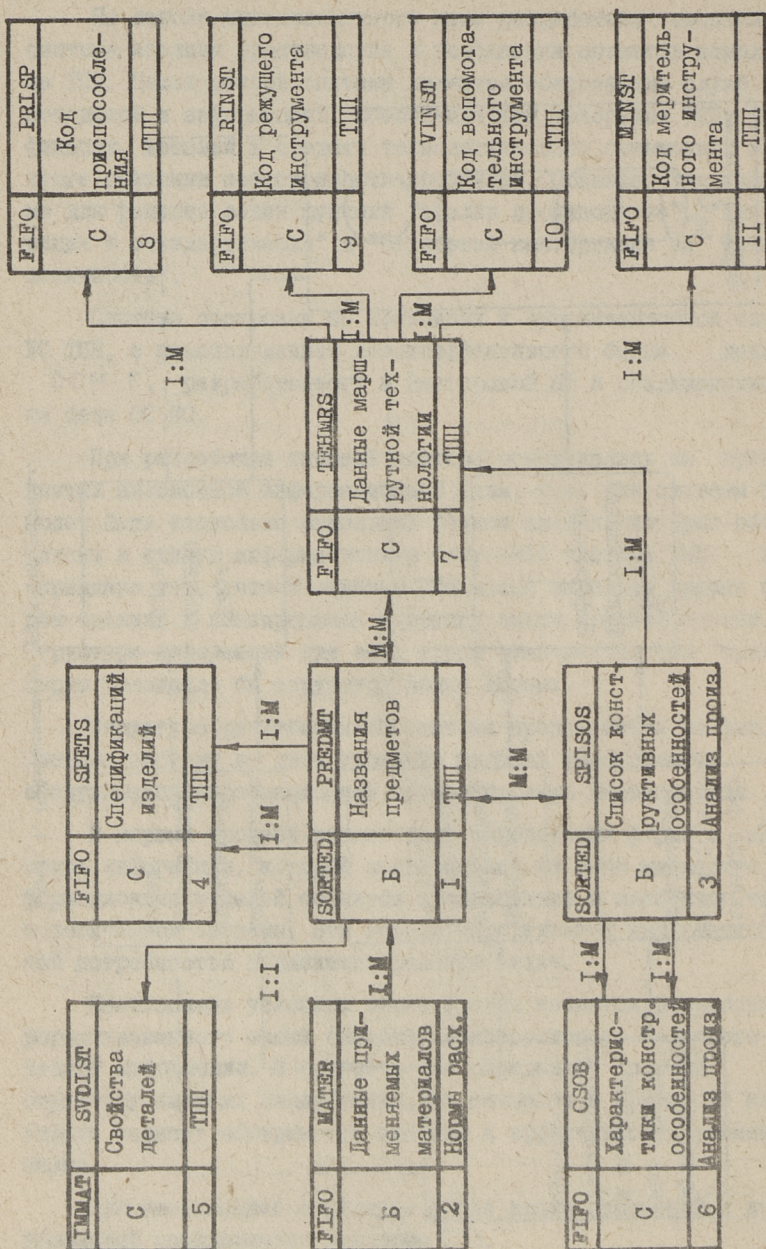
Необходимым условием этого уровня является разработка формализованного языка описания конструкторско-технологической информации. В сущности это определяет состав и структуру системы кодирования, от точности и краткости которого зависит обзорность системы и эффективность решения задач.

Организационная структура блока ввода изменений и исправлений определяется согласно [3].

Информационная база (ИБ) состоит из банка или подбанков



Фиг. 1. Принципиальная структура системы.



Фиг. 2. Структура базы данных системы.

данных и из независимых массивов, т.е. массивов, данные которых логически не связаны с данными других массивов. Если после открытия банка данных структура и содержание первого уровня остаются неизменными, то второй уровень может быть дополнен по усмотрению и потребностям новыми задачами при условии достаточности информации в ИБ. Для второго уровня задается предписание доступа к данным, а также программы для основных задач.

Вопросы, связанные с информационными моделями, а также

формализованным языком описания конструкторско-технологической информации, требуют отдельного рассмотрения. В рамках данной статьи более подробно описывается структура базы данных и некоторые вопросы ее создания.

Структура базы данных представлена на фиг. 2. Элементы схемы расшифровываются согласно фиг. 3.

Стрелка на схеме фиг. 2 указывает направление связи, а соотношение на стрелке — количество связей.

В схеме указаны три базовых файла. Файл MATER используется в качестве базового при решении задач материальных нормативов. Файл SPISQS является базовым при решении задач и конструкторского технологического анализа конструктивных особенностей. Файл PREDMT является базовым при решении основных задач ТПП. Этот же файл является первичным при заполнении БД.

Файл PREDMT содержит номера и названия деталей узлов и изделий.

Файл MATER содержит коды и наименования материалов, применяемых на предприятии, размерность заготовок.

Файл SPETS обеспечивает цепочку вхождения и содержит количество элементов файла PREDMT.

5	2
4	I
6	3

Фиг. 3. Расшифровка элементов схемы:
1 — полное наименование данных;
2 — укороченная форма имени данных; 3 — принадлежность к задаче или функции;
4 — тип данных (Б — базовые, С — связующие, Н — независимые); 5 — форма упорядочения данных в файле, 6 — номер данных в общей схеме.

Файл TENMRS содержит данные технологической маршрутной карты. Коды приспособлений, режущего, вспомогательно-го и мерительного инструмента внесены в отдельные файлы PRISP, RINST, VINST и MINST соответственно, связанного с наличием нескольких инструментов и др. в одной операции.

Файл SVOIST содержит такие характеристики деталей, как принадлежность к классификационной группе, габаритные размеры, точность размеров, чистота поверхности и т.д.

Файл SPISOS содержит список конструктивных особенностей (КО) и через данный файл обеспечивается доступ к данным, связанным с КО.

Файл OSOB содержит данные о конструктивных особенностях (отверстия, пазы, шлицы и т.п.) с их размерными и точностными характеристиками.

Характерным для разработанной системы является то, что в рамках типовой структуры длина и содержание записи выбираются в каждом конкретном случае согласно требуемой информации. Единственным ограничением является длина записи — 256 байта.

При создании рабочей системы необходимо инициализировать всю структуру, а заполнение БД можно, и даже рекомендуется производить поэтапно.

Например, не на всех предприятиях применяются система обозначения средств технологического оснащения по осмысленным классификаторам, что исключает возможность решения задачи технологического анализа. Могут быть и другие недоработки, устранение которых требует времени. Поэтому предлагается разработка рабочей системы в виде подбанков:

- учет и нормирование материальных ресурсов — файлы MATER, PREDMT, SPETS, SVOIST;
- характеристика деталей — файлы SVOIST, OSOB, SPISOS;
- производственная мощность, технологическое оснащение и рабочая сила — файлы TENMRS, PRISP, RINST, VINST, MINST.

Можно выбирать и другой порядок разработки, но всегда обязательно заполнить сперва базовые файлы. При заполнении

банка каждая запись должна иметь оригинальное имя. При необходимости повтора выбранного имени в качестве идентификатора записи выбирается порядковый номер записи. Это требование диктуется условиями ввода изменений в банк.

Разработана надстройка БД, обеспечивающая ввод, вывод и изменение данных. Эта же надстройка позволяет пользователю обращаться в банк данных по любому имени поля, а также по полной или по частичной длине идентификатора.

Программы пользователя написаны на алгоритмическом языке ФОРТРАН.

На основе описанной типовой системы разработана рабочая система для таллинского завода "Ильмарине". Анализ информационно-материальной модели ТИП показал, что на первом этапе целесообразно развивать подбанк, содержащий файлы MATER, PREDMT, SVOIST и SPETS для решения задач учета и нормирования материальных ресурсов.

Для этой группы задач имеются программы пользователя. "Расчет норм расхода материалов в специализированной номенклатуре на изделия" и "Расчет норм расхода материалов на изделия".

Л и т е р а т у р а

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

2. Создание и использование банков данных в АСУП. М., Статистика, 1977, с. 172.

3. Папстел Ю.В., Когер Т.А. Обеспечение информационного фонда технологической информационной системы. - Тр. Таллинск. политехн. ин-та, № 412, 1976, с. 11-22.

4. Beispiele der POS-Nutzung im DOS/EC zur Vorbereitung für OSIEC-Anwender. Verlag die Wirtschaft, Berlin, 1978. S. 173.

The System for Analysing the Production and
Unification of the Parts of Technological Equipment

Summary

The description of the basic system for analysing the production and unification of the parts of technological equipment is presented in this paper. This system is described as a two-level one. The first level is the level for providing the necessary information for the data base. The second level is the level for the users' tasks - automatic development of the tasks and the analysing of the results.

High efficiency of the system is achieved by utilizing the DDM-F data bank, provided in Hungary. The real data bank for the tasks of technological preparation of production is created on the basis of this data bank.

Using this basic system one can create the real system for the concrete enterprise.

ПРЕДСТАВЛЕНИЕ И ОБРАБОТКА ДАННЫХ ПРИ ГЕОМЕТРИЧЕСКОМ МОДЕЛИРОВАНИИ МАШИНОСТРОИТЕЛЬНЫХ ДЕТАЛЕЙ В САПР-ТП

Полное описание геометрии любой машиностроительной конструкции с целью последующего анализа для принятия технологических решений является неперенным условием проектирования технологических процессов. Для описания геометрии конструкции необходимо описать сведения о структурном составе детали и взаимосвязях ее элементов на различных уровнях расчленения – граф структурного состава деталей $G(Q,U)$, где вершины графа Q – компоненты детали различных уровней, а U – признаки, по которым производится расчленение детали на каждом уровне.

Основные положения расчленения детали приведены [1], а именно:

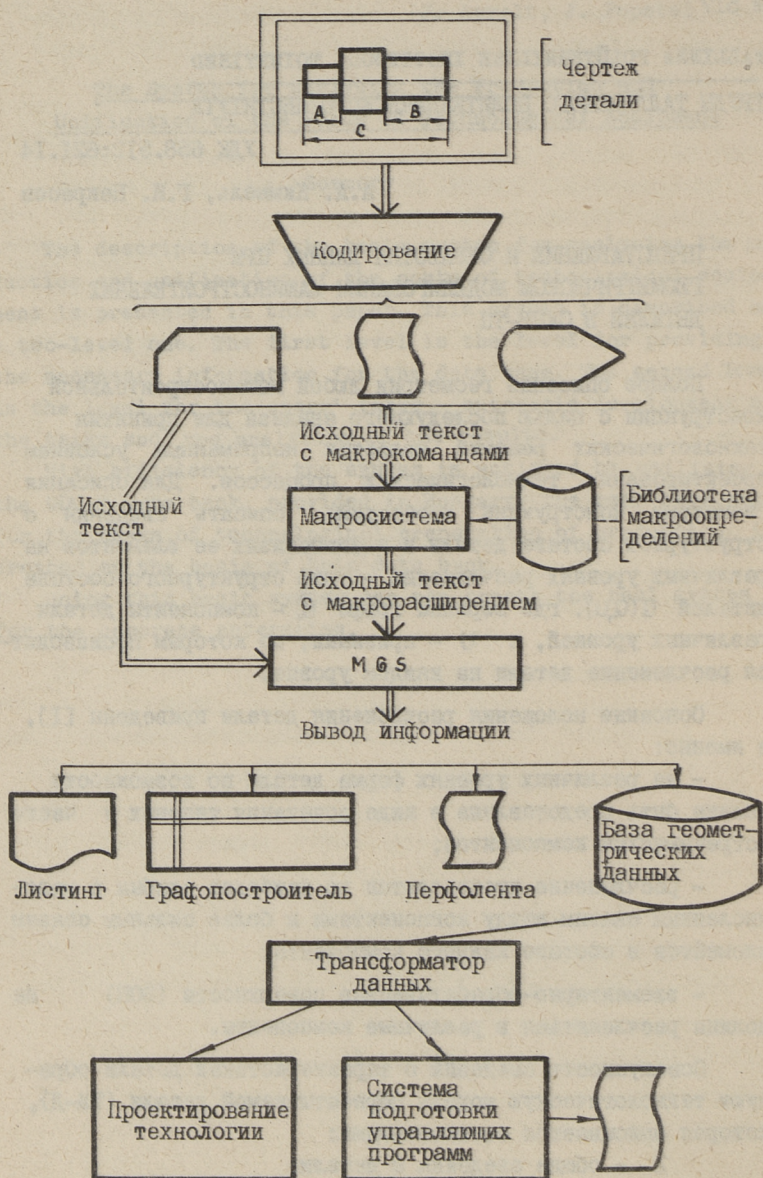
- на различных уровнях форма детали по возможности должна быть представлена в виде сочетания типовых и часто встречающихся компонентов;

- расчленение производится по наиболее слабым и малочисленным связям между компонентами и более сильным связям элементов в составе каждого компонента;

- элементарно-обрабатываемые поверхности (ЭОП) не должны расчленяться в различные компоненты.

Совокупность сведений о характеристиках детали образуют технологическую модель обрабатываемой детали (ТМ-Д), которая описывается соотношениями:

- Z – общие сведения о детали;
- $G(Q,U)$ – структурный состав детали;
- S_ϕ, S_p, S_δ – формообразующие и размерные структуры выбранного метода описания детали;



Фиг. 1. Архитектура системы ввода и обработки данных.

КТП — конструктивно-технологические признаки.

ТМ-Д является структурно-параметрической моделью.

На фиг. I представлена архитектура системы представления и обработки данных, основными подсистемами которой являются:

- ввод геометрической и размерной информации чертежа детали, общих сведений о детали, конструктивно-технологических признаков. Вход осуществляется посредством проблемно-ориентированного языка MGS (система моделирования геометрии), описание которого приведено ниже;

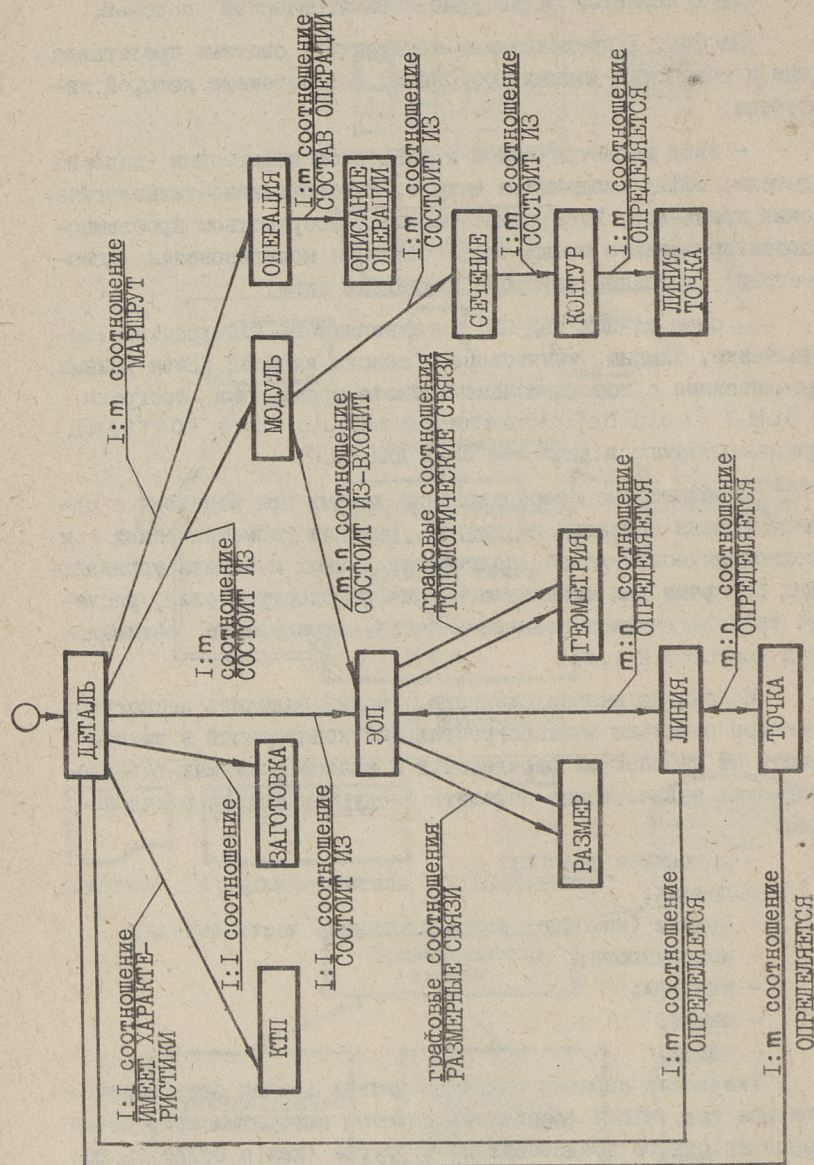
- база данных (БД-ГМ) предназначена для хранения, дополнения, замены, уничтожения, поиска записей. База данных реализована с использованием пакета прикладных программ BDM-F (Data Definition and Manipulation in FORTRAN), рекомендуемого в качестве СУБД для САПР;

- подсистема преобразования данных при переходе с одного уровня описания на другой, решения геометрических и технологических задач (подготовка данных и выдача управляющих программ для станков с ЧПУ и графопостроителей, расчета технологических размерных цепей, определение оптимальных допусков и т.д.).

Исходя из вышеизложенного, можно выделить несколько методов описания машиностроительных конструкций в зависимости от уровней их расчленения и класса решаемых технологических задач. Можно выделить следующие уровни расчленения:

- сборочные единицы;
- детали;
- модули (типовые, нормализованные части детали);
- поверхности;
- контуры;
- линии;
- точки.

Указанные способы описания детали должны быть взаимосвязаны так, чтобы обеспечить простые алгоритмы преобразования из одного представления в другое (как с более высшего уровня на низший, так и наоборот, с низшего уровня описания на высший). Данная задача решена посредством приме-



фиг. 2. Структура базы данных геометрического моделирования (БД-ГМ).

нения БД-ГМ, которая содержит данные, необходимые для выдачи полного комплекта технологических документов, а также данные для подготовки управляющих программ для оборудования с ЧПУ и подсистем конструирования элементов с выдчей на графопостроители. Структура БД-ГМ представлена на фиг. 2 и состоит из следующих наборов данных:

- | | |
|-------------|---|
| ДЕТАЛЬ | <ul style="list-style-type: none"> - обозначение чертежа детали; - наименование детали; |
| КТП | <ul style="list-style-type: none"> - данные конструкторско-технологических признаков детали, включающие: <ul style="list-style-type: none"> - материал детали; - габаритные размеры (длина, ширина, высота); - масса детали; - код детали; - код и значение шероховатости, глобально действующие на деталь; - значение радиуса закругления, глобально действующего на деталь; - значение фаски; - допуски размеров, не указанных на чертеже; - вид термообработки, код задания твердости, значения твердости и глубины закаленного слоя; - вид покрытия и значение толщины слоя покрытия; - другие конструкторские признаки наличия тех или иных типовых или нормализованных частей детали и их использование. |
| МОДУЛЬ | <ul style="list-style-type: none"> - часто встречающиеся сочетания ЭОП или нормализованные части детали, включающие: <ul style="list-style-type: none"> - обозначение модуля; - обозначение чертежа модуля (если он выполнен на отдельном чертеже); - допуски размеров; - значения глобально действующих радиуса и фаски; - код и значение шероховатости; - другие характеристики, описывающие форму и геометрию. |
| ПОВЕРХНОСТЬ | <ul style="list-style-type: none"> - данные ЭОП, состоящие из: <ul style="list-style-type: none"> - кодов типа, вида и функционального назначе- |

- ния ЭОП, характеристики "поколения" поверхности;
- характеристик расположения ЭОП;
 - характеристики качества поверхности;
 - характеристики точности формы;
 - характеристики термической обработки;
 - характеристики применяемого покрытия;
 - характерных размеров ЭОП.
- ЛИНИЯ - данные описания линий, образующих поверхность сложного профиля, содержащие характеристику линии.
- ТОЧКА - данные описания точек (координаты точки), образующих линии.

Загрузка базы данных геометрического моделирования БД-ГМ осуществляется посредством проблемно-ориентированного языка MGS.

Исходный язык описания деталей и задач геометрического моделирования MGS состоит из последовательности команд, каждая из которых предписывает некоторые действия. Команды языка MGS объединены в группы, а именно:

- описание общих сведений о детали;
- определения элементарных геометрических объектов;
- формирования составных геометрических объектов;
- вычисления угловых и линейных величин;
- функционального анализа;
- топологического анализа.
- отладки;
- машинной графики и другие.

Структура команд языка MGS разработана в соответствии с требованиями и рекомендациями "Единого входного языка САПР" и состоит из главных слов и модификаторов, которые выбираются таким образом, чтобы их смысловые значения максимально отражали специфику описываемого процесса. Поэтому для обозначения основных понятий используются слова из области технологии, геометрии, графики:

POINT, LINE, CIRCLE, CONTUR, PATTEN, SQUARE,
ANGLE, LEFT, RIGHT, XSMALL, YLARGE, RADIUS

и др.

В MGS содержится около 150 геометрических и функциональных модификаций команд, из которых:

- I4 - для определения точки;
 - I3 - для определения линии;
 - IO - для определения окружности;
 - 6 - для определения вектора;
 - 8 - для определения дуги;
 - IO - для определения отрезка
- и другие.

Кроме того, существуют команды определения локальных кривых, определения площади, периметра, эквидистанты к детали. На фиг. 3 представлена семантика и синтаксис написания различных модификаций команды определения точки (POINT).

При написании программы на языке MGS следует учитывать следующие требования:

- описание машиностроительной конструкции начинается с идентификации задачи. Это осуществляется командами

START и PROGNO;

- далее осуществляется идентификация детали (команда DETL), описание глобально-действующей информации детали и конструкторско-технологических признаков (команды PARTIN, KTR);

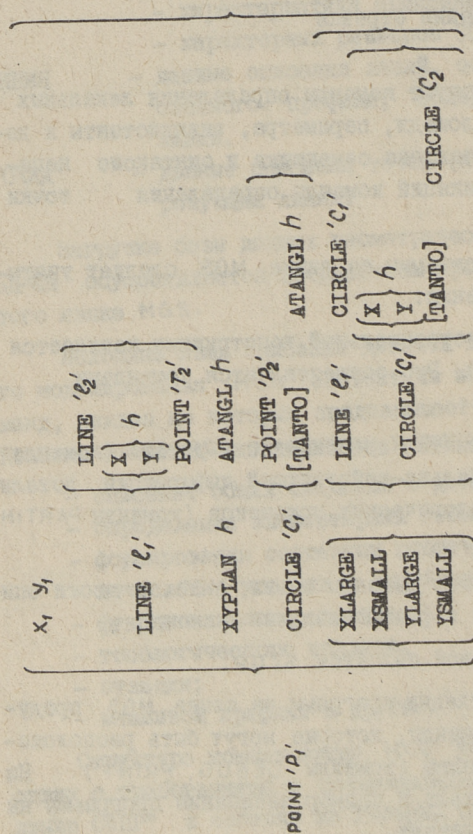
- далее записываются команды языка MGS в части описания геометрии детали и функциональные команды;

- последней командой является STOP.

Для облегчения отладки программ на языке MGS предусмотрены отладочные команды, которые могут быть расположены в любом месте программы (команды DEBUG, PRINT). На фиг. 4 представлена деталь и пример написания программы на языке MGS для этой детали.

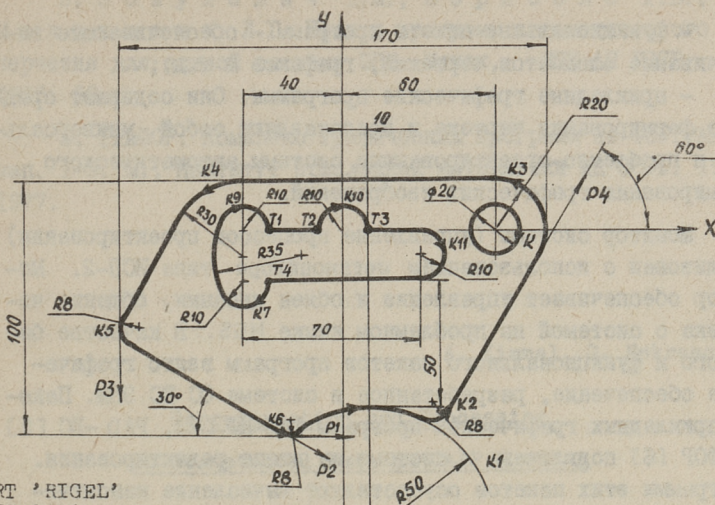
Программное обеспечение графики САПР можно условно разбить на несколько уровней:

- базисное программное обеспечение - программы общего назначения, обеспечивающие включение в систему графических устройств ввода-вывода, их функционирование и организацию операций обмена графическими данными;



- p_1 - идентификатор определяемой точки
- L_1, L_2 - идентификаторы прямых
- p_2 - идентификатор точки
- c_1, c_2 - идентификаторы окружностей
- x_i, y_i - координаты точки
- h - вещественная константа

Фиг. 3. Синтаксис команды определения точки.



```

START 'RIGEL'
DEBUG 'ON'
CIRCLE 'K3' 60.0 0.0 RADIUS 20.0
CIRCLE 'K4' -40.0 -10.0 RADIUS 30.0
CIRCLE 'K1' 10.0 -120.0 RADIUS 50.0
LINE 'P1' XAXIS -80.
CIRCLE 'K6' VLARGE LINE 'P1' XSMALL OUT CIRCLE 'K1' RADIUS 8.0
LINE 'P2' YSMALL TANTO CIRCLE 'K6' ATANGL GRAD 150.0 LINE 'P1'
LINE 'P3' YAXIS -90.0
CIRCLE 'K5' XLARGE LINE 'P3' XLARGE 'P2' RADIUS 8.0
LINE 'P4' XLARGE TANTO CIRCLE 'K3' ATANGL GRAD 60.0 LINE 'P1'
CIRCLE 'K2' XSMALL LINE 'P4' VLARGE OUT CIRCLE 'K1' RADIUS 8.0
CIRCLE 'K10' 0.0 0.0 RADIUS 10.0
CIRCLE 'K7' -40.0 -20.0 RADIUS 10.0
CIRCLE 'K9' -40.0 0.0 RADIUS 10.0
CIRCLE 'K8' XLARGE IN CIRCLE 'K9' IN CIRCLE 'K7' RADIUS 35.0
POINT 'T1' -30.0 0.0
POINT 'T2' -10.0 0.0
POINT 'T3' 10.0 0.0
CIRCLE 'K11' 25.0 -10.0 RADIUS 10.0
POINT 'T4' -30.0 -20.0
CIRCLE 'K' 60.0 0.0 RADIUS 10.0
PRINT EL 'K3' EL 'K4' EL 'K1' EL 'P1' EL 'K6' EL 'P2' EL 'P3' END
PRINT EL 'K5' EL 'P4' EL 'K2' EL 'K10' EL 'K7' EL 'K9' EL 'K8' END
PRINT EL 'T1' EL 'T2' EL 'T3' EL 'T4' EL 'K11' EL 'K' END
CONTUR 'KKK' SYMB CIRCLE CLW 'K1' CIRCLE 'K2' CIRCLE 'K3' CIRCLE *
      'K4' CIRCLE 'K5' CIRCLE 'K6' CIRCLE CLW 'K1' SEP POINT 'T1' *
      POINT 'T2' CIRCLE CLW 'K10' POINT 'T3' CIRCLE CLW 'K11' *
      POINT 'T4' CIRCLE CLW 'K7' CIRCLE CLW 'K8' CIRCLE CLW 'K9' *
      POINT 'T1' SEP CIRCLE CLW 'K' END
PRINT EL 'KKK' END
VECTOR 'V1' 150.0 150.0
SHIFT NEWPAT 'KK1' PAT 'KKK' VECTOR 'V1'
PLOTS DEVICE '7252' ON FACTOR 0.1 PAT 'KK1' TYPL 1 FORM 210. 297. *
1
STOP 'RIGEL'

```

Фиг. 4. Пример программы на языке MGS.

- функциональные пакеты программ - обеспечивающие вычерчивание элементов чертежей, графиков и т.д.;
- прикладные графические программы. Они содержат средства формирования чертежа и представляют собой универсальные и проблемно-ориентированные системы автоматического формирования графических изображений.

Монитор системы (управление процессом проектирования) реализован с использованием метамонитора типа ИСП-2. Монитор обеспечивает управление и обмен данными, общение человека с системой на проблемном языке MGS. В качестве базового и функционального пакетов программ взято графическое обеспечение, разработанное в системе ОС ЕС ЭВМ. Пакеты прикладных графических программ ФАП-КФ [2], РАД-ЕС [5] ГРАФОР [6] подключены к системе на этапе редактирования. Программы этих пакетов осуществляют вычисление канонических параметров определяемых геометрических объектов, распределение памяти под геометрические элементы, диагностику ошибок, выполняемых в процессе счета и выдаваемых на АЦПУ, вычерчивание машиностроительных чертежей. Программы пакетов ставятся в соответствие командам языка MGS. Система реализована для ЕС ЭВМ.

Л и т е р а т у р а

1. Цветков 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. Некрасов Г.И. Обработка геометрической и размерной информации при автоматизированном проектировании технологических процессов механической обработки. - В сб.: Усовершенствование технологической подготовки производства машиностроительных и приборостроительных предприятий и применение средств вычислительной техники. Тезисы докладов на республиканской научно-технической конференции. Таллин, 1979, с. 50-52.

5. Зозулевич Д.М., Борисова Г.Б.,
Максимова Л.Г. Пакеты программ автоматического
черчения для единой системы ЭВМ. Минск, ИТК АН БССР,
1978. 98 с.

6. ГРАФОР: Комплекс графических программ на ФОРТРАНе,
вып. 1-9. М., Институт прикладной математики АН СССР. 1971-
1977.

A. Kimmel, G. Nekrassov

Representation and Processing
of Geometrical Data in CAPP Systems

Summary

Geometrical computations constitute an essential part
of computer-aided process planning (CAPP) systems.

Attempts to improve geometrical algorithms are pres-
ented here. The geometrical data structures and source lan-
guage for this purpose are described.

The corresponding programs have been realized and in-
cluded in a general CAPP system.

НЕКОТОРЫЕ ПРОБЛЕМЫ СОСТОЯНИЯ И РАЗВИТИЯ ТЕОРИИ РЕЗАНИЯ КАК ИСТОЧНИКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ИСХОДНОЙ ИНФОРМАЦИИ

Начиная со второй половины прошлого столетия до сегодняшнего дня резание металлов лезвием является наиболее экономичным методом обработки, который во многих случаях обеспечивает требуемое качество и высокую производительность обработки. По мнению некоторых авторов обработка резанием не является перспективным технологическим процессом — ищутся возможности для перехода на более эффективные безотходные или малоотходные процессы (различные методы пластического деформирования, порошковая металлургия и др.). Но до сих пор нет конкретных предложений для замены обработки резанием при изготовлении сложных и точных деталей. В шестидесятых годах настоящего столетия предполагали, что обработка резанием сохранит свое значение примерно до 80-го года. По нынешним прогнозам роль резания не уменьшится до начала XXI столетия. Если еще недавно наблюдалась тенденция перехода на шлифование взамен резания лезвием (и это даже при немалых припусках), то благодаря разработке новых композиционных и сверхтвердых материалов лезвия, в настоящее время тенденция обратная. Обработка закаленных поверхностей лезвием не является проблемой, причем во многих случаях обеспечивается как более высокое качество обработанной поверхности, так и большая производительность, чем при шлифовании.

Проектирование технологических процессов металлообработки базируется до сих пор главным образом на накопленном опыте. Обеспечивает ли спроектированная технология в конкретных производственных условиях требуемое качество обработки, можно ли обеспечить заданное качество обработки при

более высокой производительности (напр. уменьшением числа проходов за счет подбора геометрии инструмента с учетом жесткостных характеристик технологической системы) — на эти и прочие аналогичные вопросы можно отвечать в итоге всестороннего анализа технологического процесса, базирующегося на аналитическом описании его элементов. Из-за весьма большого объема вычислительных работ этот анализ выполним только при помощи современной вычислительной техники. В настоящее время применима методика прогнозирования точности обработки математическим моделированием процессов, происходящих в технологической системе [6], что позволяет выявить роль каждого фактора при образовании суммарной погрешности обработки и ввести ограничение по точности обработки в модель оптимизации режима резания. Наряду с прочими факторами на качество аналитически спроектированного технологического процесса влияет качество исходной информации. Важную роль играют точность жесткостных характеристик технологической системы и точность моделей (зависимостей) процесса резания. В сущности процесс резания является сложным процессом, который зависит от большого количества факторов, причем интенсивность и даже направление влияния многих факторов зависят как от области варьирования фактора, так и от уровней большого количества остальных факторов. Вследствие этого до сих пор не удалось и, по-видимому, в будущем не удастся создать широкодиапазонные теоретические зависимости процесса резания, базирующиеся на результатах фундаментальных наук. Прикладные модели (зависимости) процесса резания, как правило, эмпирические. Все характеристики процесса резания и сопровождающие процесс явления (компоненты силы резания, показатели износа лезвия, стойкость и температурные деформации инструмента, показатели качества обработанной поверхности) можно описать как функции от групп факторов:

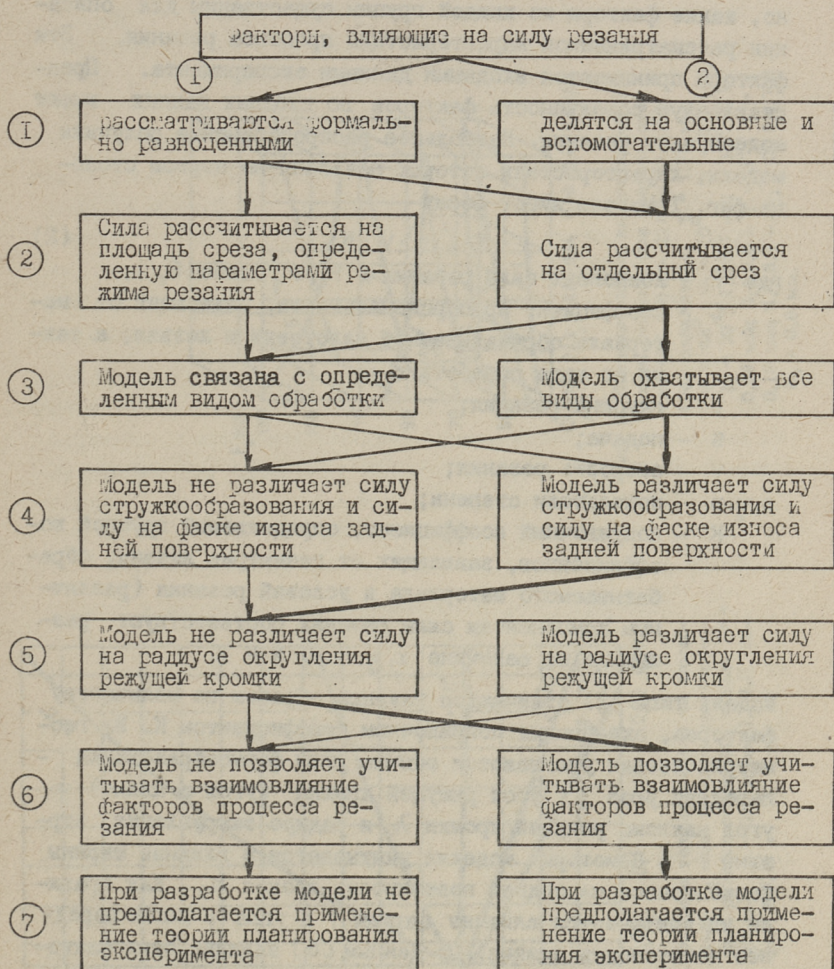
$$X_i = f(\Gamma, P, M_{об}, M_{и}, Y), \quad (I)$$

где X_i — рассматриваемая характеристика процесса резания;

Γ — углы и параметры лезвия; факторы, определяющие значения углов в процессе резания;

P — элементы режима резания;

$M_{об}$ — показатели свойств обрабатываемого материала;



Фиг. 1. Основные признаки различения эмпирических моделей силы резания.

M_n - показатели свойств инструментального материала;
 Y - условия обработки.

По базовым исследованиям [7] процесса резания известно, какие факторы из каждой группы существенны для описания рассматриваемой характеристики процесса резания. Эти факторы принимаются входными данными эксперимента. Представленную совокупность факторов во входных данных имеют модели силы резания. Наибольшее распространение получили модели, характеристики которых показаны на первом столбце фиг. 1. Модели имеют форму

$$F = C \cdot t^x \cdot s^y \cdot v^n \cdot K, \quad (2)$$

где F - компонент силы резания (F_x , F_y либо F_z);

C - коэффициент пропорциональности, зависящий от материала обрабатываемой заготовки и лезвия, а также от вида обработки;

t - глубина резания;

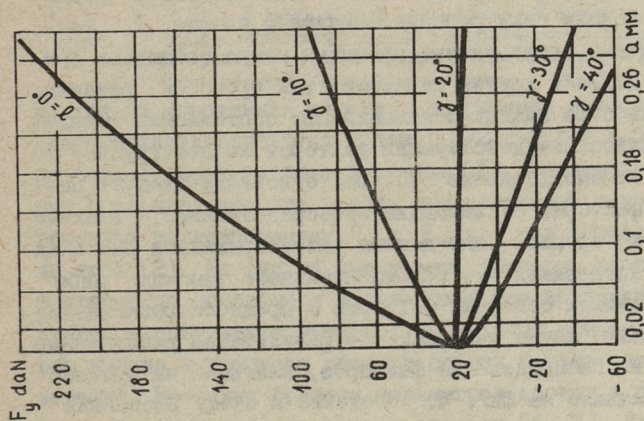
s - подача;

v - скорость резания;

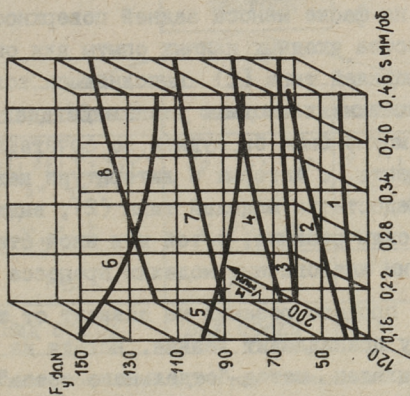
x, y, n - показатели степени;

K - поправочный коэффициент, определяемый группой коэффициентов, зависящих от геометрии лезвия, обрабатываемого материала и условий резания (различным компонентам силы резания соответствуют различные по величине x, y, n, C и K).

Модели типа (2) отличаются главным образом по количеству факторов, охваченных поправочным коэффициентом K . Из геометрии лезвия учитываются обычно углы формообразования - передний угол γ , угол режущей кромки (угол в плане) φ , угол наклона режущей кромки λ и радиус закругления вершины r . В некоторых моделях учитывается и влияние ширины фаски износа на задней поверхности лезвия h_3 . Как правило, не учитывается влияние ширины r и угла γ_f фаски передней поверхности лезвия. По данным [5] влияние этих факторов существенное. Модели типа (2) образовались исторически. При их разработке отсутствовало представление о взаимовлиянии факторов процесса резания. Существенное взаимовлияние многих факторов в настоящее время общеизвестно. Различные изменения составляющей силы резания F_y при изменении подачи (толщины среза) показаны на фиг. 2 и 3. По



Фиг. 2. Влияние толщины среза на компонент F_y силы резания при свободном резании стали 20X в воде ($b = 10$ мм, $v = 0,7$ м/мин), Н.Н. Зорев [1].



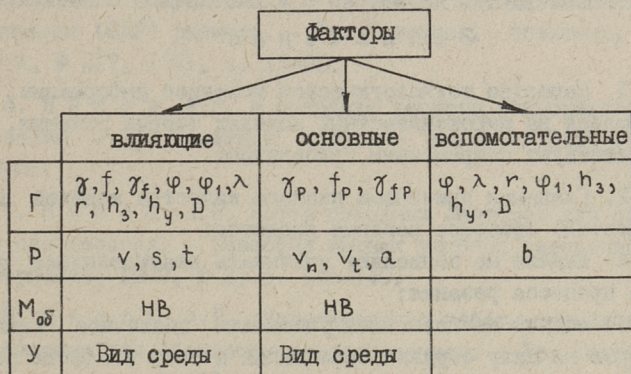
Фиг. 3. Влияние подачи на компонент F_y силы резания при резании стали 40X (HB = 227 $\sigma_{0.2}$ Н/мм²) без охлаждения, $t_0 = 1,75$ мм, $\varphi = 45^\circ$, $\varphi_1 = 10^\circ$, $r = 0,2$ мм; $\gamma_f = 20^\circ$; $1,3,5,7 - \gamma = 15^\circ$, $f = 0,08$ мм; $2,4,6,8 - \gamma = 5^\circ$, $f = 0,16$ мм; $1,2,3,4 - h_3 = 0$; $5,6,7,8 - h_3 = 0,8$ мм.

характеристикам фиг. 3 показатель степени подачи изменяется от $-0,2$ до $+0,44$, но для моделей типа (2) она постоянная и по [4] равняется $0,6$. Наряду с этим модели типа (2) не позволяют учитывать различное влияние факторов на составляющие компонентов силы резания (на силу стружкообразования и силу на фаске износа задней поверхности). Из-за большого количества входных данных опыта для определения коэффициентов моделей типа (2) выполнялись только при определенных сочетаниях входных данных. Об адекватности моделей типа (2) можно было бы судить по сочетаниям входных данных эксперимента, о которых в литературе, как правило, нет сведений. Недостатки моделей типа (2), выдвинутые на примере модели силы резания, в той или иной степени характерны и другим аналогичным моделям процесса резания.

В принципе процесс резания не зависит от того, к какому инструменту принадлежит лезвие. Исходя из этого многими авторами предложен метод "отдельного среза", который позволяет использовать однотипные уравнения при многих видах обработки лезвием. Однако такие модели (напр., модель из работы [3] с кодом I, I-2, 2-3, 2-4, I-5, 2-6, I-7, I по фиг. 1) имеют в основном те же недостатки, что модели типа (2).

Признаки наиболее рациональной и адекватной к процессу резания модели силы резания соединены на фиг. 1 толстыми стрелками. Аналогичные принципы можно соблюдать при разработке моделей других характеристик процесса резания. Одним из наиболее важных положений при составлении моделей является разделение действующих факторов на две группы — основные и вспомогательные [7]. Под основными следует подразумевать факторы, оказывающие непосредственное влияние на изучаемый процесс (они должны рассматриваться как входные данные эксперимента). Вспомогательные факторы либо уточняют значения основных факторов в процессе резания, либо их влияние можно учитывать по результатам выполненных исследований. Распределение факторов, влияющих на процесс точения, показано на фиг. 4. Введение в схему небольших дополнений охватывает все случаи обработки, при которых поверхность резания винтовая. Если распределить факторы на основные и вспомогательные, то для определения коэффициентов модели типа 2^n (n — число независимых пе-

ременных) требуется $2^8 = 256$ серий экспериментов. Для получения равноценной модели без распределения факторов требуемое количество серий экспериментов $2^{15} = 32768$. Наряду с этим математическое описание модели окажется весьма громоздким.



Фиг. 4. Схема распределения факторов, влияющих на процесс резания. Параметры формы и установки лезвия: γ – передний угол; f, f_p – фаска и угол фаски передней поверхности; φ, λ – угол и угол наклона режущей кромки; φ_1 – угол вспомогательной режущей кромки; r – радиус закругления вершины; h_3 – ширина фаски износа на задней поверхности; h_y – расстояние вершины лезвия до уровня центров станка; D – диаметр обрабатываемой детали. Параметры лезвия в процессе резания: γ_p – передний угол; f_p, f_{fp} – фаска и угол фаски передней поверхности. v_n, v_t – нормальная и тангенциальная составляющие скорости резания. a, b – толщина и ширина среза. НВ – твердость обрабатываемого материала.

Несколько упрощенная модель силы резания и ее коэффициенты (модель характеризуется кодом I,2-2,2-3,I-4,2-5,I-6,2-7,2 по фиг. I) представлена в статье [5]. Эмпирическое сравнение показало, что эта модель при некоторых сочетаниях переменных по компонентам F_x и F_y в 5 раз точнее, чем модели типа (2). Из фиг. 4 выясняется, что при распределении факторов на основные и вспомогательные количество входных данных эксперимента уменьшается за счет применения параметров лезвия в процессе резания взамен параметров формообразования. Методика расчета параметров лезвия в процессе резания при точении изложена в статьях [6, 7]. Для применения модели [5] в иных случаях следует разработать зависимости, определяющие значения соответствующих основных факторов. Важно обратить внимание на то, что уравнения для расчета кинематических углов лезвия (определяющих в прин-

ципе значения параметров лезвия в процессе резания), разработанных многими авторами, а также соответствующие уравнения в международном стандарте [2] неприменимы при оп-ределении основных факторов (даже не в первом приближении) из-за неточностей, указанных в [7].

З а к л ю ч е н и е

1. Качество технологической исходной информации, ба-зирующейся на широкоизвестных моделях теории резания, не соответствует современным требованиям.

2. Главными причинами низкого качества моделей (за-висимостей) процесса резания являются:

а) модели не позволяют учитывать взаимовлияния фак-торов процесса резания;

б) модели не позволяют учитывать различное влияние факторов на силу стружкообразования и силу на фаске изно-са задней поверхности;

в) в моделях считаются все факторы равноценными (без разделения зависимых и независимых факторов), что обуслов-ливает необоснованно большое количество входных данных эксперимента.

3. Технологические решения, базирующиеся на приме-нении моделей процесса резания, можно принимать как рацио-нальные схемы решения проблемы, для практического приме-нения которых требуется уточнение исходной информации.

4. Повышение качества технологической информации, ба-зирующейся на теории резания, позволяет лучше использовать внутренние резервы для повышения эффективности машиностро-ения.

Л и т е р а т у р а

1. З о р е в Н.Н. Вопросы механики процесса резания металлов. Машгиз, 1956, 368 с.

2. Международный стандарт ИСО 3002/1 - 1977 (Е).

3. Т и м о ф е е в И.И., Т а б а к о в В.П. Силовые зависимости при резании металлов. Ульяновский политехн. ин-т, г. Ульяновск, 1973, 20 с.

4. Справочник технолога машиностроителя. Под ред. А.Н. Малова, Машгиз, 1963. 912 с.

5. Янсон А.Р. Моделирование работы токарного гидро-копировального полуавтомата с системами автоматического регулирования (САР) размера. - Тр. Таллинск. политехн. ин-та, Серия А, № 317, 1971, с. 15-30.

6. Я н с о н А.Р. К методике расчета компонентов силы резания. - Тр. Таллинск. политехн. ин-та, № 365, 1974, с. 39-52.

7. Я н с о н А.Р. Выбор основных факторов для определения сил резания. - Известия высших учебных заведений, Машиностроение, 1977, № 2, с. 145-149.

8. Я н с о н А.Р. Моделирование работы технологической системы для обработки валов резанием. - Тр. Таллинск. политехн. ин-та, № 413, 1976, с. 11-20.

A. Jaanson

On the State and Development of the Theory
of Metal Cutting as Basic Technological
Information

Summary

In the article symptoms for distinguishing models of cutting action are suggested. Analysis of equivalence of the well-known models and actions described by them are given. Non-conformity to up-to-date requirements of the technological information, based on the models of cutting action is shown. Principles for elaborating the cutting action models, exactness of which is essentially better, are brought out.

С о д е р ж а н и е

I.	Р.А. Кюттнер. Описание моделей предметной области и технология реализации интегрированных САПР-ТП.	3
2.	Р.А. Кюттнер, О.М. Эльяс. Банк данных для принятия решений по выбору СТО.	17
3.	Ю.Ю. Анвелът, Ю.В. Папстел. Система анализа производства и унификации объектов комплекса технологической подготовки производства. . .	29
4.	А.А. Киммель, Г.Н. Некрасов. Представление и обработка данных при геометрическом моделировании машиностроительных деталей в САПР-ТП .	37
5.	А.Р. Янсон. Некоторые проблемы состояния и развития теории резания как технологической исходной информации.	49

АВТОМАТИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЕКТИРОВАНИЯ
ПРОЦЕССОВ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ

Машиностроение XIX

УДК 658.512:621.44

Описание моделей предметной области и технология
реализации интегрированных САПР-ТП. Кюттнер Р.А.
Труды Таллинского политехнического института,
1981, № 517, с. 3-16.

В статье рассматриваются основные вопросы декомпозиции исходной комплексной задачи проектирования технологических процессов в САПР-ТП. Предложен типовый набор проектных процедур для реализации САПР-ТП и вопросы обеспечения данными. Отдельно рассмотрены содержание базы данных, базы целей и базы знаний для этих систем и методы их реализации.

Фигур - 3, библи. наименований - 13.

УДК 652.512:621.14

Банк данных для принятия решений по выбору СТО.
Кюттнер Р.А., Эльяс О.М. - Труды Таллинского
политехнического института, 1981, № 517, с. 17-27.

В статье описывается автоматизированная информационно-поисковая система по выбору средств технологического оснащения (БД-СТО), разработанная на кафедре технологии машиностроения Таллинского ПИ. Приводится логическая структура данных БД-СТО, дается описание основных видов действий, таких как ввод и редактирование данных, обработка запросов, установление ограничений по номенклатуре применяемых СТО. Для повышения удобства использования введены возможности обработки последовательных взаимосвя-

занных запросов по различным видам СТО и выбора СТО по моделям предметной области. Система реализована для ЕС ЭВМ и работает в пакетном и диалоговом режимах.

Фигур - 6, библиографических наименований - 3.

УДК 658.512.681.142

Система анализа производства и унификации объектов комплекса технологической подготовки производства. Анвельт Ю.Ю., Папстел Ю.В. - Труды Таллинского политехнического института, 1981, № 517, с. 29-36.

В статье описывается типовая структура системы анализа производства и унификации объектов комплекса технологической подготовки производства, основанная на использовании высокоэффективного банка данных. На основе типовой системы можно инициализировать рабочую систему для конкретного предприятия.

Фигур - 3, библиографических наименований - 4.

УДК 658.512:621.14

Представление и обработка данных при геометрическом моделировании машиностроительных деталей в САПР-ТП. - Труды Таллинского политехнического института, 1981, № 517, с. 37-47.

В статье рассмотрены вопросы описания машиностроительных конструкций. Дано краткое описание исходного языка MGS, предусмотренного для описания деталей и задач геометрического моделирования, приведены некоторые основные требования необходимые при написании программ на языке MGS. Система реализована для ЭС ЭВМ использованием метамонитора ИСП-2, пакета прикладных графических программ ФАП-КФИ и DDM-F.

Фигур - 4, библиографических наименований - 6.

Некоторые проблемы состояния и развития теории резания как источника технологической исходной информации. Янсон А.Р. - Труды Таллинского политехнического института, 1981, № 517, с. 49-57.

В статье выдвигаются признаки различения моделей процесса резания. Приводится анализ адекватности широкоизвестных моделей и описываемой ими процесса. Показывается, что качество технологической исходной информации, базисной на моделях теории резания, не соответствует современным требованиям. Выдвигаются принципы разработки моделей процесса резания, позволяющие существенно повысить точность моделей.

Фигур - 4, библиографических наименований - 8.

Цена 50 коп.