

Министерство высшего и среднего специального образования СССР

Московское  
ордена Ленина и ордена Трудового Красного Знамени  
высшее техническое училище имени Н. Э. Баумана

Р. З. ДИЛАНЯН, И. И. КРАВЧЕНКО, В. Л. КИСЕЛЕВ

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ  
к лабораторным работам по курсу  
«АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ  
ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ»

Часть I.

Автоматизация проектирования технологических  
маршрутов обработки

Москва

1979

Московское ордена Ленина и ордена Трудового Красного Знамени  
высшее техническое училище им. Н.Э.Баумана

Р.З.Диланян, И.И.Кривченко, В.Л. Киселев

Утверждены  
редсоветом МВТУ

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ  
К ЛАБОРАТОРНЫМ РАБОТАМ ПО КУРСУ  
"АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ"

Часть I. Автоматизация проектирования технологических  
маршрутов обработки



Под редакцией Н.М.Капустина

Министерство высшего и среднего специального образования СССР  
Национальный оборонно-технический университет имени академика Д.П. Кондратьева

Инженерно-технический факультет, кафедра АМ-3

Данные методические указания издаются в соответствии с учебным планом. Рассмотрены и одобрены кафедрой АМ-3 21.06.78 г., Методической комиссией факультета АМ и Учебно-методическим управлением.

Рецензент к.т.н. доц. Семенов В.И.



## СОДЕРЖАНИЕ

Введение .....	4
Работа № 1. Автоматизация проектирования технологических маршрутов обработки деталей .....	4
Работа № 2. Автоматизация проектирования маршрутно-операционных технологических процессов .....	II
Работа № 3. Автоматизация проектирования маршрута обработки поверхности детали .....	16
Работа № 4. Анализ на ЭВМ образования группы деталей, изготавливаемых из комплексной заготовки .....	19



## ВВЕДЕНИЕ

Часть I данных методических указаний посвящается работам по автоматизации проектирования технологических маршрутов обработки и анализа образования групп деталей с комплексной заготовкой на ЭВМ. Часть II предназначена для лабораторных работ по автоматизации проектирования станочных операций.

Процесс проектирования в лабораторном практикуме рассматривается на ряде уровней формализации. Первый уровень дает представление о совокупности решаемых задач (автоматизация проектирования технологических маршрутов обработки) в виде системы, определяющей взаимосвязь операций и переходов технологического процесса механической обработки. Второй уровень - это совокупность отдельных задач оптимизации станочных операций, для каждой из которых устанавливается признаковое пространство, а затем дается формальное представление задачи в этом признаковом пространстве.

Особенностью данных лабораторных работ является их исследовательский характер.

Программное обеспечение лабораторных работ включает пакет прикладных программ на алгоритмическом языке "Фортран". В качестве технического средства используется ЭВМ модели ЕС 10-20.

### Работа № I. АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ МАРШРУТОВ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛЕЙ

Цель работы: 1) спроектировать маршрут механической обработки деталей класса тела вращения - ступенчатых валов и карданных вилок - с помощью ЭВМ;

2) определить влияние логических условий на ход проектирования маршрутной технологии.

#### Описание работы

Исходными данными для автоматизированного проектирования технологических маршрутов обработки деталей служат: конструкция детали (ее конфигурация, размеры, разновидности ее поверхностей - цилиндрические, плоские, резьбы, пазы, шлицы, канавки и др.), технологические условия приемки (точность, шероховатость поверхностей, термическая обработка), программа выпуска, а также заданный вид заготовки (ее точность, качество

поверхностей и пр.) Исходными данными служат также сведения о наличном оборудовании, приспособлениях и инструменте. Данную деталь относят к подклассу (валы, диски, корпусные детали и др.), руководствуясь принятым классификатором. В зависимости от условий конкретная деталь может быть отнесена к группе или другой мелкой градации, например подгруппе или виду в соответствии с построением используемой классификации.

Задача по проектированию маршрута обработки на ЭВМ решается следующим образом\*. Для данного подкласса (группы, подгруппы или вида) деталей устанавливается обобщенный маршрут обработки. Обобщенный маршрут содержит все операции обработки, включая шифры оборудования, оснастки, разряда и профессии рабочего, необходимые для проектирования конкретного маршрута деталей подкласса, группы или подгруппы.

Обобщенный маршрут представляет собой множество операций существующих индивидуальных маршрутов. Эти маршруты имеют типовую последовательность и содержание. Если имеют множество индивидуальных маршрутов  $M_1, M_2, \dots, M_i, \dots, M_j, \dots$  (где  $1, 2, \dots, i, \dots, j, \dots, n$  - номера индивидуальных маршрутов) для какого-то подкласса или группы деталей, то при объединении этих маршрутов в обобщенный  $M_y^* \supset M_i$ , т.е. обобщенный маршрут  $M_y^*$  включает индивидуальные  $M_i$ . При этом число объединенных маршрутов должно стремиться к максимуму, т.е.

$$M_y^* = \bigcup_{i=1}^n M_i, \text{ где } n \rightarrow \max.$$

Объединение маршрутов характеризует область пересечения множеств операций при вхождении в обобщенный маршрут. Необходимым условием включения индивидуального маршрута в обобщенный является наличие области пересечения  $M_{пер}$  операций ( $M_y^* \cap M_i \neq \emptyset$  / без учета отношения порядка элементов (операций) множества). Мощность пересечения  $|M_{пер}|$  и мощность обобщенного маршрута  $|M_y^*|$  служат критериями для анализа и совершенствования работ по типизации технологических процессов.

Каждая операция обобщенного маршрута имеет определенные признаки - логические условия выбора операций для конкретного маршрута. Существует множество условий  $A = \{A_j^e\}$  (влияющих

\* См. Капустин Н.М. Разработка технологических процессов обработки деталей на станках с помощью ЭВМ. М., "Машиностроение", 1976, стр. 49-83.

на выбор операции, например минимальная шероховатость поверхности, количество ступеней вала и их расположение, конфигурация шпоночного паза, требования по соосности основных отверстий корпусных деталей и др.), где  $i = 1, 2, 3, \dots, n_1$  - количество состояний каждого конкретного условия (например, разное конструктивное оформление шпоночных пазов);  $j = 1, 2, \dots, n_2$  - количество условий. Эти условия, предварительно закодированные, могут сочетаться как  $A_1 \nabla A_2 \nabla A_3 \dots \nabla A_{n_1}$ , т.е. логическая сумма условий ( $\nabla$  - знак ИЛИ), и как  $A_1 \wedge A_2 \wedge A_3 \dots \wedge A_{n_1}$ , т.е. логическое произведение условий ( $\wedge$  - знак И). Логическая функция, определяющая условия назначения операции, имеет вид

$$\bigvee_{j=1}^{n_2} \left( \bigwedge_{i=1}^{n_1} A_i \right)_j$$

Например, логическая функция обработки ступенчатого вала в центрах на токарном гидрокопировальном полуавтомате включает условия, определяющие:  $A_1$  - число ступеней вала и  $A_2$  - количество деталей в партии. Эти условия сочетаются как логическое произведение  $A_1 \wedge A_2$ , т.е. соблюдение этих условий является обязательным. У шеек ступенчатого закаленного вала может быть разная требуемая шероховатость, например с  $R_a = 1,25$  и  $R_a = 0,63$  (ГОСТ 2789-73). В этом случае условия назначения шлифовальной операции будут сочетаться как логическая сумма, т.е.  $A_{11} \nabla A_{12}$ . Здесь условие  $A_{11}$  или условие  $A_{12}$  будут определять назначение шлифовальной операции. Каждой операции маршрута ставится в соответствие своя логическая функция; совокупность логических функций представляет логическую функцию обобщенного маршрута:

$$\varphi = \bigvee_{\ell=1}^{n_3} \left\{ \bigvee_{j=1}^{n_2} \left( \bigwedge_{i=1}^{n_1} A_i \right)_j \right\}_\ell$$

где  $Q$  - количество условий в обобщенном маршруте;  $\ell$  - количество операций в маршруте,  $\ell = 1, 2, 3, \dots, n_3$ . Знак  $\bigvee_{\ell=1}^{n_3}$  в логической функции обобщенного маршрута показывает, что в конкретные маршруты могут входить или не входить отдельные операции. Аналогично подобные логические функции формируются для выбора оборудования и оснастки.

## Порядок выполнения работы

### 1. Подготовка исходных данных для автоматизированного проектирования маршрутов обработки деталей

Для выполнения работы студенту выдаются рабочие чертежи деталей класса валов (рис. 1). Необходимо внимательно изучить рабочие чертежи, проанализировать технические требования, предъявляемые чертежом, а также познакомиться с информацией о заготовке детали, партионности, цехе-изготовителе, участке механической обработки и т.д. Затем заполняется таблица кодированных сведений (ТКС) согласно форме (см. табл. 1). В 5-ю строку записываются логические условия (см. приложение 1), присущие конкретной детали. Условия представляют собой двух-разрядные числа и могут записываться на ТКС в любом порядке.

### 2. Влияние логических условий на ход проектирования маршрутной технологии

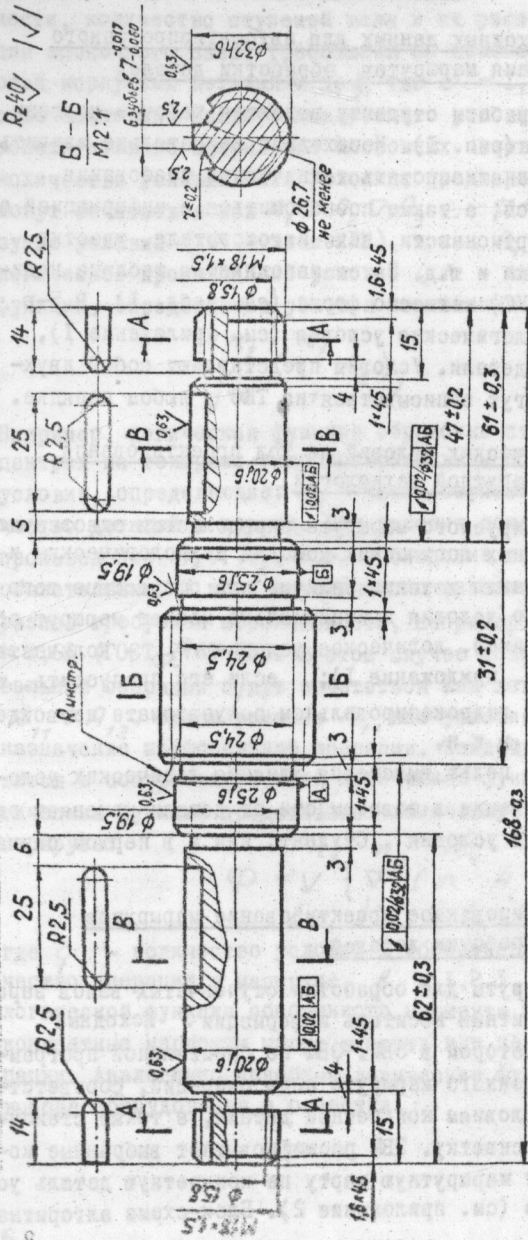
Качество проектируемого маршрута определяется однозначно соответствием выбранных логических условий технологическим и конструктивным признакам детали. Наличие или отсутствие того или иного логического условия принципиально меняет маршрут обработки детали. Например, логическое условие  $A_{50}$  - количество деталей в партии (см. приложение 1); если его пропустить, то токарная операция на гидрокопировальном полуавтомате не войдет в маршрут обработки, и т.п.

Преподаватель с целью выяснения влияния логических условий на ход проектирования в зависимости от детали изменяет одно или два логических условия. Студент, как и в первом случае, заполняет ТКС.

### 3. Автоматизированное проектирование маршрутов обработки деталей

Обобщенные маршруты для обработки ступенчатых валов заранее записаны на магнитный носитель информации. Исходные данные вводятся оператором в ЭВМ. ЭВМ по специальной программе выбирает из обобщенного маршрута коды операций, соответствующие логическим условиям конкретной детали, а также станочное оборудование и оснастку. ЭВМ расшифровывает выбранные коды операций и выдает маршрутную карту на конкретную деталь установленного образца (см. приложение 2). Блок-схема алгоритма





Острые кромки притупить  
 Покрытые - оксидирование  
 Число деталей в партии 100шт.  
 ТО 45-У



№чертежа	Наименов.	Матер.	Масса
6К32-322М-45	Вал	Сталь 45	0,6кг

Рис. 1

Таблица I

## Г С - для комментария Кодировочная таблица ввода исходных данных

		Предложение на языке фортран											
№2	Метка	6	12	18	24	30	36	42	48	54	60	66	.....80
1	черт ж №			наименование	Дет.	шифр	материала						
2	масса		вид заготовки	ТАБАРИТЫ	ДЕТАЛИ								
3	цех учас.												
4			число	кодов	технических	требований	логических	условий	(логических операций)				
5					коды								1-й вар.
6													2-й вар.
7													

проектирования технологического маршрута обработки детали представлена на рис. 2. Блок 3 алгоритма вызывает сначала первую, а затем, после соответствующих команд, и последующие операции обобщенного маршрута со своими элементарными логическими функциями  $f_k$ . Далее проверяют наличие этой логической функции и вызываемой операции (блок 4). Если  $f_k \neq 0$ , то определяют соответствие первого и последующих наборов логических условий ( $\lambda_j = \lambda_j^{\text{т}}, A_i$ ) операции логическим условиям детали  $\lambda_j^{\text{д}}$ , для обработки которой проектируют индивидуальный технологический маршрут (блок 5). В случае выполнения требований, оговоренных в блоках 4 или 5, происходит запоминание кода операции (блок 6). В блоке 6 осуществляется формирование конкретного технологического маршрута. Если эквивалентность  $\lambda_j$  и  $\lambda_j^{\text{д}}$  отсутствует, проверяют наличие следующего набора логических условий в операции (блок 7). При  $\lambda_j = 0$  операция не имеет больше наборов логических условий и происходит вызов следующей операции обобщенного маршрута. После проверки всех операций обобщенного маршрута на печать выдают коды операций индивидуального маршрута для конкретной детали с текстом формулировок операций. По аналогичному алгоритму выбирается станочное оборудование и оснастка. Спроектированный ЭВМ технологический

маршрут проверяется преподавателем. Студент сравнивает правильный и неправильный технологические маршруты и делает выводы.

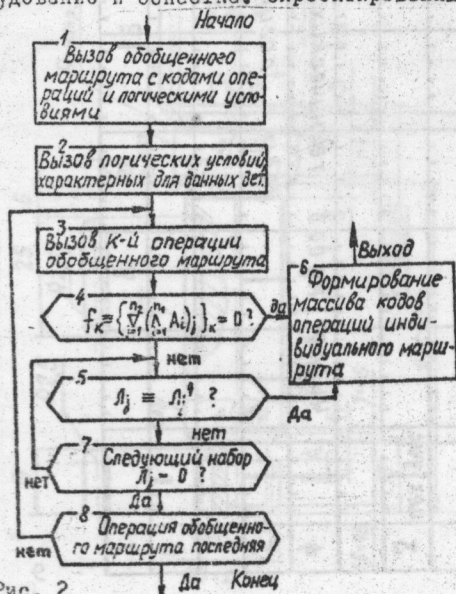


Рис. 2

## Работа № 2. АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ МАРШРУТНО-ОПЕРАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

Цель работы: 1) спроектировать маршрутно-операционный технологический процесс обработки деталей класса "тела вращения" (ступенчатые валы) с помощью ЭВМ; 2) установить влияние исходных данных на проектируемый технологический процесс.

### Описание работы

Задача автоматизации проектирования технологического процесса обработки ступенчатых валов решается автоматизированной подсистемой, построенной по блочно-модульному принципу. Подсистема состоит из следующих основных блоков, решающих отдельные задачи:

блок управления общим ходом проектирования (программа "резидент");

блок выбора маршрута обработки детали (маршрутный диспетчер);

блоки формирования текста операций технологического процесса;

блоки нормирования операций обработки ступенчатых валов;

блоки выбора оборудования, инструмента, приспособления при выполнении операций маршрута обработки деталей.

Маршрутный диспетчер формирует последовательность операций, опрашивая по программе исходные данные на наличие тех или иных конструктивных и технологических параметров детали, и затем формирует логические условия.

Индивидуальный технологический маршрут строится путем выделения из общего маршрута, созданного для конкретной группы валов. Исходными данными для такого построения являются логические условия, формируемые по конструктивным и технологическим признакам детали\*.

Общий маршрут характеризуется некоторым набором элементарных логических функций, соответствующих каждой операции:

$$f_K = \left\{ \bigvee_{j=1}^{n_2} \left( \bigwedge_{i=1}^{n_1} A_i \right) \right\}_K, \text{ где } K = 1, 2, \dots, n_3 - \text{ количество}$$

\* См. Капустин Н.М. Разработка технологических процессов обработки деталей на станках с помощью ЭВМ. М., "Машиностроение", 1976, стр. 55-58.



операций в общем маршруте;  $A_i$  - условие, определяющее технологическую или конструкторскую особенность детали (например, наличие шлицев);  $i = 1, 2, \dots, n_1$  - количество условий, связанных операцией конъюнкции;  $j = 1, 2, \dots, n_2$  - количество дизъюнкций - сочетаний условий, влияющих на выбор операций.

Управляющий блок маршрутного диспетчера вызывает сначала первую, а затем и последующие операции общего маршрута со своими элементарными логическими функциями  $f_k$ . Далее устанавливается значение логической функции  $f_{kd}$  детали. Если  $f_{kd} \neq f_k$ , то вызывается следующая операция со своей  $f_k$ . Если  $f_{kd} \equiv f_k$ , то в памяти ЭВМ фиксируется наличие в маршруте обработки детали рассмотренной операции.

Выбранный маршрут обработки фиксируется в оперативной памяти ЭВМ. Затем основная управляющая программа вызывает отдельные блоки формирования текстов операций в последовательности, сформированной маршрутным диспетчером. После печатания текста операции производится выбор оборудования, инструмента и приспособления, осуществляется нормирование операции.

Текст операций образуется из отдельных фраз по специальным подпрограммам. Каждой фразе соответствует своя логическая функция  $f_{\phi p}$ . Если в наборе логических условий, которые описывают конкретную деталь конструктивно и технологически, есть условия, определяющие логическую функцию, происходит печать фразы с логической функцией  $f_{\phi p}$ .

Вначале выбирается название операций, например ТОКАРНАЯ. Затем печатается текст установа, характеризующего применяемое в операции приспособление, например, при  $L_{3\text{ЗГ}}/D_{3\text{ЗГ}} > 8+10$ : В ЦЕНТРАХ С ПОДЪИЖНЫМ ЛЮНЕТОМ. Далее производится поиск фраз, определяющих основное содержание операций, например: ОБТОЧИТЬ  $\phi 35$  II НАЧИСТО или ОБТОЧИТЬ  $\phi 30$  h 6 ДО  $\phi 30,5-0,17$  ПОД ШЛИСОВАНИЕ.

Решение задачи автоматизированного проектирования печатается на АЦПУ ЭВМ в виде технологических карт, форма и содержание которых соответствует образцам, рекомендованным для эксплуатации Единой системой технологической подготовки производства (ГОСТ 3.1105-74).

#### Порядок выполнения работы

Для выполнения работы студенту выдают рабочие чертежи ступенчатых валов. Ознакомившись с инструкцией по подготовке

исходных данных к решению задачи автоматизированного проектирования, студент заполняет таблицы исходных данных согласно (табл. 2,3). Информация о детали содержит общие сведения на перфокартах.

На первой перфокарте:

наименование детали (берется с рабочего чертежа детали);

количество деталей в партии;

обозначение конструкторского чертежа (номер детали);

обозначение технологического документа;

общее количество ступеней у детали;

номер ступени с максимальным диаметром (справа);

цех-изготовитель (постоянная информация);

цех-смежник;

вид термообработки детали (информация кодируется);

вид покрытия (информация кодируется);

наличие операции по шлифованию торцев детали;

наличие операции по цементации торцев детали;

наличие операции механической обработки резанием торцев

детали;

допускается наличие центровых гнезд справа или слева;

наличие финишных операций (допуск на размер  $\leq 0,01$  мм

или требование по точности расположения поверхностей

$\leq 0,01$  мм);

наличие операции по предварительной обработке детали

(обдирки).

Примечание. При наличии того или иного параметра в таблицу исходных данных заносится 1, при отсутствии - 0.

На второй перфокарте:

код материала (например, сталь 45);

код единицы измерения (I - в килограммах);

масса и размеры заготовки (указывается максимальный диаметр и общая длина заготовки);

количество деталей из заготовки (одна, две и т.д.);

масса детали.

На третьей перфокарте:

информация о линейных размерах детали (правая, левая границы и размер между границами), ступени в миллиметрах;

номинальный диаметр;

Квалитет, код посадки или верхнее и нижнее отклонение номинального диаметра в миллиметрах;







шероховатость ступени вала по чертежу в  $R_a$  или  $R_z$ ;  
диаметр заготовки на данной ступени в миллиметрах;  
наличие цементации на ступени;  
код вида термообработки на ступени;  
вид, размеры паза на поверхности;  
размеры лысок, квадратов, скосов на ступени;  
размеры фасок и галтелей.

Кроме того, для проектирования технологического процесса необходима информация о наличии требований:

- по симметричности шпоночных пазов;
- по расположению шпоночных пазов относительно оси детали;
- по точности формы цилиндрических поверхностей;
- по шероховатости и расположению торцев поверхностей относительно оси или других поверхностей.

Примечание. Таких перфокарт готовится  $n$  штук, где  $n$  — количество ступеней вала.

В табл. 3 заносится информация о наличии и размерах конусов, канавок, резьбы, шлицев, отверстиях радиальных, осевых и т.п.

#### Исследование влияния технологических параметров на порядок операций механической обработки

При исследовании влияния технологических параметров студенту предлагается изменить исходную информацию о детали, для чего в одной из перфокарт он изменяет исходные данные по предложению преподавателя. После анализа полученных распечаток маршрутно-операционных карт на АЦПУ ЭВМ студент устанавливает, насколько активно влияет внесенное в информацию о детали изменение на технологический процесс обработки заданной детали, и делает вывод.

#### Работа № 3. АВТОМАТИЗАЦИЯ ПРОЕКТИРОВАНИЯ МАРШРУТА ОБРАБОТКИ ПОВЕРХНОСТИ ДЕТАЛИ

Цель работы: 1) определить оптимальное количество переходов и их параметры на обработку поверхности детали исходя из требований рабочего чертежа и принятой заготовки; 2) исследовать влияние различных исходных данных на оптимальное количество переходов обработки поверхности детали.

#### Описание работы

В настоящей работе для определения оптимального количе-

ства переходов обработки поверхности детали применяется математическое моделирование исследуемого процесса на ЭВМ\*. Задача решается методом динамического программирования. Исходная информация содержит сведения о детали, заготовке, применяемом оборудовании, режущем инструменте и значении общего минимального припуска  $Z_{omin}$  на обработку данной поверхности.

Заданный общий припуск  $Z_{omin}$  разбивается на  $N$  этапов (рис. 3). Значение первого этапа (нумерация этапов ведется от детали к заготовке) равно  $l_1 = t_{min}$ , где  $t_{min}$  - наименьшая глубина резания, допускаемая физикой процесса.

Второй этап  $l_2 = t_{min} + \gamma$ , третий -  $l_3 = t_{min} + 2\gamma$ , и т.д. этап с номером  $l_m = t_{min} + (m-1)\gamma$ .

Шаг  $\gamma$  определяется кинематической возможностью станка перемещать режущий инструмент или заготовку на заданный размер. Поверхность заготовки в процессе обработки может иметь ряд допусков  $\delta_{z_{m1}}, \dots, \delta_i, \dots, \delta_{дет}$  на размер в соответствии с количеством переходов, необходимых для обеспечения ее заданного качества.

Рис. 3



Определение оптимального количества переходов проводится от первого этапа (т.е. от детали) в порядке возрастания номера этапа. Первый этап соответствует заключительному переходу обработки поверхности и при проектировании его необходимо иметь параметры предыдущего перехода. Так как мы не имеем данных о предыдущем переходе, мы должны сделать различные предположения о том, какая погрешность обработки может иметь место после его выполнения. Следуя принципу оптимальности

\* См.: Автоматизированная система проектирования технологических процессов в механосборочном производстве. Под ред. Н.М.Капустина. М., «Машиностроение», 1979.

динамического программирования, для каждого из этих предположений (т.е. для каждого возможного начального допущения на первом этапе) необходимо выбрать переменные ( $t, s, v$ ) таким образом, чтобы на заключительном переходе получить оптимальное решение. Этот принцип сохраняется при выборе оптимального варианта на каждом этапе (см. блок-схему на рис. 4). Располагая зависимостью суммарной погрешности обработки от технологических факторов  $\Delta_{\Sigma} = f(t, s, v)$  для конкретного метода механической обработки резанием и зная параметры проектируемого перехода, можно рассчитать ожидаемую погрешность обработки.

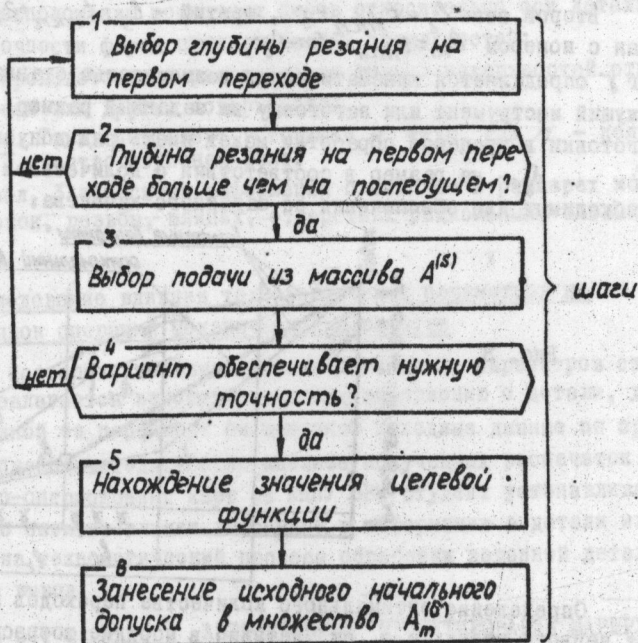


Рис. 4

При этом значение  $t$  равно длине этапа; подача выбирается из массива подач  $A^{(s)} = \{s_{max}, \dots, s_k, \dots, s_{min}\}$ , представляющего собой дискретный ряд чисел и характеризующего механизм подачи станка; скорость назначается по имеющимся стойкостным зависимостям  $v - T$  для конкретного материала детали и режущего инструмента.

Критерием оценки варианта является суммарная технологическая себестоимость обработки поверхности. Из множества

сформированных вариантов выбирается один с минимальной себестоимостью. Для этого варианта указываются глубины, подачи, скорости резания и предельные размеры по переходам.

#### Порядок выполнения работы

Исходная информация:  $\delta_{\text{дет}}$ ,  $\delta_{\text{заг}}$ ,  $t_{\text{мин}}$ ,  $z_{\text{мин}}$ ,  $\gamma$ , размеры обрабатываемой поверхности - заносится студентом на стандартный бланк (см. табл. 4).

Целевая функция (технологическая себестоимость) зависит от входных параметров задачи; преподаватель, изменяя значение этих параметров, дает несколько вариантов. По полученной распечатке студент строит графики (см. рис. 3) и делает выводы.

#### Работа № 4. АНАЛИЗ НА ЭВМ ОБРАЗОВАНИЯ ГРУППЫ ДЕТАЛЕЙ, ИЗГОТАВЛИВАЕМЫХ ИЗ КОМПЛЕКСНОЙ ЗАГОТОВКИ

Цель работы: 1) определить оптимальный вариант группирования деталей с комплексной заготовкой; 2) провести анализ автоматизированного формирования комплексной заготовки для группы деталей.

#### Описание работы

Одним из путей повышения эффективности механической обработки резанием считают группирование подобных по конструктивным и технологическим признакам деталей и изготовление для них одной заготовки\*. Такую заготовку называют комплексной.

На рис. 5 показана схема образования комплексной заготовки для групп двухступенчатых деталей вращения с центральным отверстием. Комплексная заготовка занимает промежуточное положение по ряду технико-экономических показателей между единичными заготовками из проката и штамповок. В группу с комплексной заготовкой целесообразно вводить те детали произвольной группы, для которых экономия денежных средств

$$\Delta C = \Delta C_{\text{заг}} + \Delta C_0 \geq 0,$$

\* См.: Капустин Н.М. Разработка технологических процессов обработки деталей на станках с помощью ЭВМ. М., "Машиностроение", 1976, стр. 85-93.



Таблица 4

Г С - для комментария

N пфк	Метка	Предложение на языке фортран										I вариант	II вариант				
		6	12	18	24	30	36	42	48	54	60			66	80		
1.	Допуск на деталь	Допуск на заготовку	Общий припуск	t min	шаг δ												
2.																	

где  $\Delta C_{3ar}$ ,  $\Delta C_o$  - соответственно экономия денежных средств на заготовке и черновых переходах механической обработки резанием.

Оптимальный вариант группирования деталей с комплексной заготовкой находится исходя из следующих предпосылок: 1) все множество типоразмеров деталей, исследуемых для группирования, является упорядоченным по одному из основных размерных параметров (например, по наибольшему диаметру); 2) разбивка по этому параметру через определенные интервалы приводит к образованию микрогрупп, включающих детали с установленным изменением параметра; 3) возможные варианты группирования образуются как различные сочетания определенного числа микрогрупп.

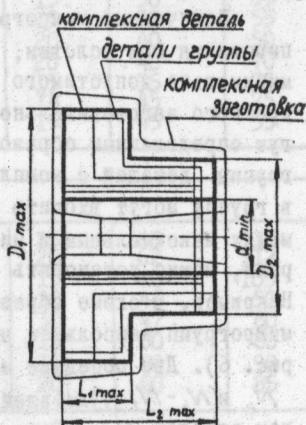


Рис. 5

Например, микрогруппы образованы путем выделения из упорядоченного множества  $N$  подмножеств из  $N_i$  деталей (рис. 6).

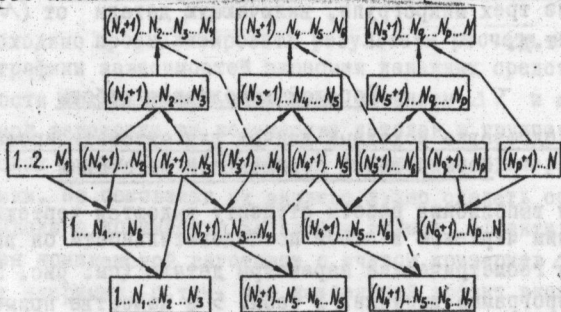


Рис. 6

Первая микрогруппа включает детали  $1, 2, \dots, N_1$ , причем первая деталь имеет минимальный основной размерный параметр, а  $N_1$  - размерный параметр, отличающийся от минимального на  $\Delta L$ . Вторая микрогруппа охватывает детали от  $(N_1 + 1)$  до  $N_2$ , так что разность между наибольшим и наименьшим значением одного и того же размерного параметра в каждой микрогруппе составляет одну и ту же величину  $\Delta L$ . Последняя зависит от закона распределения основного размерного параметра  $N$  дета-

лей и может быть не одинаковой для всех микрогрупп. Чем меньше плотность распределения деталей в определенном интервале размеров, тем больше  $\Delta / l$ , и наоборот.

Полученные микрогруппы являются одним из вариантов группирования при условии, что количество деталей в них достигает минимально допустимого числа для партии при использовании конкретного заготовительного метода. Одновременно микрогруппы могут определенным образом сочетаться друг с другом, образуя группы деталей с комплексной заготовкой. Исходя из того, что в группу могут входить только детали с определенной разностью между максимальным и минимальным основными размерными параметрами, можно установить в группе наибольшее число микрогрупп. Например, в схеме образования различных вариантов групп из микрогрупп наибольшее число последних в группе равно трем (см. рис. 6). Две соседние микрогруппы, включающие соответственно  $N_1$  и  $(N_2 - N_1 - 1)$  деталей, объединяясь, образуют группу с числом деталей  $N_2$ . Если к этой группе присоединить  $(N_3 - N_2 - 1)$  деталей следующей микрогруппы, то образуется новая группа с  $N_3$  деталями. В свою очередь, две последние микрогруппы также могут образовать совершенно новую группу, включающую детали от  $(N_1 + 1)$  до  $N_3$ . Присоединив к ней четвертую микрогруппу, получим группу из трех микрогрупп, включающую детали от  $(N_1 + 1)$  до  $N_4$  и т.д.

### Порядок выполнения работы

#### I. Подготовка исходных данных для автоматизированного формирования комплексной заготовки

Для выполнения работы студенту выдаются чертежи деталей. По рабочим чертежам в любой последовательности он выписывает основные геометрические параметры детали (см. рис. 5) с указанием программы выпуска. В табл. 5 в качестве примера показаны массивы деталей с указанием геометрических параметров и

Таблица 5

Номер детали	Количество, шт.	Геометрические параметры				
		$D_{1max}$	$D_{2max}$	$L_{1max}$	$L_{2max}$	$d_{min}$
I	2	3	4	5	6	7
Массив I						
I	10	132	75	15	30	55

Продолжение табл. 5

1	2	3	4	5	6	7
2	10	137	70	15	30	55
3	10	132	75	15	30	55
4	10	132	81	20	40	50
5	10	150	90	20	40	70
6	10	160	85	15	35	75
7	10	161	75	18	45	75
8	10	161	90	15	45	55

Массив II

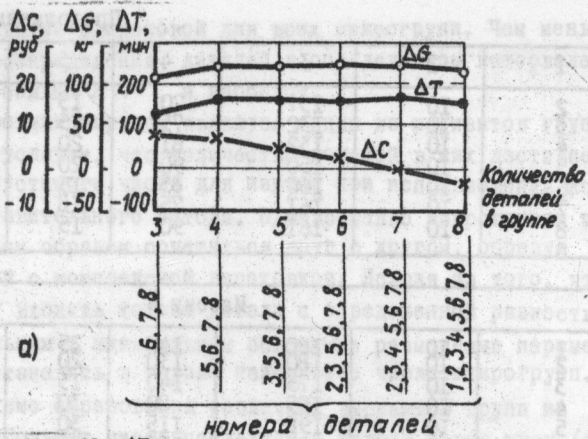
1	10	180	140	25	65	110
2	10	180	130	20	62	112
3	10	175	140	15	60	105
4	10	185	80	30	48	50
5	10	198	115	30	47	80
6	10	160	110	15	80	80
7	10	150	123	15	80	90
8	10	166	110	20	80	85

программы выпуска. Приведенная информация кодируется и как исходная информация на перфоленте вводится оператором в ЭВМ.

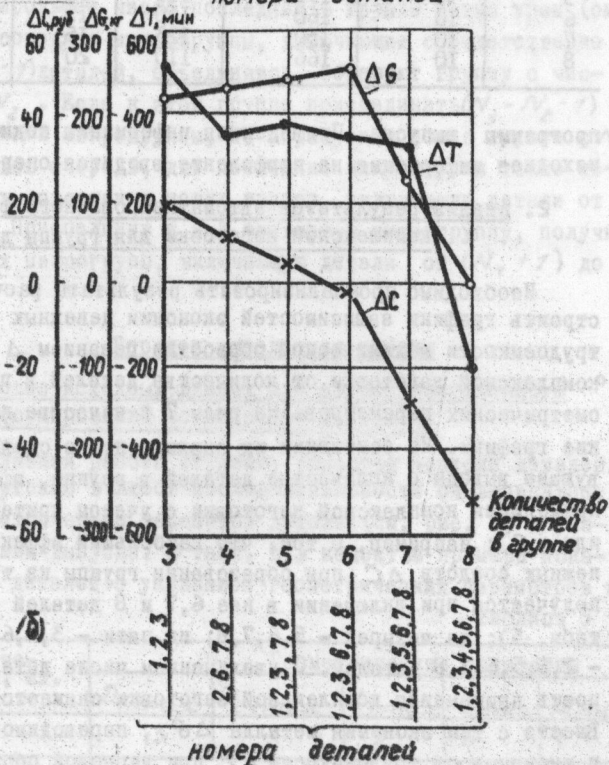
## 2. Анализ результатов автоматизированного формирования комплексной заготовки для группы деталей

Необходимо проанализировать результаты расчета на ЭВМ. Построить графики зависимостей экономии денежных средств  $\Delta C$ , трудоемкости механической обработки резанием  $\Delta T$  и массы  $\Delta G$  комплексной заготовки от количества деталей в группе и их геометрических параметров. На рис. 7 в качестве примера даны такие графики. На основании их анализа нужно сделать соответствующие выводы о количестве деталей в группе, эффективности применения комплексной заготовки с учетом критериев  $\Delta C$ ,  $\Delta T$  или  $\Delta G$ ; например, о том, что наибольший эффект экономии денежных средств  $\Delta C$  при образовании группы из трех деталей получается при включении в нее 6, 7 и 8 деталей (массив I в табл. 5); из четырех - 5, 6, 7, 8; из пяти - 3, 5, 6, 7, 8; из шести - 2, 3, 5, 6, 7, 8 деталей. С увеличением числа деталей эффективность применения комплексной заготовки снижается (см. рис. 7а). Вместе с тем экономия металла  $\Delta G$ , переводимого в стружку, и экономия по трудоемкости  $\Delta T$  при черновой обработке сначала увеличивается, затем значительно снижается. Увеличение абсо-





а)



б)

номера деталей  
Рис. 7

лутных размеров деталей массива П (см. табл. 5), т.е. увеличение их металлоемкости, приводит к повышению основных показателей группирования (рис. 76). Однако значительное различие между основными размерными параметрами вызывает резкое уменьшение показателей эффективности.

№	№	Наименование детали	№	№
27	37	Вал	10	1
28	38	Шестерня	11	2
29	39	Шестерня	12	3
30	40	Шестерня	13	4
31	41	Шестерня	14	5
32	42	Шестерня	15	6
33	43	Шестерня	16	7
34	44	Шестерня	17	8
35	45	Шестерня	18	9
36	46	Шестерня	19	10
37	47	Шестерня	20	11
38	48	Шестерня	21	12
39	49	Шестерня	22	13
		Шестерня	23	14
		Шестерня	24	15
		Шестерня	25	16
		Шестерня	26	17
		Шестерня	27	18
		Шестерня	28	19
		Шестерня	29	20
		Шестерня	30	21
		Шестерня	31	22
		Шестерня	32	23
		Шестерня	33	24
		Шестерня	34	25
		Шестерня	35	26

## Справочник логических условий для деталей класса валы

№ по пор.	Код логического условия	Содержание логического условия	Примечание
I	2	3	4
I	01	Улучшение	
2	02	Закалка ТВЧ цилиндрических поверхностей	
3	03	Искусственное старение	
4	04	Химическое покрытие	
5	05	Закалка ТВЧ шлицев	
6	06	Шероховатость поверхности вращения ( $R_a = 0,63+0,32$ )	
7	07	Шероховатость поверхности вращения ( $R_a = 0,32+0,15$ )	
8	10	Шероховатость поверхности вращения ( $R_a = 1,25+0,63$ )	
9	11	Шероховатость поверхности торцев ( $R_a = 2,5+1,25$ )	
10	12	Шероховатость поверхности крайних торцев $R_a > 2,5$	
11	17	Утолщение детали посередине	
12	20	Утолщение детали на торце	
13	21	Резьба на одном торце	
14	22	Резьба на двух торцах	
15	23	Резьба в продолжении центрального отверстия	
16	24	Резьба в радиальном отверстии	
17	25	Резьба в смещенном торцевом отверстии	
18	26	Шлицы	
19	27	Шпонка сегментная	
20	30	Шпонка призматическая	
21	31	Шпоночный паз на резьбовой поверхности	
22	32	Радиальное отверстие ( $\theta > 20$ мм) - 7 качество и выше	
23	33	Радиальное отверстие ( $\theta < 20$ мм) - 7 качество и выше	
24	34	Радиальное отверстие (любого диаметра) - 8 качество и ниже	
26			

Продолжение прилож. I

I	2	3	4
25	35	Лыски на цилиндрической поверхности	
26	36	Торцевое гладкое отверстие, смещенное относительно оси центров - 9 квалитет и выше	
27	37	Наличие паза на торцевой поверхности	
28	40	Количество деталей в партии $\geq 30$	
29	41	Число ступеней у детали $\geq 5$	
30	42	$L_{det}/D \geq 10$	
31	43	на $L_{det} = 200$ мм	
32	44	$D_{const}$ $L_{det} \geq 200$	
33	45	$L_{det} < 200$	
34	46	Погрешность формы поверхности в продольном и поперечном сечении $\leq 0,015$ мм	
35	47	Погрешность взаимного расположения поверхностей $\leq 0,02$ мм	
36	50	Число деталей в партии $< 30$	
37	51	Биеение поверхности шейки относительно оси $\leq 0,02$ мм	
38	52	Есть требование по симметричности шпоночного паза относительно оси	
39	53	$L_{det}/D \leq 7$	



I		II	
№	Наименование	№	Наименование
25	Линия на выходящей стороне	25	Линия на выходящей стороне
26	Торцевое кольцо отработки, отработка	26	Торцевое кольцо отработки, отработка
27	Линия на выходящей стороне	27	Линия на выходящей стороне
28	Линия на выходящей стороне	28	Линия на выходящей стороне
29	Линия на выходящей стороне	29	Линия на выходящей стороне
30	Линия на выходящей стороне	30	Линия на выходящей стороне
31	Линия на выходящей стороне	31	Линия на выходящей стороне
32	Линия на выходящей стороне	32	Линия на выходящей стороне
33	Линия на выходящей стороне	33	Линия на выходящей стороне
34	Линия на выходящей стороне	34	Линия на выходящей стороне
35	Линия на выходящей стороне	35	Линия на выходящей стороне
36	Линия на выходящей стороне	36	Линия на выходящей стороне
37	Линия на выходящей стороне	37	Линия на выходящей стороне
38	Линия на выходящей стороне	38	Линия на выходящей стороне
39	Линия на выходящей стороне	39	Линия на выходящей стороне

Редактор Ю.Н.Хлебинский

Корректор Л.И.Малютина

Заказ 158. Объем I, 75л.л. + вкл. (I, 9 уч.-изд.л.) Тираж 500 экз.  
 Бесплатно Подписано к печати 2.02.1979 г. План 1979г., № 6

ИНВ. N ПОДП.: ПОДП. И ДАТА: ВЗАМ. ИНВ. N: ИНВ. N ДУБЛ.: ПОДП. И ДАТА:

ГОСТ

ФОРМА 1

ОЦЕН МЕТУ М-3

МАРШРУТНАЯ КАРТА

6К32-322М-43

ВАЛ

ЛИТЕРА

НАЗНАЧЕНИЕ И МАРКА МАТЕРИАЛА

ЕДИНИЦА : МАССА

ЗАГОТОВКА

ЕДИНИЦА : НОРМА : КОЭФ.

ВЕЛИЧИНЫ : ДЕТАЛИ :

ВИД

ПРОФИЛЬ И РАЗМЕРЫ

НОРМИРОВАНИЕ : КОД : ИСПОЛ.

ДЕТ.

ВАРИАНТ : КОДА : МАТЕР.

РИАЛА

СТАЛЬ 45

8.7 : ПРОКАТ

184135

НОМЕР

НАИМЕНОВАНИЕ И СОДЕРЖАНИЕ

КОД

ОБОРУДОВАНИЕ  
(МОДЕЛЬ, НАИМЕНОВАНИЕ  
ИНВЕНТАРНОЙ КАРТЫ)

ПРИСПОСОБЛЕНИЕ  
И ВОСПОМОГАТЕЛЬНЫЙ  
ИНСТРУМЕНТ  
(КОД, НАИМЕНОВАНИЕ  
ВАРИАНТА)

РЕЖУЩИЙ  
НЕРЯДЫШНЫЙ  
ИНСТРУМЕНТ  
(КОД, НАИМЕНОВАНИЕ  
ВАРИАНТА)

ИЗ-КОНСТ. : КОД : КОД : ТАРИФ : Т  
У ШТ. : РАБ : ДЕТ : СЕТКА : П. 3  
ПРОЦ. : РАЗМ. : ЕД. : БЕЛ. : Т  
ВЕЩЬ : РЯД : НОР. : НОРМЫ : ШТ

17	4	1: ПИЛО-РЕЗНАЯ. ОТРЕЗАТЬ ЗАГОТОВКУ В РАЗМЕР.	2800	872А НОЖСВОЧНАЯ ПИЛА	8000,0302	8600,5014	3	2-48
-	-	2: ТЕРМООБРАБОТКА, УЛУЧШЕНИЕ ПО ЧЕРТЕЖУ.	8400	ТЕРМИЧЕСКИЙ ЦЕХ				
17	4	3: ТОКАРНАЯ. В ЦЕНТРАХ ТОЧИТЬ ДЕТАЛЬ СОГЛАСНО ЭСКИЗУ (-АН).	1101	1К62 ТОКАРНО- ВИНТОРЕЗНАЯ	1300,1004	1300,5002 1300,5005 1300,5112	ТОКАРЬ 4	2-55
17	4	4: ТОКАРНАЯ. В ЦЕНТРАХ, ТОЧИТЬ КАЧАВКИ ФАСКИ ПО ЧЕРТЕЖУ ОСТУЖЕ КРОМКИ ПРИТУПИТЬ 2 УСТАНОВА.	1104	1К62 ТОКАРНО- ВИНТОРЕЗНАЯ	1300,1010 1300,1213	1300,5602 1300,5309 1300,5721	ТОКАРЬ 3	2-48

Бесплатно.