

Министерство высшего и среднего специального
образования Р С Ф С Р
Куйбышевский ордена Трудового Красного Знамени
авиационный институт имени академика С.П.Королева

И.Н.Косенко, Н.И.Потапова

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА
ОБРАБОТКИ КОРПУСНЫХ ДЕТАЛЕЙ АВИАЦИОННЫХ
ДВИГАТЕЛЕЙ НА МНОГООПЕРАЦИОННЫХ СТАНКАХ
С Ч П У.

РАСЧЕТ УПРАВЛЯЮЩЕЙ ПРОГРАММЫ

Утверждено редакционным
советом института
в качестве учебного пособия

Куйбышев 1983

Косенко и.п., Потапова н.и.

Разработка технологического процесса обработки корпусных деталей авиационных двигателей на многооперационных станках с ЧПУ. Расчет управляющей программы. - Куйбышев, Куаи, 1983 г.

Приведена техническая характеристика некоторых моделей многооперационных станков с ЧПУ. Изложены принципы проектирования технологических процессов обработки корпусных деталей авиационных двигателей на этих станках. Рассмотрены методика выбора оптимальной последовательности выполнения отдельных переходов и метод определения кратчайшего пути холостого хода инструмента. Дан пример разработки технологического процесса обработки корпусной детали и расчет управляющей программы.

Учебное пособие предназначено для студентов, выполняющих курсовой и дипломный проекты по этой теме, а также для инженеров, которые проходят переподготовку на факультете повышения квалификации. Книга может быть полезна инженерам-технологам, занимающимся проектированием технологии обработки деталей на станках с ЧПУ.

ил. 51, табл. 19, библи. 20 назв.

Рецензент Е.А.В е р е т е н н и к о в

В В Е Д Е Н И Е

В решениях XXVI съезда КПСС намечено повышение производительности труда в машиностроении на 31-35%. Одним из эффективных путей повышения производительности труда в промышленности является автоматизация производственных процессов и разработка прогрессивных технологических процессов. Поэтому в решениях съезда предусмотрено также значительное увеличение выпуска металлообрабатывающих станков с числовым программным управлением, особенно многооперационных с автоматической сменой инструмента.

Создание станков с ЧПУ следует рассматривать не как простое усовершенствование существующих металлорежущих станков, а как создание принципиально новых станков, позволяющих автоматизировать обработку деталей в мелкосерийном и опытно-производстве.

Авиационное двигателестроение относится к точному мелко- и среднесерийному производству.

Сделанный ЭНИМС анализ затрат времени при обработке деталей на универсальных металлорежущих станках показывает, что в опытно- и мелкосерийном производстве на резание затрачивается около 30% штучного времени, в среднесерийном - не более 45%. Остальное время расходуется на управление станком, установку, снятие детали и измерения. Из общего объема вспомогательного времени 43-53% затрачивается на управление станком, 12-26% - на установку, закрепление, раскрепление и снятие детали, 18-32% - на измерения и т.д. Следовательно, для повышения производительности труда было необходимо, в первую очередь, автоматизировать управление станком, что и

реализовано в станках с числовым программным управлением.

В последнее время станкостроительная промышленность освоила производство многооперационных станков, которые оснащены магазином на 30 и более инструментов. Пульт управления таких станков позволяет управлять по 5 координатам, в том числе одновременно по 3-4 координатам. В этих станках машинное время составляет 75-80% в штучном времени, в результате один рабочий может обслуживать 2-3 станка.

Обработка корпусных деталей на многооперационных станках обеспечивает снижение трудоемкости в 6-7 раз по сравнению с обработкой на универсальном оборудовании.

В процессе выполнения курсовых и дипломных проектов студенты должны научиться создавать прогрессивные технологические процессы, использовать высокопроизводительные станки, приспособления и режущий инструмент, поэтому в книге приведена методика разработки технологических процессов с использованием многооперационных станков с ЧПУ, изложены требования к режущему инструменту, приведены основные типы приспособлений и вспомогательного инструмента. Изложена методика расчета и пример разработки управляющих программ для обработки корпусных деталей на многооперационных станках.

I. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ВОЗМОЖНОСТИ И ОСНАСТКА ДЛЯ МНОГООПЕРАЦИОННЫХ СТАНКОВ

I. Конструктивные особенности форм корпусных деталей авиационных двигателей

Корпусные детали являются составной частью всех сборочных единиц двигателей летательных аппаратов (осевых компрессоров, турбин, опор, ТНА, редукторов и др.). С их помощью соединяются, координируются и располагаются детали, имеющие единое целевое и эксплуатационное назначение.

По форме корпусные детали можно разделить на цилиндрические и коробчатые.

К первой группе деталей относятся оболочки, изготавливаемые из листового материала, отливки кольцевого типа и другие.

Вторая группа объединяет коробчатые корпуса, разнообразные по конструктивным формам и размерам.

Несмотря на многообразие конструктивных форм, у коробчатых корпусных деталей непременно обрабатываются плоскости и их сочетание, основные и крепежные отверстия, расположенные в нескольких стенках.

В технических требованиях на изготовление этих деталей оговорены следующие условия: точность размеров основных отверстий - 5...6 квалитетов; непараллельность, перпендикулярность поверхностей - 0,02...0,05 мм; отклонение расстояний между основными отверстиями - в пределах 0,01...0,03 мм.

При обработке более 80% корпусных деталей на универсальных станках необходимо производить большое число установок, при этом используется более 20 режущих инструментов. Обработку таких деталей экономически целесообразно производить на многооперационных станках с ЧПУ, имеющих магазин на 30 инструментов. При этом требуется не более двух установок. Анализ показывает, что 18% общего количества деталей, пригодных для обработки на этих станках, обрабатываются с одной стороны, 32% деталей - с двух, трех и четырех сторон, что возможно при повороте детали вокруг одной оси (т.е. при наличии поворотного стола у станка или накладного поворотного

стола с горизонтальной или вертикальной осью вращения), 35% деталей с пяти-шести сторон, что возможно при повороте детали вокруг трех осей (вертикальной и горизонтальной осей и с помощью оси глобусного стола).

В зависимости от конструктивно-технологических особенностей корпусных деталей выбирается тип оборудования. Станкостроительная промышленность изготавливает многооперационные станки с вертикальной и горизонтальной компоновкой. Техническая характеристика этих станков приведена в табл. I.

2. Технологические возможности многооперационных станков с числовым программным управлением

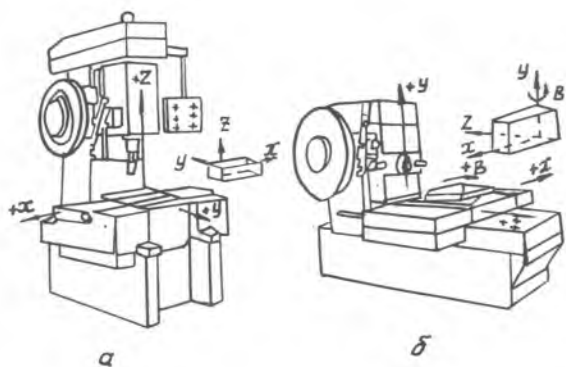
Многооперационные станки с ЧПУ обеспечивают выполнение большого количества технологических операций с автоматической сменой режущего инструмента при одной установке детали.

Эти станки изготавливаются с вертикальной (рис. I, а) компоновкой - модели 243ВМФ2, 245ВМФ2 и горизонтальной (рис. I, б) - модели 690БМФ2, "Горизон 3,4" (рис. 2) и ряд других моделей [3].

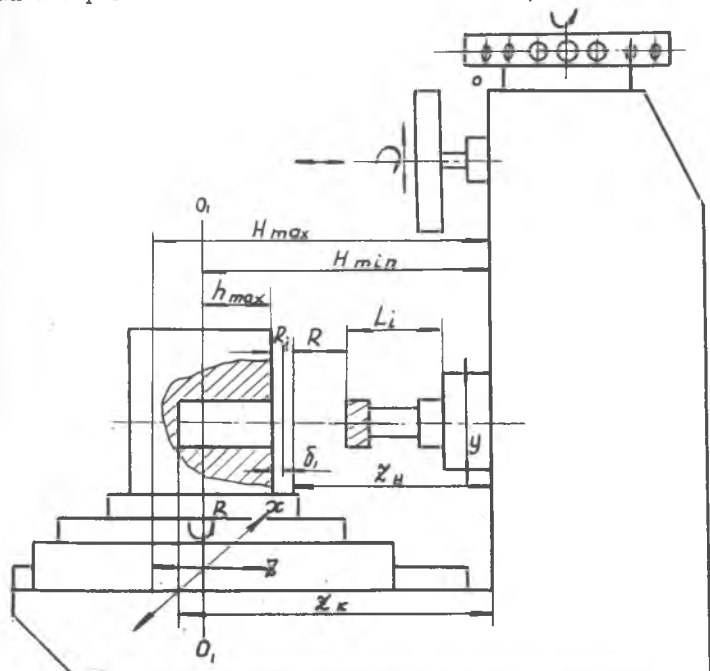
На рис. 3 показано направление осей координат станка "Горизон 3,4".

Крестовый стол перемещается по осям $X-Z$, шпиндель с режущим инструментом - по оси Y , а планшайба вращается вокруг вертикальной оси - координата B . Для повышения технологических возможностей станка на планшайбу крестового стола устанавливается стол с горизонтальной осью вращения (см. рис. 2). Управление станком может осуществляться по пяти координатам X, Y, Z, B, C , а одновременно - по 4 координатам. На станке "Горизон 3" (см. рис. 2) при одной установке можно обработать 7 сторон корпусной детали, на станке 690БМФ2 (см. рис. I, б) с помощью поворотного крестового стола можно обработать 6 сторон этой же корпусной детали при одной установке.

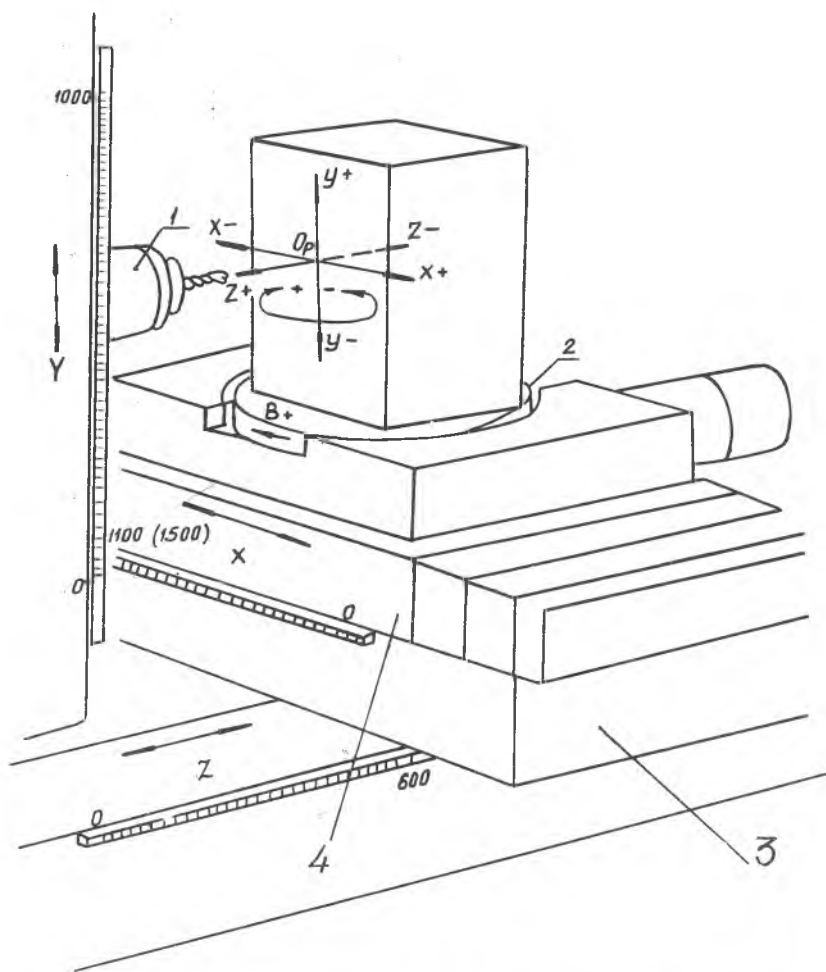
На многооперационных станках можно производить многие виды обработки.



Р и с. 1. Многооперационные станки с ЧПУ: а - станки с вертикальной компоновкой - 243ВМФ2, 245ВМФ2; б - станки с горизонтальной компоновкой - 6906ПМФ2, 6904ПМФ2



Р и с. 2. Многооперационный станок с горизонтальной компоновкой "Горизон 3,4"



Р и с. 3. Направление осей координат станка "Горизон 3,4"

Техническая характеристика станков

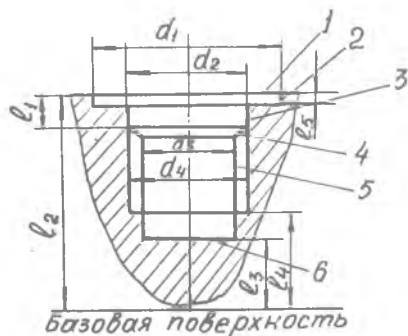
Наименование показателей	Показатели по моделям станков			
	690С1МФ2	"Горизон 3"	245ВМФ2	243ВМФ2
I	2	3	4	5
Размер стола (длина x ширина), мм	800x630	I500 x I050	I120 x 630	500 x 320
Наибольший диаметр, мм сверления;	25	50	25	25
- " - " - растачивания	I60	350	I60	I60
Расстояние от рабочей поверхности стола до торца шпинделя, мм:				
наименьшее		I65	200	I25
наибольшее		I165	800	500
Класс точности обработки отверстий, мм	2	2	2	2
Неперпендикулярность расточенных отверстий к боковой плоскости на расстоянии I25 мм	0,006	0,006	0,006	0,006
Частота вращения шпинделя, об/мин	32...I600	40...3500	32...2000	40...2500
Число инструментов	30	32	30	30
Число управляющих координат (всего / одновременно)	4/3 XY, ZY, VY	5/4 5-я ось включается вв счет X, Y, Z, B.	3/2 XY, ZY, ZX	3/2 XY, ZY, ZX
Предел рабочих подач, мм/мин	3, I5...2500	По одной оси - 0, I...2400, по двум осям - 0, I...I500, по трем осям - 0, I...I000, в 0, I...I000 _{max}	3, I5...2500	3, I5...2500

Окончание табл. I.

I	2	3	4	5
Скорость быстрого перемещения, мм/мин по осям X, Y, Z	5000	8000	5000	5000
по осям B, C	$B = 5 \text{ об/мин}$	$B, C = 1000^\circ/\text{мин}$		
Наибольшая длина перемещения по осям, мм:				
X	630	1100	1000	400
Y	630	1000	630	250
Z	630	600	550	380
B	360°	$360^\circ \pm 0,5$		
Дискретность перемещения по осям, мм				
X, Y	0,01		0,002	0,001
Z	0,01		0,01	0,01
B об/мин	0,00002			
Точность обработки по осям, мм				
X, Y			0,012	0,012
Z			0,05	0,05
Неплоскостность поверхности на длине 300 мм,	0,04	0,04	0,04	0,04
Точность повторяемости по осям, мм				
X, Y	0,01	0,005	0,007	0,007
Z	0,01	0,005	0,05	0,05
Точность позиционирования поворотного стола, C		$\pm 5'$		
Точность позиционирования крестового стола, M	0,01	0,01	0,01	0,01
Время смены инструмента, с	8	13(8+5)	8	8

Обработка крепежных отверстий (рис.4) на станках
245ВМФ2, 243ВМФ2, 690Б1Ф2, „Горизон 3,4“

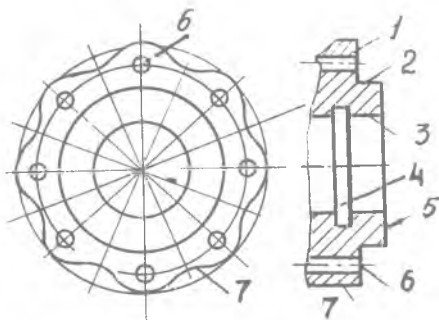
Номер перехода	Наименование перехода
1	Фрезерование поверхности Iх l_2
2	Центрование d_3
3	Сверление $d_3 \times l_3$
4	Зенкерование $d_3 \times l_3, d_2 \times l_1$
5	Торцевание $d_1 \times l_5$
6	Нарезание резьбы $d_4 \times l_4$



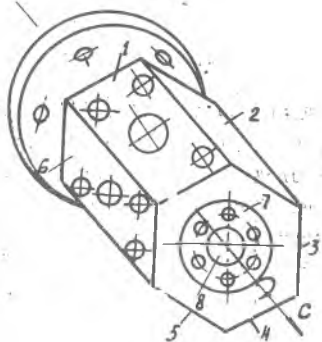
Обработка основного отверстия, фасонного контура и сквозных крепежных отверстий на станках 243ВМФ2, 245ВМФ2, 690Б1Ф2, "Горизон 3" (рис.5)

Р и с. 4. Операционный эскиз крепежного отверстия для составления плана обработки на многооперационных станках 245ВМФ2, 690Б1Ф2, "Горизон 3,4"

Номер перехода	Наименование перехода
1	Фрезерование поверхности I,2
2	Фрезерование поверхности 5
3	Зенкерование, расточка и развертывание поверхности 3
4	Фрезерование канавки 4
5	Зацентровка, сверление, зенкерование, развертывание и нарезание резьбы в поверхности 6
6	Фрезерование контура поверхности 7



Р и с. 5. Операционный эскиз корпусной детали для составления плана обработки поверхностей I,2,3,4,6 и основного отверстия 5 на станках 245ВМФ2, 690Б1Ф2 и "Горизон 3"



Р и с. 6. Операционный эскиз корпусной детали для составления плана обработки на станке "Горизон 3" и 690БПМФ2

Обработка корпусной детали на станке 690БПМФ2, оборудованном крестовым поворотным столом и магазином на 30 инструментов (рис.6). Вращение стола вокруг вертикальной оси

Номер перехода	Наименование перехода
1	Фрезерование плоскостей 1,2,3,4,5,6
2	Зацентровка, сверление, зенкерование и нарезание резьбы в крепежных отверстиях на всех 6 плоскостях
3	Зенкерование, расточка, развертывание основных отверстий в плоскостях 1,3,4,5 и 6

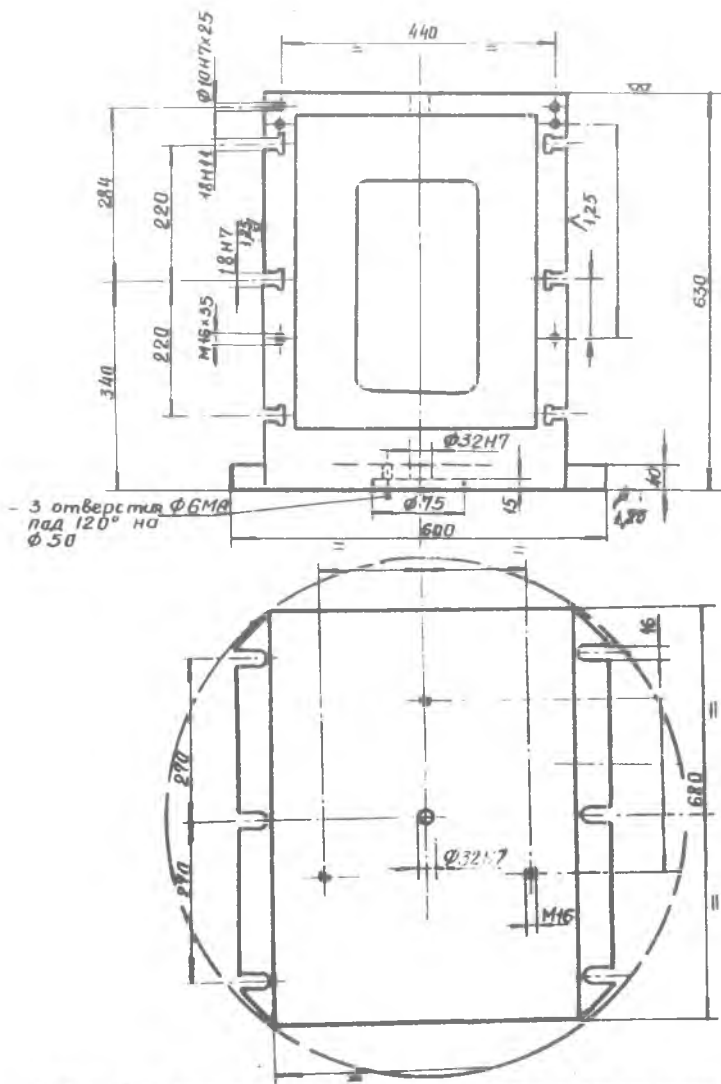
Обработка корпусных деталей на станке "Горизон 3".

Деталь устанавливается на стол с горизонтальной осью вращения C , который установлен на планшайбу крестового стола, вращающуюся вокруг вертикальной оси B (см.рис.6).

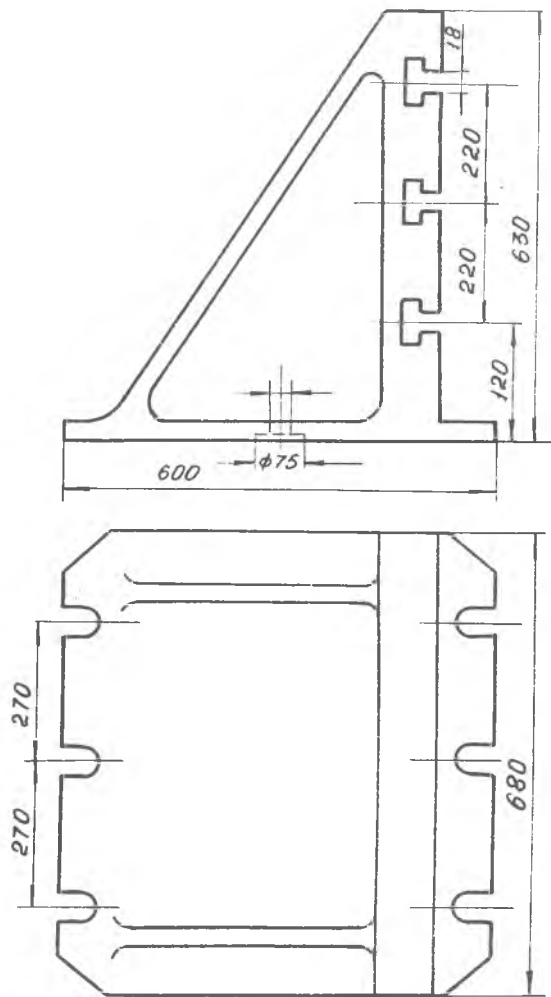
Номер перехода	Наименование перехода
	<u>Вращение вокруг горизонтальной оси C</u>
1	Фрезерование плоскостей 1,2,3,4,5,6
2	Зацентровка, сверление, зенкерование и нарезание резьбы в крепежных отверстиях на всех плоскостях
3	Сверление, расточка центрального отверстия на плоскости 7 <u>Поворот вокруг вертикальной оси B на 90°</u>
4	Фрезерование плоскости 7
5	Зенкерование, расточка, развертывание отверстия 8
6	Зацентровка, сверление, зенкерование и нарезание резьбы в крепежных отверстиях на плоскости 7

3. ОСНАЩЕНИЕ СТАНКОВ

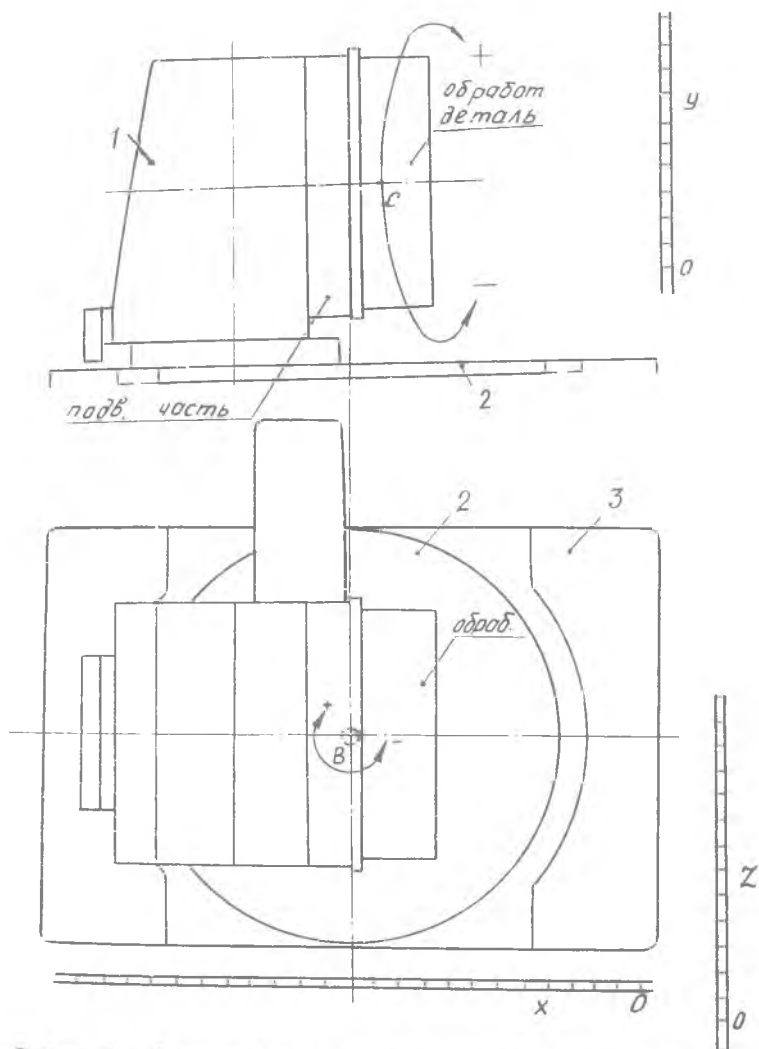
При обработке корпусных деталей на многооперационных станках с ЧПУ не требуется изготавливать кондукторы для сверления отверстий. Для установки и закрепления детали применяются координатные



Р и с. 7. Куб-приспособление для установки и закрепления корпусной детали при обработке на станке "Горизонт 3"



Р и с. 8. Угольник-приспособление для установки и закрепления корпусной детали при обработке на станке "Горизон 3,4"

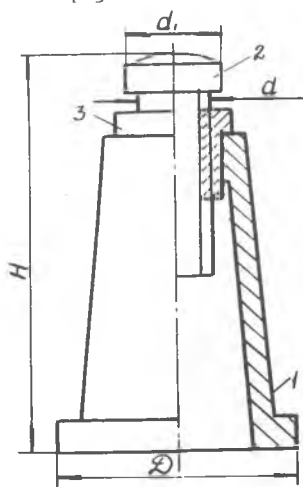


Р и с. 9. Съемный стол 1 с горизонтальной осью вращения, устанавливаемый на планшайбу (2) крестового стола станка (3) "Горизон 3,4"

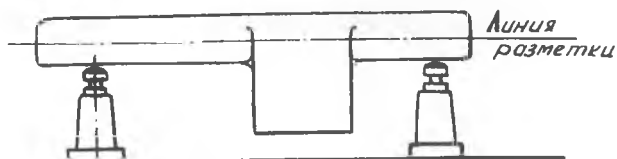
-плиты, кубы, угольники и другая универсальная оснастка.

На рис. 7 показан куб, который имеет точные пазы и отверстия. Он используется для установки и закрепления деталей при обработке их на станках "Горизон 3,4". Эти же станки оснащены угольниками (рис. 8), которые имеют также точные пазы и отверстия для установки и закрепления детали. Для повышения технологических возможностей станка "Горизон 3,4" оснащены съемным столом (рис. 9) с горизонтальной осью вращения. Этот стол устанавливается на вращающуюся планшайбу I крестового стола. При этом оснащении можно производить управление станком по пяти осям (X , Y , Z , B , C), а одновременно - по четырем осям. Пятая ось подключается за счет любой из осей (X , Y , Z , B).

При обработке базовой поверхности деталь должна быть выставлена по разметочной риске (например коробка приводов двигателя МВ), для этого станок оснащен винтовой подпоркой (ГОСТ 1959-67), рис. 10 [3].



Обозначение подпорака	H		D	d	d ₁
	Наим	Наиб			
7030-0206	80	110	50		
0207	100	140	55	116	22
0208	125	180	60		
0209	160	240			
0210	200	250	70	M20	26
0211	220	270			
0212	260	310	80	M24	30
7030-0213	300	350			



Р и с. 10. Винтовая подпорка (ГОСТ 1959-67): 1 - корпус; 2 - опорный винт; 3 - гайка

Для сокращения времени на установку и закрепление детали необходимо применять гидрозажимы, поэтому станки следует оснащать механогидравлическими насосами (рис. II). В цилиндре 5 размещен поршень 6, на левый конец цилиндра навинчен фланец I, который выполняет функцию цилиндра высокого давления 3. В поршень 6 ввинчена резьбовая втулка 9, на выступающем конце которой закреплено кольцо 13 с торцевыми зубьями и надета муфта с рукояткой 10. В отверстии втулки находится полый валик 7 с внутренней резьбой, в который ввернут плунжер 4. При вращении влево рукояткой 10 муфта сцепляется зубьями с кольцом 13 и фиксируется в этом положении подпружинным штифтом 11. При вращении рукоятки 10 втулка вращается, а поршень 6, лишенный возможности вращения винтом, перемещается влево, вытесняя масло из полости В через штуцер 2, с обратным клапаном в силовые гидроцилиндры зажимных устройств. При этом зажимные устройства подводятся к заготовке и предварительно закрепляются под давлением масла 5 кгс/см^2 . Осевая сила воспринимается упорным подшипником втулки. Окончательно закрепляется заготовка перемещением рукоятки 10 с муфтой вправо. При этом муфта торцевыми зубьями сцепляется с кольцом 12, закрепленным на выступающем конце полого валика. При вращении рукоятки полый валик начинает вращаться, плунжер 4 перемещается влево, вытесняя масло из полости Б в полость В, и далее через штуцер 2 с обратным клапаном в силовые гидроцилиндры, окончательно закрепляя деталь под давлением масла 100 кгс/см^2 .

4. Выбор параметров режущего инструмента

В связи с тем, что на многооперационных станках с ЧПУ сверление, зенкерование, расточка производятся без кондуктора, к жесткости режущего инструмента предъявляются повышенные требования. Однако стандартные инструменты не всегда удовлетворяют этим требованиям.

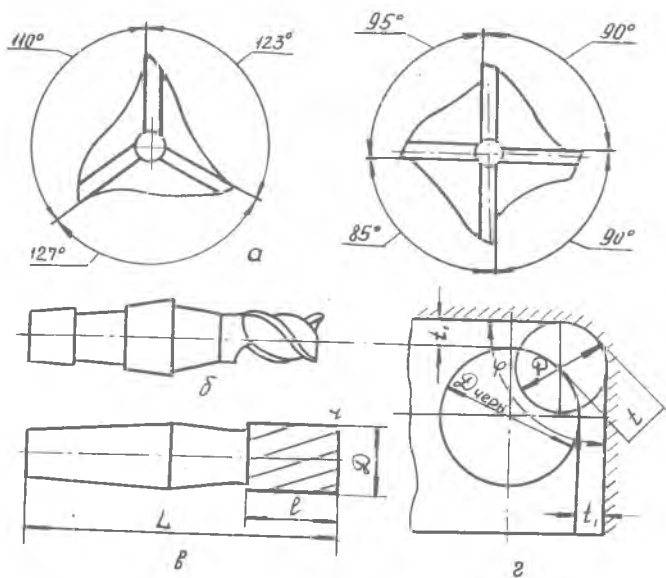
В авиационном двигателестроении широко применяются алюминиевые и магниевые сплавы. При сверлении их стандартными сверлами (ГОСТ 10103-64) выход стружки затруднен, особенно при обработке глубоких отверстий, в результате она забивает канавки - пакетируется. При этом на поверхности отверстия получаются надиры. Для облегчения выхода стружки поверхность канавок стандартных сверл хромируют и полируют. Лучшие результаты получены при обработке

сверлами с углом спирали $\beta = 40-45^\circ$ и расширенной шлифовальной канавкой для выхода стружки, при этом стойкость сверла в 5-7 раз выше при сверлении сплавов АК3, АК6, В93, В95 [1].

Для обеспечения высокого качества изделия в ряде случаев к фрезам предъявляются особые требования:

1. Для изменения направления осевой составляющей усилия резания таким образом, чтобы она прижимала деталь к столу станка, необходимо применять праворежущие фрезы с левой спиралью или леворежущие фрезы с правой спиралью [1].

2. Для уменьшения вибраций следует использовать фрезы с несимметричным расположением зубьев (рис. 12, а) [1].



Р и с. 12. Режущие инструменты для станков с числовым программным управлением

3. Для повышения жесткости сверд следует применять конструкцию с укороченной длиной, увеличенным сечением сердечника или четырьмя кромками [12,6].

4. Геометрические параметры фрез (рис.12,в) выбираются для каждого из позиционных переходов, на которые разбивается обрабатываемая зона детали, с учетом конструктивно-технологических параметров обрабатываемой поверхности:

$$l = H + (5-7) \text{ мм},$$

где H - максимальная высота обрабатываемой стенки.

Диаметр фрезы проверяется по условию жесткости:

$$H \leq 2,5 D \text{ мм}.$$

Для наружного и внутреннего сквозного контура

$$l = H + (2-5) \text{ мм}.$$

Диаметр для черного перехода $D_{\text{чер}}$ ограничивается условием доступа инструмента (рис.12,г) во внутренние острые углы контура. Припуск в углах не должен превышать $(0,2 \dots 0,3) D$. Наибольший диаметр инструмента может быть определен по формуле

$$D_{\text{чер}} = \frac{2(t \sin \frac{\varphi}{2} - t_1)}{1 - \sin \frac{\varphi}{2}} + D,$$

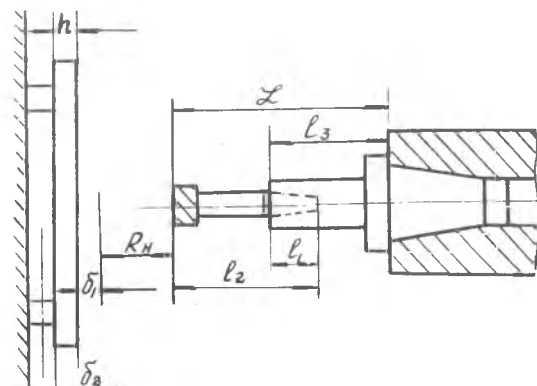
где t - максимальный припуск при обработке внутреннего угла;

t_1 - припуск для чистового прохода;

φ - наименьший угол сопряжения сторон в данном контуре;

D - диаметр окружности, сопрягающий стороны контура.

При обработке деталей на станках с ЧПУ режущий инструмент устанавливается на размер в осевом и радиальном направлениях вне станка на специальных приборах. Поэтому в технологии должны указываться наладочные размеры L и R_H (рис.13).



Р и с. 13. Схема для расчета наладочного размера режущего инструмента

$$L = l_3 - (l_2 - l_1),$$

где l_1 - длина закрепляемой части режущего инструмента;

l_2 - длина режущего инструмента;

l_3 - вылет оправки (l выражено в мм).

Номенклатура и размеры режущих инструментов при обработке корпусных деталей приведены в табл. 2, 3.

5. Выбор вспомогательной оснастки

Вспомогательная инструментальная оснастка для многооперационных станков по своему назначению подразделяется на следующие группы:

1. Основные инструментодержатели-оправы. Они имеют хвостовик, выполненный по посадочному месту в шпинделе станка, а также посадочное отверстие или наружную посадочную поверхность для непосредственного крепления режущего инструмента.

2. Державки, являющиеся промежуточным звеном между инструментом и оправкой, закрепляемой в шпинделе станка. С помощью державок осуществляется настройка инструмента по длине. Применяют три основных типа державок: регулируемые - с цилиндрической наружной поверхностью и внутренним конусом Морзе; нерегулируемые, жесткие - с наружным и внутренним конусом Морзе и внутренним цанговым зажимом.

3. Цанговые зажимы для закрепления инструментов с цилиндрическим хвостовиком. Эти зажимы обычно закрепляются в державках или непосредственно в оправках.

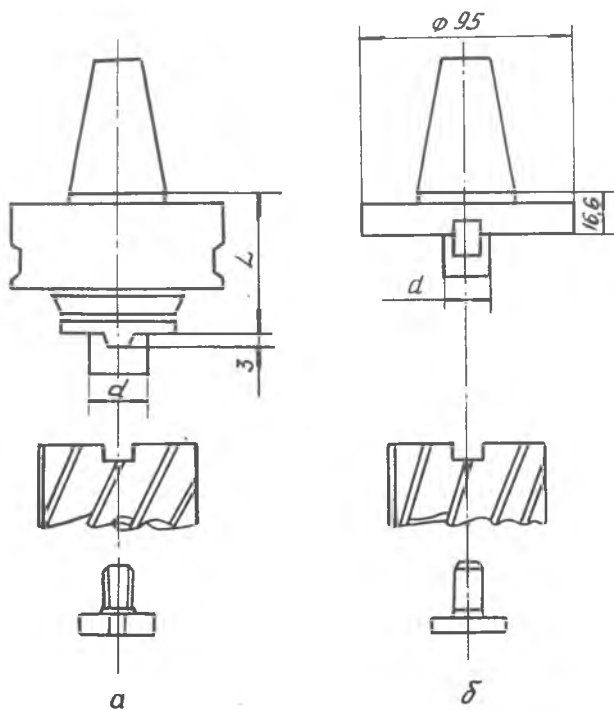
4. Патроны для закрепления метчиков, обеспечивающих компенсацию несовпадения величины подачи шпинделя и шага резьбы.

5. Специальные оправы, патроны, головки для закрепления расточных и подрезных резцов.

Перечисленные типы оснастки показаны на рис. 14, 15, 16, 17.

Для снижения трудоемкости при установке сверл и зенкеров на размер в осевом направлении рекомендуется использовать цанговый патрон (рис. 18), который имеет устройство для осевого перемещения упора при помощи косозубой рейки и нарезанных на ней зубьев.

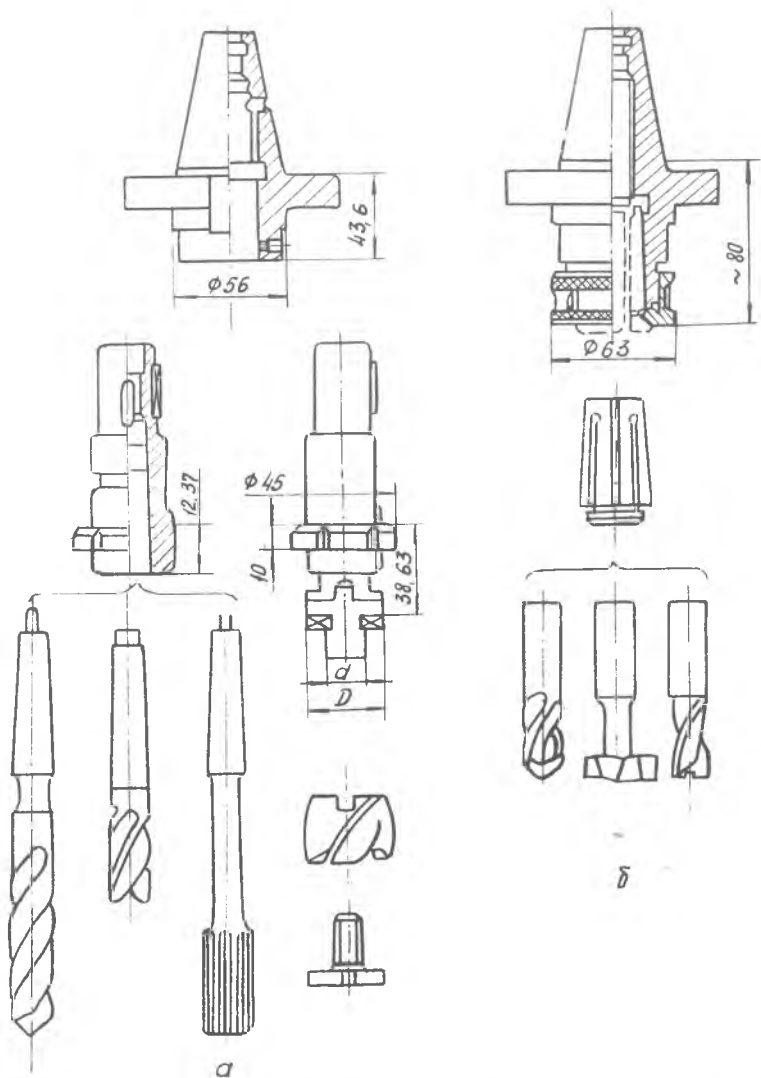
Для точения канавки внутри цилиндрической поверхности может быть использована специальная оправка (см. рис. 19), в которой



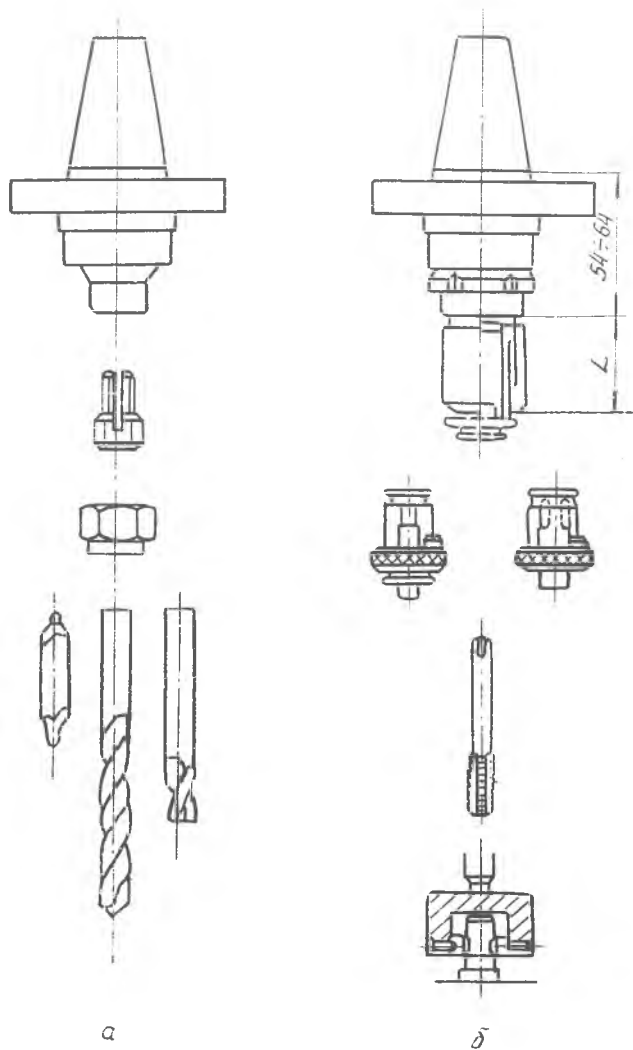
Р и с. 14. Оправы для закрепления фрез: а - регулируемые $d = 16, 22, 27, 32, 40$ мм; $l = 58,6; 58,6; 69,5; 69,5; 69,5$ мм, б - нерегулируемые $d = 16, 22, 27, 32, 40$ мм

при упоре детали в торец обрабатываемой детали резцы перемещаются радиально.

На рис. 20 представлен цанговый патрон для крепления инструмента с цилиндрическим хвостовиком.



Р и с. 16. Оправы и цанги для закрепления сверл, зенкеров, разверток: а - оправы $\phi 22/28$ мм, $a = 16,22$, $l = 32,40$; б - цанги для закрепления сверл диаметром > 14 мм



Р и с. 17. Цанги и оправы для закрепления сверл, зенкеров, метчиков: а - цанги для сверл $\varnothing 0,35-14,29$ мм; б - оправы для метчиков М3...М30

Т а б л и ц а 2

Номенклатура и размеры режущих инструментов

Характер обработки	Инструмент	Размеры, мм
Черновая, получистовая, чистовая обработка плоскостей	Фрезы торцевые с твердосплавными пластинками Фрезы концевые твердосплавные и быстрорежущие	$\varnothing 100, 125, 160$ $\varnothing 40 \ell = 75$ $\varnothing 32 \ell = 65$ $\varnothing 25 \ell = 50$
Обработка пазов	Фрезы концевые быстрорежущие Фрезы шпоночные быстрорежущие Фрезы прорезные	$\varnothing 5, 8, 12, 16, 18$ $\varnothing 4, 6, 10, 12$ $\varnothing 50 \times 4, 125 \times 3$
Центрование отверстий	Сверла спиральные короткие с углом при вершине 90°	$\varnothing 6, 10, 15, 20, 30$
Обработка отверстий под резьбу по 12 качеству точности, под последующую обработку зенкером, резцом, разверткой	Сверла спиральные короткие с углом при вершине 120°	$\varnothing 5, 6, 4; 6; 7; 7; 8; 8; 8, 5; 8, 7; 9; 10; 10, 2; 10, 7; 11; 11, 5; 12; 13; 13, 3; 14; 14, 5; 15; 15, 4; 16; 16, 25$
Предварительная обработка отверстий 9 качества точности	зенкер	$\varnothing 9, 79; 11, 79; 13, 79; 15, 79; 14, 79; 17, 79; 19, 79$
Предварительная обработка отверстий 7 качества точности	Развертка	$\varnothing 7, 96; 9, 96; 11, 95; 13, 95; 14, 95; 15, 95; 17, 95; 19, 94; 21, 94$
Окончательная обработка отверстий 7 качества точности	Развертка	$6H7; 8H7; 10H7; 12H7; 14H7; 15H7; 16H7; 18H7; 20H7$
Нарезание резьбы	Метчик	$M6 \times 1; M8 \times 1; 25; M10 \times 1, 5; M12 \times 1, 75; M12 \times 1, 25; M16 \times 2; M20 \times 2, 5$

П р и м е ч а н и я :

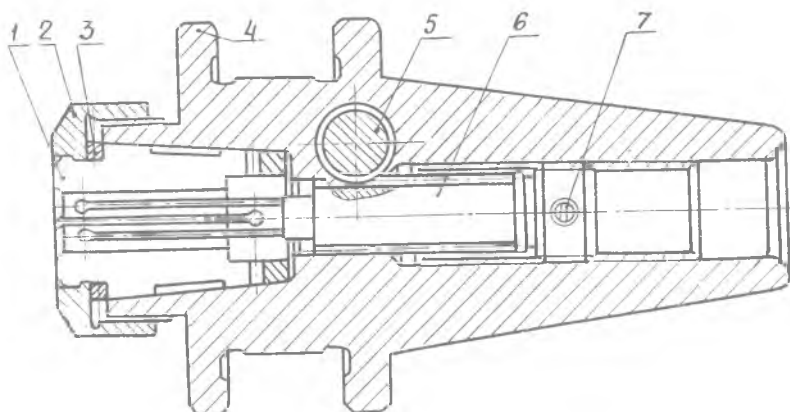
1. В зависимости от материала детали торцевые фрезы для черного фрезерования следует оснащать многогранными неперегретаемыми пластинками из твердых сплавов Т15К6, ТТ32К8; ВК6М, ВК8.

2. Для черновой расточки используются двухрезцовые оправки, для чистовой - однорезцовые.

Таблица 3

Выбор инструментов для обработки отверстий

Точ- ная часть отвер- стия	Шеро- ховат- ость	Наименование инструмента	Диаметр инструмента D_1							
			Диаметр отверстия d_1 , мм							
			5-7	7-9	9-10	10-15	15-18	18-20	20-28	28-30
12	R _z 80	Центровочное сверло	$(d+3) < D \leq 2,5d$		$(d+3) < D \leq 3d$					
		Сверло	$d \pm 0,05$		$d \pm 0,1$			$d \pm 0,15$		
11	R _z 40	Центровочное сверло	$(d+3) < D \leq 2,5d$		$(d+3) < D \leq 3d$					
		Сверло	$d \pm 0,05$		$(\frac{d+1}{2}) \pm 0,1$		$(d-2) \pm 0,5$			
		Зенкер резец расточной	dH11							
9	R _z 20	Центровочное сверло	$(d+3) < D \leq 3,5d$		$(d+3) < D \leq 3d$		$D > (d+4)$			
		Резец расточной				$d-0,1$		$d-0,2$		
		Сверло	$(\frac{d-0,1}{2}) \pm 0,05$		$(d-0,2) \pm 0,05$		$(d-1) \pm 0,5$		$(d-2) \pm 0,5$	
		Развертка	dH8							
8	R _z 2,5	Центровочное сверло	$(d+3) < D \leq 2,5d$		$(d+3) < D \leq 3d$		$D > (d+4)$			
		Сверло	$(\frac{d-0,1}{2}) \pm 0,05$		$(d-0,2) \pm 0,05$		$(d-0,1) \pm 0,05$		$(d-2) \pm 0,5$	
		Резец расточной				$d-0,1$		$d-0,2$		
		Развертка	dH5							
7	Ra _{0,25}	Центровочное сверло	$(d+3) < D \leq 2,5d$		$(d+3) < D \leq 3d$			$D > (d+4)$		
		Сверло	$(\frac{d-0,1}{2}) \pm 0,05$		$(d-0,2) \pm 0,05$		$(d-1) \pm 0,5$		$(d-2) \pm 0,5$	
		Резец расточной				$d-0,2$		$d-0,25$		
		Развертка черновая	$d-0,04$		$d-0,05$		$d-0,06$			
		Развертка чистовая	dH7							
Ra _{1,25}		Центровочное сверло				$(\frac{d+3}{2}) < D \leq 3d$		$D > (d+4)$		
		Сверло				$(d-1) \pm 0,5$		$(d-2) \pm 0,5$		
		Расточной инструмент				$d-0,2$		$d-0,25$		
		Развертка черновая				$d-0,05$		$d-0,06$		
		Развертка чистовая	dH7							



Р и с. 18. Цанговый патрон с встроенным механизмом регулирования: 1 - цанга; 2 - гайка; 3 - промежуточное кольцо; 4 - корпус; 5 - валик с косозубой шестерней; 6 - косозубая рейка-упор; 7 - стопор

1. РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА [18]

основные этапы проектирования технологических процессов;

1. Технологический анализ конструкции детали.
2. Выбор технологических баз и схемы установки детали на станке.
3. Выбор методов обработки различных поверхностей.
4. Определение целесообразной последовательности выполнения отдельных переходов [4] .
5. Определение оптимального пути холостого перемещения режущего инструмента [2,4] .
6. Выбор положения исходной точки инструмента по оси Z .
7. Выбор положения исходной точки инструмента по осям X , Y , Z .
8. Расчет координат опорных точек по осям X , Y , Z .
9. Определение координат точек входа и выхода фрезы при обработке плоскости.

10. Обработка поверхностей детали с использованием 5-й оси.
11. Определение настроечных размеров.
12. Выбор параметров режущего инструмента и вспомогательной оснастки [9, 10, 12, 13, 14, 15, 16 .] .
13. Назначение (расчет) режимов резания [7, 12, 17] .
14. Оформление технологической документации.

1. Технологический анализ конструкции детали

Анализ технологичности конструкции детали производится с целью определения возможности обработки данной детали на выбранном станке. При этом проверяется соответствие технических и технологических характеристик станка габаритам детали, ее точностным параметрам, геометрической конфигурации обрабатываемых поверхностей; выявляется возможность обработки поверхностей детали с различных сторон при одной установке.

При технологическом анализе ориентировочно определяется число режущих инструментов, необходимых для выполнения предполагаемых переходов и проверяется соответствие этого числа инструментов емкости магазина станка. Далее определяется модель многооперационного станка.

2. Выбор технологических баз и схемы установки детали на станке

Применение многооперационных станков обуславливает необходимость проектирования технологических процессов, предусматривающих обработку максимального количества поверхностей корпусной детали при одной установке. Это условие накладывает свои требования на выбор базирующих поверхностей. К таким требованиям относятся:

- 1) возможность подхода режущего инструмента ко всем подлежащим обработке поверхностям детали,
 - 2) постоянство положения детали относительно начала отсчета координат,
 - 3) наличие поверхности, относительно которой устанавливается режущий инструмент в исходное положение по осям X , Y , Z .
- Точность и качество базирующих поверхностей находится в

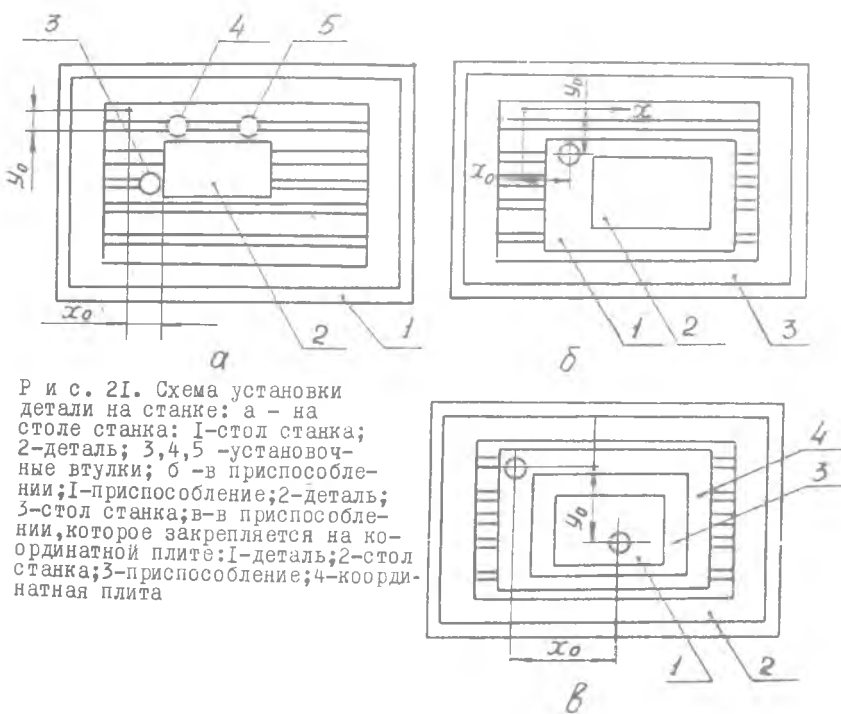
прямой зависимости от заданной точности геометрических параметров поверхностей, подлежащих обработке.

С выбором баз непосредственно связаны установка и способ крепления детали на станке.

Наиболее распространены следующие схемы установки деталей на многооперационных станках:

1) непосредственно на столе станка (см.рис.2I,а), крепление с помощью ручных прихватов;

2) в приспособлении с креплением его на столе станка (см.рис.2I,б);



Р и с. 2I. Схема установки детали на станке: а - на столе станка; 1-стол станка; 2-деталь; 3,4,5 -установочные втулки; б -в приспособлении; 1-приспособление; 2-деталь; 3-стол станка; в-в приспособлении, которое закрепляется на координатной плите: 1-деталь; 2-стол станка; 3-приспособление; 4-координатная плита

- 3) в приспособлении с креплением его на промежуточной плите, установленной на столе станка (см.рис.2I,в);
- 4) на координатной плите, установленной на столе станка;
- 5) на кубе или угольнике (см.рис.7,8).

При первом способе установки деталей (см.рис.2I,а) положение детали 2 на столе станка I определяется тремя установочными втулками 3,4,5.

Положение исходной точки находят следующим образом. Ось шпинделя со вставленной в него специальной контрольной оправкой совмещается с осью установочной втулки, для чего эталонный конец оправки вводится в отверстие установочной втулки. Затем оправка выводится из отверстия втулки и путем набора на пульте управления расстояния, равного $x_0 - \frac{d}{2}$, осуществляется перемещение стола на это расстояние. Аналогичная операция выполняется по оси Y или Z.

При втором способе (см.рис.2I,б) деталь I устанавливается в приспособлении 3, которое крепится на столе станка 2. Для определения положения исходной точки в приспособлении выполняется специальное отверстие или габаритная площадка, относительно которых координируется исходная точка.

При третьем способе установки детали (см.рис.2I,в) приспособление 3 с деталью I устанавливается на промежуточную плиту 4, которая проектируется с учетом постоянного закрепления ее на столе станка. В плите предусматривается несколько скоординированных отверстий в различных точках, каждое из которых используется в зависимости от габаритов и геометрической формы детали. Ось выбранного отверстия является исходной точкой положения инструмента.

При четвертом способе на столе станка устанавливается координатная плита, которая имеет точные T-образные пазы и отверстия. На координатную плиту устанавливаются базисные элементы — штырь или шпонка, на которые ориентируются базовые поверхности детали.

При пятом способе деталь помещается на куб или угольник, имеющие точные пазы, в которые устанавливаются базисные элементы.

3. Выбор методов обработки различных поверхностей

При обработке деталей как на многооперационных, так и на универсальных станках необходимо обеспечить заданную точность их геометрических параметров. До сих пор не созданы новые методы обработки на таких станках, поэтому в технологическом процессе изготовления корпусных деталей используются существующие методы обработки. Однако при проектировании и технологических процессах следует учитывать некоторые особенности обработки:

Обработка корпусной детали на многооперационных станках, как правило, начинается с выполнения фрезерных переходов — фрезерование плоскостей, пазов, уступов и т.д. Сначала следует фрезеровать торцевой или концевой фрезой внешние плоскости детали, затем — уступы на этих плоскостях.

Открытые плоскости фрезеруются торцевыми фрезами ($B > 0,3D$, B — ширина плоскости; D — диаметр фрезы), узкие плоскости — концевыми ($B \leq 0,3D$) фрезами.

При обработке закрытых пазов и выемок, когда врезание фрезы может осуществляться только с осевой подачей, переходу фрезерования должен предшествовать переход сверления или расточки отверстия для ввода фрезы.

При выполнении сверлильно-расточных переходов сначала осуществляются черновые переходы при обработке основных отверстий и отверстий большого диаметра (более 30 мм) в сплошном металле, затем аналогичные переходы назначаются при обработке пролитых или прошитых отверстий.

Первый переход при обработке литых отверстий небольшого диаметра следует выполнять расточным резцом, установленным в оправку. При такой обработке вследствие неравномерности припуска отверстие может получиться некруглой формы, но смещение его оси будет наименьшим.

Первый переход при обработке отверстий большого диаметра рекомендуется выполнять фрезерованием. За счет неравномерного припуска фреза смещается, отверстие получится не цилиндрической формы. Для получения правильной геометрической формы отверстия и обеспечения точного направления его оси чистой проход следует выполнять растачиванием.

При зенкерованием после черновой расточки для уменьшения ра-

диальной составляющей силы резания следует применять зенкеры с торцевыми режущими лезвиями. Возникающие в этом случае осевые силы меньше деформируют стержень инструмента и, следовательно, вызывают меньший увод оси отверстия.

Далее следует выполнять обработку торцевых поверхностей, канавок, фасок и других элементов, точность которых существенно ниже точностных возможностей станка.

После осуществления указанных переходов должны быть выполнены переходы получистовой и чистовой обработки основных отверстий, а также торцов, канавок, точность размеров и относительное положение которых соизмеримы с точностными возможностями станка.

После черновых переходов необходимо предусмотреть перерыв автоматического цикла перед чистовыми переходами. В такой перерыв необходимо удалить стружку, перезакрепить заготовку, чтобы уменьшить ее упругую деформацию при чистовой обработке, проверить положение рабочих органов станка относительно контрольных точек программы или "нуля отсчета" координат.

Сверление отверстий на этих станках осуществляется без кондукторных втулок, поэтому перед сверлением необходимо коротким жестким сверлом производить зацентровку, а затем сверлить, зенкеровать, развертывать и нарезать резьбу.

Последовательность обработки отдельных поверхностей устанавливается на основании экономического анализа. Методика определения последовательности обработки приведена ниже.

4. Определение целесообразной последовательности выполнения отдельных переходов [4]

В каждой плоскости корпусной детали может быть расположено несколько групп одинаковых отверстий. Одинаковые группы отверстий имеются в разных стенках детали (см. рис. 6).

Целесообразная последовательность обработки зависит от принятых методов обработки, количества поворотов детали, количества смен инструмента, числа проходов для обработки одного отверстия и в конечном счете от времени, затрачиваемого на обработку детали.

Изменение последовательности обработки вызывает изменение числа включений и срабатывание отдельных элементов и механизмов станка, а следовательно, регламентирует его производительность, точность и на-

дежность работы. Обработка отверстий в разных плоскостях детали возможна по следующим вариантам, характеризующим последовательность работы инструментов и трудоёмкость переходов.

1. Обработка каждого отверстия производится полностью по всем переходам при одном позиционировании детали относительно шпинделя станка. Затем деталь перемещается для обработки следующего отверстия и т.д. После обработки всех отверстий одной группы, расположенных на одной стороне, деталь поворачивается и в той же последовательности обрабатываются отверстия на другой стороне.

2. Одним инструментом осуществляется последовательная обработка всех отверстий одной группы, расположенных на одной стороне детали. Затем производится смена инструмента и эти же отверстия обрабатываются по второму проходу, затем по третьему и т.д. до полной обработки. Деталь поворачивается, и в такой же последовательности обрабатываются отверстия на второй стороне. В такой же последовательности обрабатывается другая группа отверстий.

3. Одним инструментом обрабатываются все отверстия, расположенные на всех сторонах детали. Затем производится смена инструмента и в такой же последовательности обрабатываются отверстия по второму переходу и т.д.

Аналогично обрабатывается вторая группа отверстий, затем третья и т.д.

4. Одним инструментом по первому переходу обрабатывается группа отверстий на одной стороне детали. Затем другим инструментом по первому переходу осуществляется последовательная обработка каждого из одинаковых отверстий второй группы, расположенных на той же стороне детали. После выполнения над всеми группами отверстий, лежащих на одной стороне детали, первого прохода в той же последовательности обрабатываются отверстия по второму, третьему и т.д. переходам.

При завершении обработки всех отверстий, расположенных на одной стороне детали, происходит ее поворот для аналогичной обработки отверстий, расположенных на другой стороне.

5. Одним инструментом по первому переходу осуществляется последовательная обработка каждого из одинаковых отверстий группы, расположенных на различных сторонах детали. Затем другим инструментом по первому переходу осуществляется последовательная обработка каждого из одинаковых отверстий второй группы, расположенных

на всех сторонах детали. После выполнения первого перехода над всеми группами отверстий детали в той же последовательности обрабатываются группы отверстий по второму переходу, затем по третьему и т.д. до полного завершения обработки отверстий на данном станке.

Варианты последовательности обработки различаются по количеству смен инструментов, режимам резания, числу поворотов, что влияет на производительность процесса обработки. Трудоемкость при различных вариантах обработки отверстий может быть определена согласно методике изложенной ниже.

Принимаем следующие обозначения:

- t_u - время на смену инструмента;
- t_k - время, затрачиваемое на перемещение стола с деталью для обработки следующего отверстия;
- t_p - время на изменение режимов резания;
- t_n - время на поворот стола;
- n - количество одинаковых отверстий в каждой группе, расположенных на одной стороне детали;
- \bar{n} - количество одинаковых отверстий на всех сторонах детали;
- K - число групп отверстий на одной стороне детали;
- \bar{K} - число групп отверстий в одной детали;
- i - число проходов или переходов для обработки одного отверстия;
- C - число сторон обработки;
- N - число всех отверстий, подлежащих обработке.

Время, затрачиваемое на установку, закрепление, открепление и снятие детали, машинное время, на подвод и отвод инструмента во всех вариантах остается одинаковым. При оценке вариантов сопоставляются затраты времени на выполнение несовмещенных вспомогательных перемещений.

I вариант

При работе по первому варианту несовмещенное время, затрачиваемое на обработку всех отверстий при одной установке детали, вычисляется по уравнению

$$t_1 = \sum^C \left[\sum^K (in) t_u \right] + \sum^N t_k + ct_n \quad (I)$$

Число смен инструментов при обработке одного отверстия равно числу переходов i , а при обработке всей группы отверстий - in .

Число смен инструментов при обработке K групп отверстий на одной стороне равно $\sum^K in$, а при обработке C сторон - $\sum^C \sum^K in$.

Первое выражение есть время на смену инструмента при обработке всех отверстий, второе выражение - время на позиционирование при обработке всех отверстий.

Последний член представляет собой время, затрачиваемое на поворот стола.

II вариант

Несовмещенное время на обработку рассчитывается по уравнению

$$t_2 = \sum^c \sum^k i t_n + \sum^c \left\{ \sum^k \left[\sum^n t_{ki} - (i-1)t_k \right] \right\} + ct_n. \quad (2)$$

Число смен инструментов при обработке всех отверстий группы равно числу переходов. При обработке отверстий одной группы число смен инструментов равно $\sum^k i$, а при обработке всех отверстий - $\sum^c \sum^k i$. При выполнении первого перехода число позицировок равно числу отверстий. После выполнения первого перехода над последним отверстием производят смену инструмента и с этого отверстия начинают обрабатывать остальные по второму переходу и т.д. Тогда число перемещений детали $(n-1)i+1 = ni - (i-1)$. В формуле (2) первое, второе и третье выражения имеют тот же смысл, что и в формуле (I). Выражение в квадратных скобках - это время, затрачиваемое на позиционирование при обработке по всем переходам одной группы отверстий, расположенных на одной стороне детали. Выражение в фигурных скобках - время на позиционирование при обработке всех отверстий.

III вариант

Несовмещенное время рассчитывается по уравнению

$$t_3 = \sum^k i t_u + \sum^{\bar{k}} \left[\sum^{\bar{n}} t_{ki} - (i-1)t_k \right] + \sum^{\bar{k}} t_n (c-1). \quad (3)$$

Первое, второе и третье выражения имеют тот же смысл, что и в формулах (I), (2). Выражение, стоящее в квадратных скобках, есть время, затрачиваемое на позиционирование при обработке по всем переходам группы одинаковых отверстий, расположенных на всех сторонах детали.

IV вариант

Несовмещенное время, рассчитываемое по уравнению

$$t_4 = \sum^c \sum^i k t_n + \sum^c \left\{ \sum^i \sum^k t_k - (i-1)t_k \right\} + ct_n. \quad (4)$$

Первое выражение есть время, затрачиваемое на смену инструмента при обработке K групп отверстий на всех сторонах детали. Выражение в фигурных скобках – время, затрачиваемое на перемещение стола с деталью на следующую координату при обработке K групп деталей на всех сторонах детали. Третье выражение уравнения – время, затрачиваемое на поворот стола.

У вариант

Несовмещенное время рассчитывается по уравнению

$$t_5 = \sum_{\bar{K}} i t_n + \sum_{\bar{K}} \sum_{N} t_K - (i-1)t_K + \sum_{\bar{K}} t_n (C-1) i. \quad (5)$$

Первое выражение обозначает время, затрачиваемое на смену инструмента при обработке K групп отверстий.

Второе выражение – это время перемещения стола при обработке всех видов отверстий (N).

Третье выражение это время, не затрачиваемое на перемещение стола, так как после смены инструмента обработка последнего отверстия производится без перемещения стола.

Четвертое выражение – это время, затрачиваемое на поворот стола при обработке всех групп деталей.

А н а л и з в а р и а н т о в о б р а б о т к и

Сопоставим первый и второй варианты обработки, вычтя из уравнения (I) выражение (2). Выражение (I) может быть приведено к виду:

$$t_1 = \sum_{\bar{C}} \sum_{\bar{K}} [(in)t_u + \sum_{\bar{K}} t_K] + Ct_n. \quad (6)$$

Здесь выражение в квадратных скобках есть несомещенное время, расходуемое на обработку одной группы отверстий, расположенных в одной плоскости.

Тогда

$$t_1 - t_2 = \sum_{\bar{C}} \sum_{\bar{K}} [i(n-1)t_u + \sum_{\bar{K}} (1-i)t_K + (i-1)t_K]. \quad (7)$$

если для удобства сопоставления предположить, что для одной группы отверстий t_K одинаковы, то выражение (7) примет вид

$$t_1 - t_2 = \sum_{\bar{C}} \sum_{\bar{K}} [i(n-1)t_u + (n-1)t_K - (n-1)it_K]$$

или

$$t_1 - t_2 = \sum^G \sum^K \left\{ (n-1) [i(t_u - t_k) + t_k] \right\}. \quad (8)$$

Поскольку в обоих вариантах обрабатываются отдельные группы отверстий, то достаточно проанализировать выражение, стоящее в фигурных скобках, затем применить его ко всем группам отверстий.

Для одной группы отверстий, расположенных в одной плоскости,

$$t_1 - t_2 = (n-1) [i(t_u - t_k) + t_k]. \quad (9)$$

Если все обрабатываемые отверстия различны, т.е. нет группы одинаковых отверстий, то $n = 1$ и $n - 1 = 0$; тогда $t_1 - t_2 = 0$ и $t_1 = t_2$. То есть оба варианта равноценны, вся обработка выполняется по первому варианту.

Если в детали имеются группы одинаковых отверстий и $n > 1$, то оба варианта равноценны, при этом второй член выражения (9) равен нулю, т.е. $i(t_u - t_k) + t_k = 0$, откуда критическое число переходов

$$i_{кр} = \frac{t_k}{t_k - t_u}, \quad (10)$$

при этом $t_1 = t_2$.

При $n > 1$ первое выражение (9) всегда больше нуля, с увеличением n это выражение растет, т.е., чем больше n , тем больше $t - t_2$ и тем значительнее сказывается разность времени между первым и вторым вариантами обработки.

Так как $(n-1) > 0$, то соотношение времени зависит от второго выражения уравнения (9). Если $[i(t_u - t_k) + t_k] > 0$, то $t_1 > t_2$, следовательно, выгодней работать по второму варианту. Если $[i(t_u - t_k) + t_k] < 0$, то $t_1 < t_2$, следовательно, выгодней работать по первому варианту.

В первом случае $[i(t_u - t_k) + t_k] > 0$, откуда $t_k > -i(t_u - t_k)$ и, следовательно, $t_1 > t_2$:

$$i_{кр} < \frac{t_k}{t_k - t_u}. \quad (11)$$

Во втором случае $[i(t_u - t_k) + t_k] < 0$, откуда $t_k < -i(t_u - t_k)$ и, следовательно, $t_1 < t_2$:

$$i_{кр} > \frac{t_k}{t_k - t_u}. \quad (12)$$

Целесообразность работы по первому и второму вариантам зависит от отношений (I0), (II) и (I2); из них следует, что при малых i ($i < i_{кр}$) когда, например, выполняется обработка крепежных отверстий и число одинаковых отверстий велико, целесообразнее работать по второму варианту [отношение (I2)].

Когда производится растачивание основных отверстий сложной формы с высокой степенью точности и большим числом переходов ($i > i_{кр}$), целесообразнее работать по первому варианту [отношение (II)]. Если же имеет место соотношение (I0), то оба варианта равноценны.

Численные значения величины $\frac{t_k}{t_k - t_u}$ зависят от соотношения времени $t_u - t_k$. Если разность времени $t_k - t_u$ велика, то $\frac{t_k}{t_k - t_u}$ невелико ($i_{кр}$ мало), и следовательно, целесообразно работать по первому варианту даже при небольших значениях i . И наоборот, если значения времени близки, то $\frac{t_k}{t_k - t_u}$ велико, целесообразнее работать по второму варианту даже при больших значениях i .

Величина времени на смену инструмента зависит от конструкции станка: можно принять 7с для станков 690БИМФ2 и Горизон 3 и 6с для станков 243ВМФ2, 245ВМФ2.

Время перемещения и позиционирования стола в заданную координату может быть определено по формуле

$$t_k = t_{вкл} + \frac{A \pm l_1}{v_{уск}} + \frac{l_1 - l_2}{v_{1раб}} + \frac{l_2}{v_{2раб}}, \quad (I3)$$

где $t_{вкл}$ - время срабатывания механизма зажима подвижных узлов при зажиме и отжиме;

A - величина перемещения стола;

$v_{уск}$ - скорость быстрого перемещения стола;

l_1, l_2 - путь первого и второго замедленного перемещения;

v_1 и v_2 - скорость замедленного перемещения ползуна I и 2.

Время на разгон и торможение не учитывается, так как оно составляет сотые доли секунды.

При более грубом позиционировании в формуле (I3) может отсутствовать отношение $\frac{l_2}{v_2}$.

Для повышения точности позиционирования при обработке следующего отверстия стол рекомендуется перемещать в одном направлении.

Для корпусных деталей время позиционирования и перемещения стола в следующую координату при межосевом расстоянии примерно 100-150 мм составляет 6-8 с.

Сопоставим третий и пятый варианты обработки. Вычитая из формулы (3) выражение (5), получим

$$t_3 - t_5 = \sum^K \left[\sum_{\bar{K}}^{\bar{K}} t_K i - (i-1)t_K \right] - \sum_{\bar{K}}^{\bar{K}} \sum^N t_K + (i-1)t_K.$$

Если допустить равенство $\sum_{\bar{K}}^{\bar{K}} \sum^N t_K = \sum^N t_K$ и первое выражение равно третьему, то

$$t_3 - t_5 = (i-1)t_K - \bar{K}(i-1)t_K = (\bar{K}-1)(1-i)t_K.$$

При $i = 1$ $t_3 - t_5 = 0$ и оба варианта равноценны, а при $i > 1$ $t_3 - t_5 < 0$, так как $\bar{K} > 1$, т.е. работа по третьему варианту всегда целесообразнее, чем по пятому. Чем больше различных групп отверстий в детали \bar{K} , тем больше разность времени.

Сопоставление второго и четвертого вариантов обработки. Вычтем из формулы (2) выражение (4).

Первые члены этих уравнений одинаковы.

Первые части второго члена также одинаковы при допущении равенства всех t_K , т.е.

$$t_2 - t_4 = \sum^C [-K(i-1)t_K + (i-1)t_K] = \sum^C (i-1)(1-K)t_K.$$

При $i = 1$ и $t_2 - t_4 = 0$ оба варианта равноценны.

При $i > 1$ $t_2 - t_4 < 0$. Так как $K > 1$, работа по второму варианту всегда целесообразнее, чем по четвертому.

Сопоставление второго и третьего вариантов обработки. Сделав допущение о равенстве t_K и i во всех группах отверстий, получим

$$t_2 - t_3 = (KC - \bar{K})it_u - (i-1) \times (KC - K)t_K + [C - (C-1)iK]t_n$$

или

$$t_2 - t_3 = (KC - \bar{K})[t_K - i(t_K - t_u)] - [\bar{K}i(C-1)]t_n.$$

Число групп одинаковых отверстий \bar{K} меньше числа групп сторон отверстий KC ; так как одинаковые отверстия имеются в разных стенках детали, поэтому $(KC - \bar{K}) > 0$. Если в разных стенках детали нет повторяющихся групп отверстий, то $KC = K$ и $KC - K = 0$, тогда $t_2 - t_3 < 0$ и $t_3 > t_2$, т.е. целесообразнее работать по второму варианту.

При равенстве обоих вариантов $t_2 - t_3 = 0$

$$i_{кр} = \frac{(KC - \bar{K})t_K - Ct_n}{(KC - \bar{K})(t_K - t_u) + \bar{K}(C-1)t_n}. \quad (14)$$

В данном случае $i_{кр}$ зависит не только от соотношения значений t_u и t_k , но и от конструктивного исполнения детали, т.е. соотношения числа групп отверстий в каждой стороне детали и общего числа групп отверстий. При $i < i_{кр}$ и $t_2 > t_3$ целесообразно работать по третьему варианту, а при $i > i_{кр}$ и $t_2 < t_3$ - по второму.

Анализ работы многооперационных станков показывает, что смена инструмента является более сложным элементом цикла работы станка, чем позиционирование стола и салазок. Поэтому, исходя из эксплуатационных условий работы станка, желательно производить меньше смен инструмента, т.е. отдавать предпочтение работе по второму варианту. На основании тех же эксплуатационных условий целесообразно производить меньшее число поворотов стола с деталью.

Для уменьшения затрат времени при решении в каждом конкретном случае, какой из пяти вариантов является оптимальным, необходимо использовать малые или средней мощности ЭВМ, в том числе НАИРИ-2, СМЗ, СМ4 и ряд других.

5. Определение оптимального пути холостого перемещения режущего инструмента

Рассмотрим варианты холостого перемещения инструмента при обработке группы одинаковых отверстий в одной плоскости (рис.22).

I. При работе согласно приведенной схеме на рис. 22,а, производится обработка первым инструментом всех отверстий последовательно - 1,2,3...8. После обработки 8-го отверстия производится смена 1-го инструмента на 2-й. Обработка отверстий производится последовательно в обратном порядке - 8,7...1.

После обработки 1-го отверстия производится смена 2-го инструмента на 3-й. Обработка производится в такой же последовательности, как и при первом переходе и т.д.

При этом число перемещений детали при n отверстиях в группе составит $(n-1)l + 1$, последняя единица характеризует перемещение стола станка с деталью от нулевой точки к инструменту для обработки первого отверстия. Без учета этого перемещения, характерного для каждого варианта обработки, общая длина пути проходного стола с деталью относительно инструмента при позиционировании:

мента и совершается третий проход и т.д.

Число перемещений стола с деталью составляет $(n-1)i+1$, а общая длина пути при позиционировании

$$L_{\delta} = \left[\left(\frac{n}{2} - 1 \right) \ell_{np} + \frac{n}{2} \ell_{non} \right] i. \quad (17)$$

В каждом конкретном случае рассчитывается время t_1, t_2, t_3, t_4, t_5 и определяется оптимальный вариант последовательности обработки; по формулам (15), (16) и (17) - кратчайший путь перемещения стола с деталью.

Сопоставим приведенные схемы, предположив, что все межосевые расстояния у отверстий, расположенных в одном направлении, одинаковы.

Разность путей, которые необходимо пройти детали при позиционировании по первой и второй схемам, определится вычитанием выражения (16) из формулы (15), т.е.

$$L_{\alpha} - L_{\delta} = (i-1)(\ell_{np} - \ell_{non}). \quad (18)$$

Чем больше i , тем больше разность путей; при малом i разность невелика.

Если $\ell_{np} = \ell_{non}$, то второй член выражения (18) равен нулю и оба варианта равноценны.

Если $\ell_{np} > \ell_{non}$, то $L_{\alpha} - L_{\delta} > 0$ и $L_{\alpha} > L_{\delta}$; следовательно, целесообразнее работать по второму варианту.

Если $\ell_{np} < \ell_{non}$, то $L_{\alpha} - L_{\delta} < 0$ и $L_{\alpha} < L_{\delta}$, т.е. целесообразней работать по первому варианту.

Сопоставим первую и третью схемы, вычитая выражение (17) из формулы (15), тогда получим

$$L_{\alpha} - L_{\delta} = \left(\frac{n}{2} - 1 \right) i (\ell_{np} - \ell_{non}). \quad (19)$$

Чем больше отверстий в группе n и переходов обработки i , тем значительнее оказывается разность путей, а следовательно и времени вариантов обработки.

Если $\ell_{np} = \ell_{non}$, то второй член выражения (19) равен нулю, и оба варианта равноценны.

Если $\ell_{np} > \ell_{non}$, то $L_{\alpha} - L_{\delta} > 0$ и $L_{\alpha} > L_{\delta}$; следовательно, целесообразно работать по третьему варианту.

Если $\ell_{np} < \ell_{non}$, то $L_{\alpha} - L_{\delta} < 0$ и $L_{\alpha} < L_{\delta}$, т.е. целесо-

образней работать по первому варианту.

Пусть l_{np} больше $l_{ноп}$ на 50 мм, $n = 8$ и $i = 3$, тогда по формуле

$$L_a - L_B = \left(\frac{n}{2} - 1\right) i (l_{np} - l_{ноп}) = \left(\frac{8}{2} - 1\right) 3 \cdot 50 = 450 \text{ мм},$$

что довольно значительно.

6. Выбор положения исходной точки инструмента по оси Z

Положение исходной точки по оси Z рассчитывается из условия обеспечения наименьших холостых ходов R (подвод режущего инструмента к зоне обработки), а также беспрепятственной смены инструмента (рис.23).

Расстояние от базовой поверхности детали A до торца шпинделя станка

$$H_0 = L + R + \delta_1 + h,$$

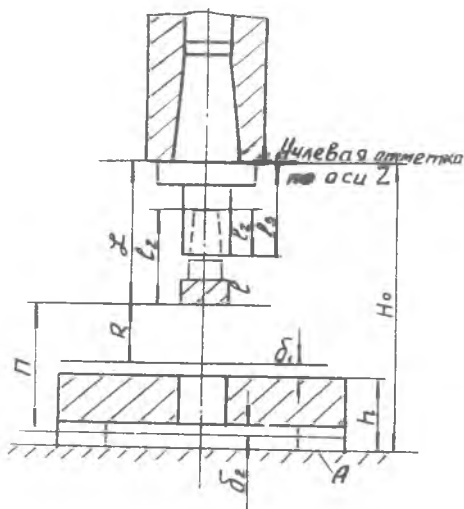
где L - наладочный размер инструмента,

R - величина быстрого подвода инструмента к зоне обработки,

δ_1 - величина рабочего перемещения инструмента к обрабатываемой поверхности детали,

δ_2 - величина перебега инструмента,

h - высота детали.



Р и с. 23. Схема для определения исходной точки по оси Z

В каждом конкретном случае в зависимости от конструкции детали рассчитывается координата положения исходной точки инструмента H_0 .

Для детали типа "плита" достаточно выбрать инструмент с максимальным размером L, тогда

$$H_0 = L_{max} + h \text{ при } R \approx 0.$$

Для корпусных деталей с перепадом высот выбирается инструмент с максимальным наладочным размером L и максимальная высота детали h_{max} . При этом определяется:

$$\left. \begin{aligned} H_0' &= L_n + h_{max} + \delta_1 + \delta_2; \\ H_0'' &= L_{max} + h_n + \delta_1 + \delta_2 \end{aligned} \right\} \text{ при } \delta_1 \approx 0,$$

где L_n - максимальный наладочный размер инструмента, которым обрабатывается деталь в месте h_{max} ;

h_n - максимальная высота детали в месте, где ведется обработка инструментом максимальной длины.

Из рассчитанных значений H_0' и H_0'' принимается наибольшее.

Перемещение инструмента определяется на основании схемы наладки и эскизов обработки. Для каждого инструмента рассчитывается ускоренное (R) и рабочее ($h + \delta_1 + \delta_2$) перемещения шпинделя по оси Z :

$$R = H_0 - (L + h + \delta_1 + \delta_2).$$

Величина общего перемещения определяется по уравнению

$$П_0 = R + h + \delta_1 + \delta_2.$$

7. Выбор положения исходной точки инструмента по осям X, Y (Z)

У станков с вертикальной компоновкой (243ВМФ2, 245ВМФ2) выбор положения исходной точки производится по осям X , Y , а у станков с горизонтальной компоновкой (690ПМФ2, "Горизон 3,4" - по осям X , Z).

Отсчет размеров на многооперационных станках в отличие от универсальных и специальных осуществляется не от настроечных элементов (приспособления или станка), а от начала координат (рис. 25,26).

В зависимости от технической характеристики системы программного управления (с фиксированным или плавающим нулем) начало отсчета может быть задано в каком-то определенном месте или в любой точке стола станка. Начало отсчета является исходной точкой, в которой перед началом обработки должен находиться режущий инст-

румент. Положение исходной точки выбирается как можно ближе к детали, но так, чтобы режущий инструмент не мешал ее снятию и закреплению. Исходная точка соответствует началу абсолютной системы координат. Вторая характерная точка, в которой производится смена инструмента, является началом относительной системы координат, она должна располагаться также близко к детали с соблюдением условия беспрепятственной смены инструмента (в некоторых случаях эти точки могут совпадать).

Если станок имеет "плавающий ноль" (возможность автоматически смещать начало отсчета перемещений), то цикл работы будет выглядеть следующим образом: инструмент находится в исходной точке (начало абсолютной системы; подается команда на перемещение нуля системы в точку смены инструмента (начало относительной системы координат); стол перемещается в точку смены инструмента; подается следующая команда на перемещение стола, чтобы инструмент оказался в зоне обработки, после обработки заданной поверхности стол по команде перемещается в точку смены инструмента.

Затем производится смена инструмента и цикл повторяется.

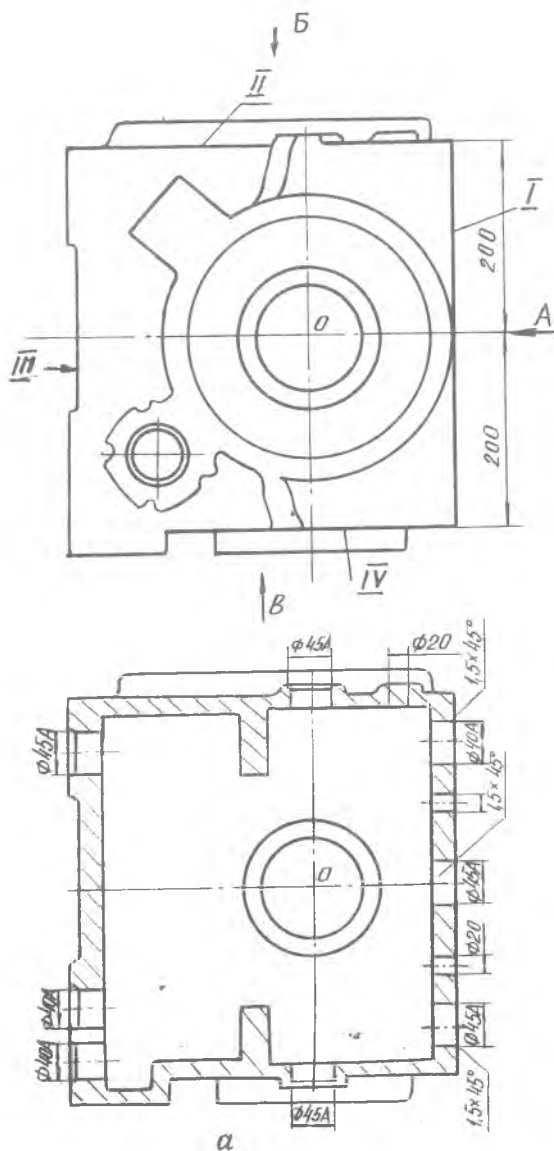
После окончания обработки последним инструментом, стол выводится в начало абсолютной системы координат.

При фиксированном нуле совершаются те же движения, но отсчет всех перемещений производится от начала абсолютной системы (фиксированного нуля).

8. Расчет координат опорных точек по осям X , Y , Z .

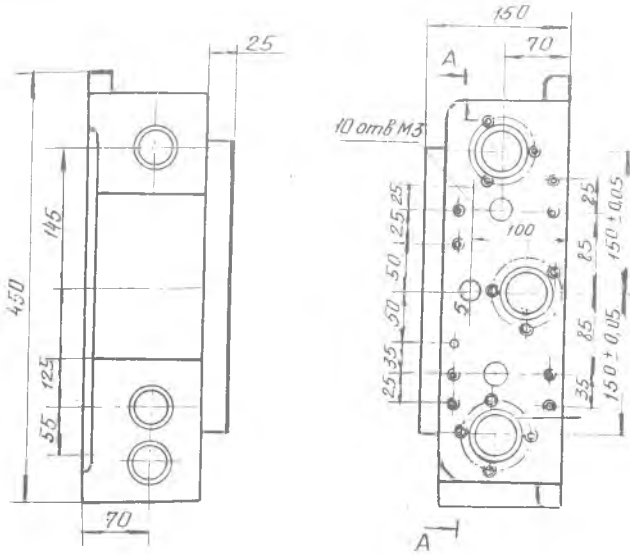
Для расчета и составления управляющей программы необходимо на основе чертежа детали (рис.24) составить геометрический план обрабатываемых поверхностей (рис.25, 26), расположенных на каждой стороне корпусной детали. Каждое отверстие на этом плане имеет порядковый номер, отверстия одинакового размера следует нумеровать последовательно. На плане выбирается начало отсчета координат.

Направление перемещения может иметь знак плюс или минус, но координата должна быть только одного знака (см.рис.26). Это условие не является обязательным для станков, имеющих плавающий ноль, у которых нулевое положение - начало отсчета координат - может быть установлено в любой точке осей X , Y , Z .

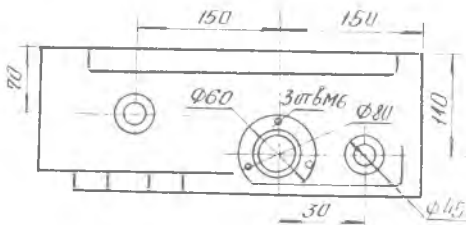


Р и с . 24 . Чертеж

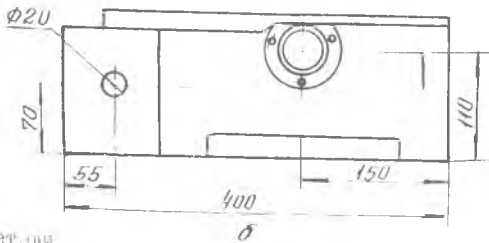
Вид А



Вид Б

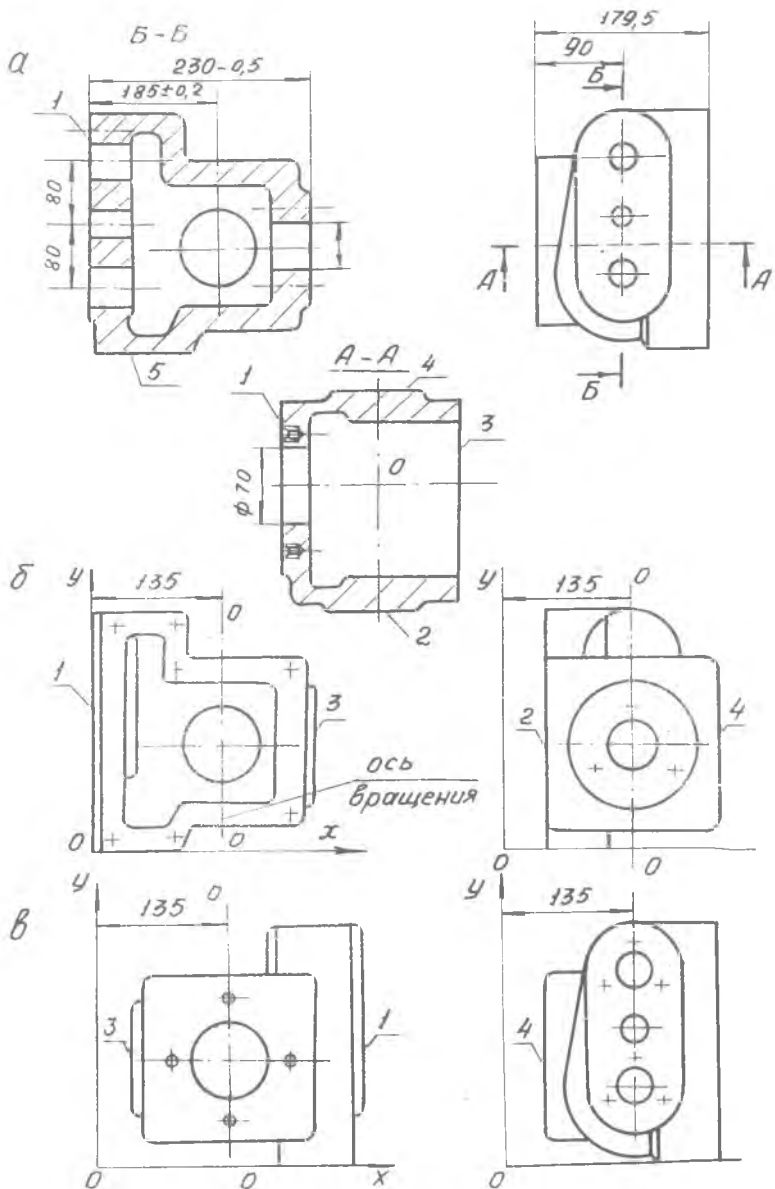


Вид В

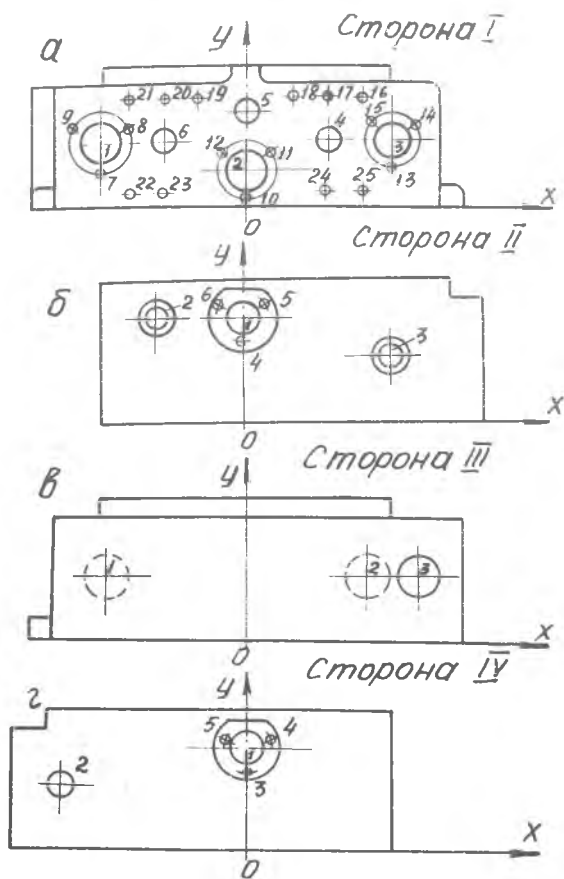


корпусной детали

№ 1111



Р и с. 25. Схема расположения осей координат при обработке корпусной детали



Р и с. 26. Геометрический план расположения отверстий на четырех сторонах корпусной детали

На рис. 26 ось y совмещена с вертикальной осью вращения "0 - 0", а ось x - с основанием детали. На этом же рисунке приведен геометрический план четырех сторон корпусной детали. Рассчитанные координаты отверстий боковой стороны приведены в табл. 4.

Таблица 4

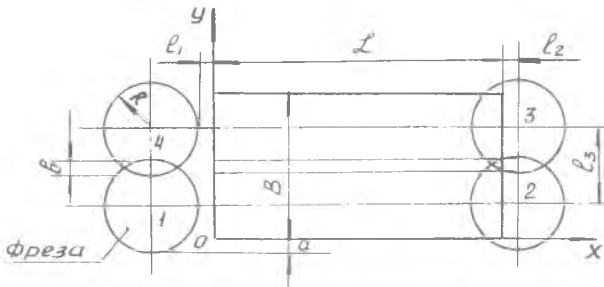
Координаты отверстий боковой стороны *A*

номер отвер- стия	Координаты		Размер	номер отвер- стия	Координаты		Размер
	X	Y			X	Y	
1	-150	+70	d45A	13	+150	+40	M8
2	0	+40		14	+175	+85	
3	+150	+70		15	+124,2	+85	
4	+65	+70	φ20A	16	+110	+110	M6
5	0	+110		17	+85	+110	
6	-85	+70		18	+50	+110	
7	-150	+40		19	-50	+110	
8	-124,2	+85	M6	20	-85	+110	
9	-175	+85		21	-110	+110	
10	0	+10		22	-120	+15	
11	+25,8	+65		23	-85	+15	
12	-25,8	+65		24	+85	+15	

9. Определение координат точек входа

и выхода фрезы при обработке плоскости

для детали, показанной на рис.27, такими точками будут 1,2,3,4,



Р и с. 27. Схема для расчета координат опорных точек при фрезеровании плоскости

Расчет координат производится по формулам:

$$x_1 = -(R + \ell_1), \quad y_1 = R - a;$$

$$x_2 = \ell + \ell_2, \quad y_2 = R - a;$$

$$x_3 = \ell + \ell_2, \quad y_3 = 2R - b;$$

$$x_4 = -(R + \ell_1), \quad y_4 = 2R - b,$$

где R - радиус фрезы;

ℓ - длина обрабатываемой поверхности;

ℓ_1 - подход фрезы к обрабатываемой поверхности, принимается равной 2-3 мм;

ℓ_2 - величина перебега фрезы 2-3 мм;

a - величина, учитывающая радиус закругления торца фрезы;

ℓ_3 - перемещение фрезы в поперечном направлении;

B - ширина обрабатываемой поверхности;

δ - величина перекрытия.

10. Обработка поверхностей детали с использованием 5-й оси

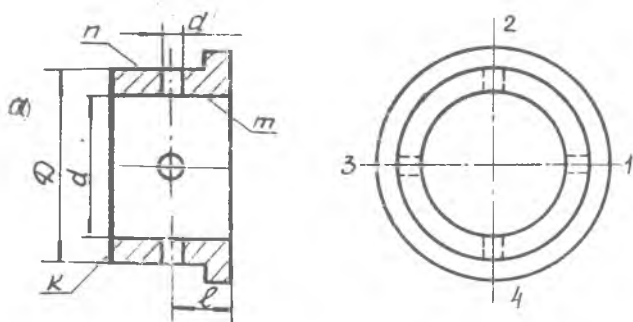
Ряд корпусных деталей требует обработки при одной установке нескольких поверхностей, лежащих в разных плоскостях. При этом должна быть использована пятая координата. Так, например, станок "Горизон 3" имеет 5 координат, а одновременное управление осуществляется по четырем, для записи команд по пятой координате используется свободный канал из четырех управляемых. На станке "Горизон 3" может осуществляться перемещение инструмента по оси Y , крестового стола - по осям X и Z , планшайба 5 вращается вокруг вертикальной оси B , съемный стол I, установленный на планшайбу 5, вращается вокруг горизонтальной оси C .

Для составления управляющей программы необходимо определить координаты по осям X , Y , Z , BC .

Координаты по осям C и B , углы поворота стола и планшайбы выражаются в градусах.

На рис. 28 приведена схема для расчета координат при фрезеровании торца.

Операционный эскиз детали



I позиция фрезерование торца

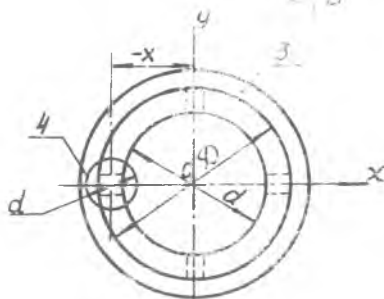
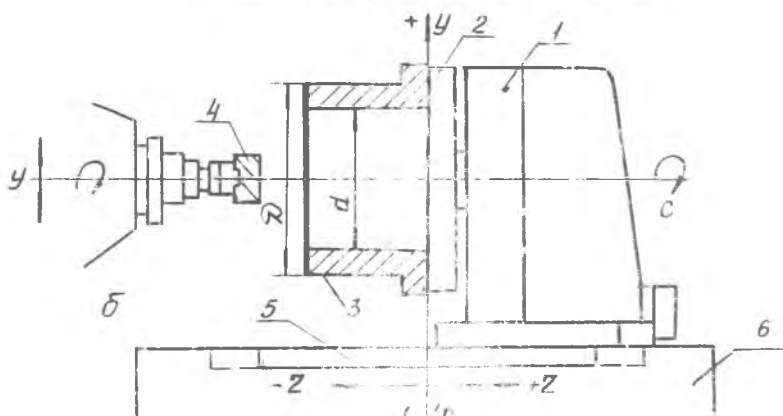


Рис. 28. Схема для расчета координат опорных точек при фрезеровании с использованием 5-й оси: а-операционный эскиз детали; *n, k, m* - обработанные поверхности; 1, 2, 3, 4 - соковые отверстия; б-схема расчета координат; 1-съемный стол с горизонтальной осью вращения; 2-планшайба съемного стола для установки и закрепления детали; 3-деталь; 4-фреза, перемещающаяся по оси *Y*; 5-планшайба на крестовом столе с вертикальной осью вращения; 6-крестовый стол, перемещающийся по осям *X, Z*.

Так, например, требуется обработать деталь с одной установкой (рис.28). Обработке подвергаются поверхности k , m , n и четыре отверстия. При обработке поверхности k должны быть задействованы координаты X , Y , Z , B и C . Координаты C и B , углы повороте оси стола C и оси поворотной планшайбы выражаются в градусах.

На этом же рисунке приведена также схема для расчета координат при фрезеровании торца. Деталь устанавливается на съемный стол с горизонтальной осью вращения, который устанавливается на крестовый поворотный стол или планшайбу 2 с вертикальной осью вращения.

При фрезеровании торца (позиция I) деталь 3 вращается вокруг горизонтальной оси съемного стола, а фреза 4 устанавливается в заданном положении по оси Y и имеет только вращательное движение.

Расчет координат производится по уравнениям:

$$x = -\left(\frac{d}{2} + \frac{D-d}{2}\right);$$

$$y = 0; \quad C = 360^\circ.$$

Сверление I-го отверстия (позиция II) производится после поворота планшайбы 5 на 90° вокруг оси B . Для сверления 2-го, 3-го и 4-го отверстий деталь поворачивается вокруг горизонтальной оси C , соответственно, на 90 , 180 и 270° .

II. Определение настроечных размеров

Согласно установившейся практике эксплуатации станков с ЧПУ, режущий инструмент устанавливается в середине поля допустимого.

Настроечный размер рассчитывается:

при обработке цилиндрических поверхностей

$$R_H = \frac{d_{max} + d_{min}}{4};$$

при обработке торцевых поверхностей

$$l_H = \frac{l_{max} + l_{min}}{2}.$$

В процессе резания на технологическую систему СПИД действуют силы резания, вызывающие упругие перемещения узлов станка, приспособления и режущего инструмента, что приводит к погрешностям обработки. При расчете настроечных размеров упругие перемещения

СПИД учесть невозможно из-за большого количества изменяющихся факторов, которые влияют на точность обработки. Поэтому размеры детали, обработанной по управляющей программе выходят за пределы допуска.

Для обеспечения точности обработанной поверхности при обработке первой детали рекомендуется к настроечному размеру добавлять припуск $\pm 0,1 \dots 0,2$ мм (набирается на пульте управления). Далее после обработки путем измерения определяются фактические размеры обработанных поверхностей d_{ϕ} , l_{ϕ} . Величина коррекции вычисляется по следующим зависимостям:

Для наружных или внутренних цилиндрических поверхностей

$$K_D = \pm \frac{d_z + d_{\phi}}{4},$$

где d_z , d_{ϕ} - соответственно заданный и фактический диаметры.

Для линейных размеров (торцевых поверхностей) -

$$K_L = \pm \frac{l_z + l_{\phi}}{2},$$

где l_z , l_{ϕ} - соответственно заданный и фактический линейные размеры.

Величина найденной коррекции набирается на пульте управления.

Этапы выбора параметров режущего инструмента и вспомогательной оснастки и назначения режимов резания хорошо освещены в обозначенной литературе.

12. Оформление технологической документации

Для кодирования информации и наладки станка все расчетные данные должны быть представлены в виде трех документов:

- операционная карта;
- техническое задание;
- карта наладки станка.

Операционная карта оформляется в соответствии с ГОСТом 31404-74 (форма 2, а).

В техническом задании вычерчивается эскиз детали с выделением поверхностей, подлежащих обработке на данном станке. На эскизе проставляются оси координат, относительно которых координируется положение установочных баз детали, настроечных элементов приспособления, оси вращения детали (стола станка), опорных точек

траектории движения режущего инструмента.

На этом же эскизе указываются диаметральные и линейные размеры обрабатываемых поверхностей, их шероховатость и порядковый номер, соответствующий последовательности обработки

Примеры оформления технического задания приведены на рис.32,33,34,35, обработки детали - на рис.31.

Карта наладки станка содержит необходимые сведения о настройке режущих инструментов. В ней должен быть эскиз настройки инструмента по длине для каждого перехода. На эскизе изображается начальное положение инструмента и обрабатываемой поверхности. На основе полученных данных и данных технического задания определяются величины быстрого и рабочего хода режущих инструментов, значения чисел оборотов и подач, заимствованных из операционной карты.

III. РАСЧЕТ УПРАВЛЯЮЩЕЙ ПРОГРАММЫ

I. Кодирование информации

При составлении управляющей программы для обработки деталей на станках с числовым программным управлением всю технологическую информацию необходимо перевести с обычного языка на кодированный.

Технологическая информация представляется в виде адресов и цифровых величин.

В зависимости от системы ЧПУ и типа станка адреса обозначают направление перемещения, направление вращения шпинделя, планшайбы с вертикальной осью, шпинделя с горизонтальной осью накладного стола, подачу и смену режущего инструмента, а цифры определяют величину перемещения крестового стола, скорость вращения шпинделя, планшайбы накладного стола, скорость подачи, номер инструмента и т.д.

В современных многооперационных станках 243ВМФ2, 245ВМФ2, 690БМФ2, "Горизон 3,4" для кодирования технологической и цифровой информации применяется буквенно-цифровой код ИСО-7 бит. Он рассчитан на восьмидорожечную перфоленту шириной 25,4 мм. В коде ИСО-7 бит для обозначения адресов используются буквы латинского алфавита. Так, признак перемещения по оси X кодируется как X,

перемещения по оси Y - как Y и т.п. Кроме адресов код имеет ряд служебных символов: "+", "-", "% и др. Для записи цифровой информации в коде ИСО-7 бит используется двоично-десятичная система 8-4-2-1. В ней каждая цифра десятичного числа кодируется четырьмя двоичными разрядами, имеющими в основании двойку и соответственно веса 8,4,2,1.

Вся информация в виде адресов, числовых величин и вспомогательных символов записывается путем пробивки отверстий на семи дорожках перфоленты. Для контроля правильности считывания информации (контроль по четности), если число пробивок в строке нечетное, делается пробивка на восьмой дорожке. Обозначение символов в коде ИСО-7 бит приведено в табл. 5.

Программа состоит из последовательно записанных кадров, каждый из которых представляет собой перечень кодов, записанных в фиксированном порядке (некоторые коды могут быть опущены). Предельный объем информации определяется форматом кадра, который зависит от системы ЧПУ.

2. Система ЧПУ "Размер 2М"

В отечественных станках наиболее широкое применение получила система с ЧПУ "Размер 2М". Полное обозначение формата кадра в этой системе имеет вид:

$N3, G2(40), G2(60), G2(80), X+33, Y+33, Z+42, B+0,6, R42, F2, S2, T2, M2, PC,$

где N - признак кадра;
 G - подготовительная функция;
 X, Y, Z - признак осей координат;
 B - признак поворота стола вокруг вертикальной оси;
 F - скорость подачи;
 S - частота вращения шпинделя;
 T - код инструментов;
 M - вспомогательная функция;
 PC - конец кадра.

Первым должен идти адрес признака - номер кадра. Это "слово" включает в себя буквенный знак и три строки со значащими цифрами.

За ним следует подготовительная функция

Таблица 5

кодирование буквенно-цифровой информации по коду USS-7бит

Символ	Номер дорожки								Содержание символов
	1	2	3	4	5	6	7	8	
	Вес пробивки								
	1	2	4	8					
0				•	○	○			
1	○			•	○	○		○	
2		○		•	○	○		○	
3	○	○		•	○	○			
4			○	•	○	○		○	
5	○		○	•	○	○			
6		○	○	•	○	○			
7	○	○	○	•	○	○		○	
8				•	○	○	○		○
9	○			•	○	○	○		
V		○		•				○	Поворот вокруг вертикальной оси
C ^x	○	○		•				○	Поворот вокруг горизонтальной оси
F		○	○	•				○	Скорость подачи
I ^x	○	○	○	•	○		○	○	При наличии этого знака кадр не исполняется
G	○	○	○	•				○	Подготовительные функции
J ^x		○		•	○			○	Координата центра окружности в плоскости xy по оси y тоже в плоскости xy
K ^x	○	○		•	○			○	Координата центра окружности в плоскости xz по оси z
L ^y	○			•	○			○	Координата центра окружности в плоскости xz по оси x
M	○		○	•	○			○	Вспомогательные команды
R		○		•	○			○	Координата быстрых перемещений по оси z

С И М В О Л	Номер дорожек								Содержание символов	
	1	2	3	Син	4	5	6	7		8
	Вес пробивки									
	1	2	4		8					
S	0	0		.		0		0		Число оборотов шпинделя
T			0	.		0		0	0	Признак инструмента
X				.	0	0		0	0	Координата по оси X
Y	0			.	0	0		0		Координата по оси Y
Z		0		.	0	0		0		Координата по оси Z
%	0		0	.				0		Начало и конец программы „Размер 2М“
+	0	0		.	0			0		Признак направления перемеще- ния при увеличении координаты
-	0		0	.	0			0		Признак направления перемещения при уменьшении координаты
N		0	0	.	0				0	Признак номера кадра
ПС		0		.	0					Конец кадра „Размер 2М“
(^x				.	0			0		Запись информации, которая не касается самой программы
) ^x	0			.	0			0	0	
· ^x ·		0		.	0	0	0	0		Кадры, которые не требуют информации о предыдущих кадрах для включения после автаработы остановки
Символы со звездочкой * только для станка „Горизон 3,4“										

Подготовительные коды разбиты на три группы. Первая группа содержит команды, учитывающие коррекцию режущего инструмента. Ей отведены коды G 40 – G 52 (табл. 6), которые указывают, что набранные на табло размеры складываются с заданной координатой (+), вычитаются (-) из заданной координаты или не учитываются (0) при обработке кадра.

Т а б л и ц а 6

Подготовительные коды учета радиуса инструмента

КОД	АДРЕС
G 40	0/0
G 45	+/+
G 46	+/-
G 47	-/-
G 48	-/+
G 49	0/+
G 50	0/-
G 51	+/0
G 52	-/0

Вторая группа включает команды, задающие точность подхода при позиционировании. При этом используются коды G 60 - G 69 (табл. 7). Ориентировочные значения скорости подач F , путей ступеней торможения S и зон остановки S_D даны в табл. 8.

Т а б л и ц а 7

Подготовительные коды режима движения и позиционирования

Код G	Назначение кода	График движения	допустимая зона остановки
60	Точное позиционирование со стороны движения		$+S_{1p}$ $-S_{1p}$
61	Точное позиционирование с подходом к заданной координате с одной стороны		$+S_{1p}$ $-S_{1p}$
62	Позиционирование с ускоренного хода, с недобегом +В, с перебегом -В		$+S_L$ $-S_4$

Код G	назначение кода	График движения	Допустимая зона остановки
63	позиционирование с ускоренного хода, с перебогом + в, с недобегом - в		$+S_4$ $-S_1$
64	Позиционирование с остановкой подачи		$+S_i; -S_i$ при $F_{i-1} < F_0 < F_i$, где $i=1,2,3,4$
65	Обработка с точным подходом к заданной координате		$+S_{1p}$ $-S_{1p}$
66	Обработка с точным подходом к заданной координате и выстоем в заданной координате I-Ю с		
67	Обработка с подходом к заданной координате с остановкой подачи с недобегом + в, с перебогом - в		$+S_i; -S_i$ при $F_{i-1} < F_0 < F_i$, где $i=1,2,3,4$
68	То же, что и G-67, с выстоем		
69	То же, что и G-67, с перебогом + в, с недобегом - в		$+S_i; -S_i$ при $F_{i-1} < F_0 < F_i$, где $i=1,2,3,4$

К третьей группе относятся команды постоянных автоматических циклов, которым соответствуют коды G 80 - G 99 (табл.8). Группа этих команд введена в с целью упрощения программирования часто повторяющихся переходов в направлении оси Z (сверление, раст- ● равливание и т.д.). Циклы разделены на части, имитирующие отдельные кадры с использованием кодов и величин координатных переме-

ний, хранящихся в памяти СЧУ. Коды, используемые в постоянных циклах, вводятся в память устройства постоянно.

Т а б л и ц а 8

Значения F и S при торможении

Ось станка	Подача (код)					Рассогласование между фактическим положением, мм (для Р - миллиборота)				
	рабо-чая	уско-ренная	ступени тормо-жения			S_4	S_3	S_2	S_1	S_{1p}
X, Y, Z	10-68	99	48-52	22-26	0,1	10-30	0,5-0,3	0,05-0,003	0,0-0,003	0,009
							1	0,1	0,00	0,01-0,02

Далее следует адрес номера требуемого инструмента. Этот адрес включает в себя букву Т и два десятичных разряда, представляющих номер инструмента (в пределах I-30). В станке кодируются номера гнезд магазина инструментов. При вводе кода с адресом Т соответствующее гнездо магазина подходит к позиции перегрузки. Инструмент, находящийся в этом гнезде, манипулятором переносится из магазина в позицию смены инструмента. При вводе кадра с кодом одной из вспомогательных функций (см. табл. I3) манипулятор осуществляет смену инструмента, устанавливая его в шпиндель станка.

Далее идут адреса, относящиеся к заданным величинам перемещений по соответствующим координатным осям (X, Y, Z). Каждый адрес может включать в себя различное фиксированное число десятичных разрядов в зависимости от конструкции системы. В данной системе: $X +33$; $Y +33$; $Z +42$. Первая цифра, следующая за знаком (+) указывает количество десятичных разрядов перед запятой (целых чисел), вторая - количество десятичных разрядов после запятой (дробных чисел). Дискретность задания 0,001 мм.

Таблица 9

Подготовительные коды группы G80 - G90 постоянных циклов

Коды	Схема автоматического цикла	l_1	l_2	l_3	l_4	l_5
G81 (G91)		G64 R+Z Z=0 M03	G67(G65) R+Z	G63 R+Z R=0; Z=0	G63 R+Z R=0; Z=0	
G82 (G92)		G64 R+Z Z=0 M03	G68(G65) R+Z	G63 R+Z R=0; Z=0	G63 R+Z R=0; Z=0	
G84		G64 R+Z Z=0 M03	G67 R+Z	G68 R+Z Z=0	G63 R+Z R=0; Z=0	
G85 (G95)		G64 R+Z Z=0 M03	G67(G65) R+Z	G69 R+Z Z=0	G63 R+Z R=0; Z=0	Смена кадра
G86 (G96)		G64 R+Z Z=0	G67(G65) R+Z	G63 R+Z R=0; Z=0	G63 R+Z R=0; Z=0	
G87 (G97)		G64 R+Z Z=0 M03	G67(G65) R+Z	G67(G65) R+Z	G67(G65) R+Z	
G88 (G98)		G64 R+Z Z=0 M03	G68(G66) R+Z	G68(G66) R+Z	G68(G66) R+Z	
G89 (G99)		G64 R+Z Z=0 M03	G68(G65) R+Z	G69 R+Z Z=0	G63 R+Z R=0; Z=0	

— Ускоренный ход; --- подача; ▨ пауза;

↑↑ Направление вращения главного привода; l_1, l_2, l_3, l_4, l_5 части цикла,
G80 - отмена стандартного цикла; G8... позиционирование
G9... точное позиционирование

Перемещение по осям координат программируется в абсолютной системе отсчета. Все программируемые размеры должны быть определены относительно базовой точки, которая может быть выбрана в пределах детали или вне ее.

Программирование поворотного стола (В) производится в десятичных долях оборота. Для пересчета угловых координат из градусных в метрические рекомендуется использовать табл. 10.

Т а б л и ц а 10

Соотношение градусных и метрических мер угловых величин

Градусы	Метрическая мера $\frac{1}{10^6}$ оборота	минуты	метрическая мера $\frac{1}{10^6}$ оборота	Секунды	Метрическая мера $\frac{1}{10^6}$ оборота
1	002778	1	000046	1	000000
2	005556	2	000092	2	000002
3	008334	3	000136	3	000004
4	011112	4	000186	4	000004
5	013890	5	000232	5	000004
6	016666	6	000278	6	000004
7	019444	7	000324	7	000004
8	022222	8	000370	8	000006
9	025000	9	000416	9	000006
10	027778	10	000462	10	000008
20	055556	20	000926	20	000016
30	083334	30	001388	30	000024
40	111112	40	001852	40	000030
50	138890	50	002314	50	000038
60	166666	60	002778	60	000046
70	194444	70			
80	222222	Пример: $243^{\circ} 12' 14'' = 200^{\circ} - 555556$ $40^{\circ} - 111112$ $+ 3^{\circ} - 008334$ $10^{\circ} - 000462$ $2' - 000092$ $10'' - 000008$ $4'' - 000004$			
90	250000				
100	277778				
200	555556				
300	833334				

$$243^{\circ} 12' 14'' - 675568$$

Позиционирование с нормальной точностью $5 \cdot 10^{-5}$ оборота может быть выполнено в пределах 0,99999 оборота. Позиционирование с высокой точностью порядка $1 \cdot 10^{-5}$ может быть выполнено в пределах оборота в 120 точках, расположенных через 3° .

Адрес R используется для быстрого подвода инструмента в направлении оси Z . В качестве нулевой плоскости выбирается плоскость, расположенная над деталью. Смещение нулевой плоскости производится на расстоянии между начальным положением нулевой плоскости и плоскостью начала резания. Смещение нулевой плоскости вводится в память СЧПУ и используется в стандартных циклах. Адрес R рассматривается как составляющая перемещения по оси Z , которая обрабатывается в режиме грубого позиционирования при движении вверх - код $G63$, при движении вниз - код $G64$.

За информацией о величинах перемещений следует информация о скорости подачи (табл. II). Адрес подачи F и два десятичных разряда, представляющих код выбранной подачи. Например, $F58$ соответствует подаче 800 мм/мин.

За адресом скорости подачи следует адрес частоты вращения шпинделя - S и два десятичных разряда (табл. I2). Например, для станка 245BMФ2 коду $S54$ соответствует число оборотов $n = 500$ об/мин.

Т а б л и ц а II

Кодирование скорости подачи

Код F	Мм/мин	Код F	Мм/мин	Код F	Мм/мин
01	1,5-2	30	31,5	52	400
10	3,5	32	40	54	500
12	4	34	50	56	630
14	5	36	63	58	80
16	6,3	38	80	60	1000
18	8	40	100	62	1250
20	10	42	125	64	1600
22	12,5	44	160	66	2000
24	16	46	200	68	2500
26	20	48	250		
28	28	50	315		

Последним записывается адрес в с п о м о г а т е л ь н ы х
к о м а н д с двумя цифрами. Различные вспомогательные команды
и их коды представлены в табл. 13.

Всю информацию кадра завершает знак "конец кадра". Символ
конца кадра ПС. Этот символ записывается после символа % перед
первым кадром и в конце всех кадров.

С о с т а в л е н и е п р о г р а м м ы заключается в под-
готовке данных для записи на перфоленте. Исходными материалами
являются чертеж детали, операционная карта и карта наладки. Разра-
ботка перечисленных данных рассматривалась в главе II.

Т а б л и ц а 12

Коды частоты вращения шпинделя

Станки					
243ВМФ2		245ВМФ2		6906ВМФ2, 6904МФ2	
код S	число оборо- тов	код S	число оборотов	код S	число оборотов
32	40	30	31,5	30	31,5
34	50	33	45	32	40
36	63	36	63	34	50
38	80	39	90	36	63
40	100	42	125	38	80
42	125	45	130	40	100
44	160	48	250	42	125
46	200	51	355	44	160
48	250	54	500	46	200
50	315	57	710	48	250
52	400	60	1000	50	315
54	500	63	1400	52	400
56	630	66	2000	54	500
58	800			56	630
60	1000			58	800
62	1250			60	1000
64	1600			62	1250
66	2000			64	1600
68	2500			66	2000

В первом кадре программируют первый работающий инструмент и подготовительные коды $G 40$, $G 60$, $G 80$. Во втором – смену инструмента, скорость и подачу для этого инструмента, в третьем – перемещение по осям координат X и Y .

$NG 40$ $G 60$ $G 80T$

$NFS M06$

NXY

Изменение частоты вращения шпинделя (адрес S) возможно только после его остановки.

Т а б л и ц а 13

Коды вспомогательных команд пульта "Размер 2м"
и "Синумерик"

Код	Наименование команды	Содержание команды
M00	Запрограммированный останов	Действие начинается после отработки заданных в этом же кадре координатных перемещений. Применяются для остановки Главного привода, отключения охлаждения и привода магазина инструмента. Работа по программе продолжается после нажатия кнопки "Пуск программы".
M01	Останов с подтверждением	То же, что и M00, только команда будет выдана для исполнения, если на пульте управления в любое время работы по программе до кадра M01 была нажата кнопка, соответствующая этой команде.
M02	Конец программы	Записывается в отдельном кадре, равносильно сигналу "Стоп" программы и команды M00.
M03	Вращение шпинделя по часовой стрелке	
M04	Вращение шпинделя против часовой стрелки	

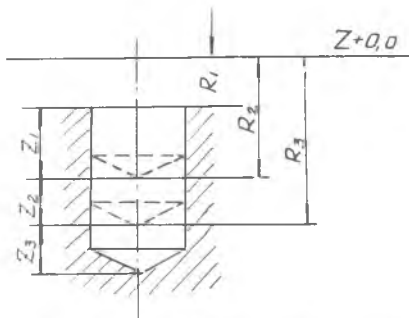
Код	Наименование команды	Содержание команды
M05	Отключение главного привода	Выдается после отработки перемещений заданных в кадре. Действие команды продолжается до замены на команду M03 или M04
M06	Смена инструмента	Записывается в отдельном кадре
M07	Включение охлаждения	Выдается в начале отработки кадра, сохраняет действие до появления команды M09, M00, M01, M02.
M08	Отключение охлаждения	Выполняется после отработки перемещений, заданных в кадре
	Добавочные коды для станков 243BMФ2, 245BMФ2	
M10	Зажим гильзы	При фрезеровании в плоскости <i>XU</i>
M80	Перемещение головки	
	Добавочный код для станков 6906ПМФ2, 6904ПМФ2	
M10	Зажим салазок	При фрезеровании в плоскости <i>XU</i>
M81	Точное позиционирование стола в точках 3^0	
	Добавочные коды для станков "Горизон 3"	
M10	Блокировка осей, исключенных из обработки	
M11	Аннулирование M10	
M13	Вращение шпинделя по часовой стрелке + подача эмульсии для охлаждения режущего инструмента	
M14	Вращение шпинделя против часовой стрелки + подача эмульсии для охлаждения режущего инструмента	
M27	Точная угловая остановка шпинделя для долбления канавки	
M28	Аннулирование M27	
M30	Конец программы с автоматической перемоткой ленты	

При выполнении постоянных циклов перемещение на величину происходит на быстром ходу с переходом на скорость рабочей подачи. Перемещение инструмента с рабочей подачей, определяющее глубину обработки программируют по адресу Z .

При обработке группы одинаковых отверстий для первого отверстия программируют адреса Z, R, X, Y, P, S , для последующих отверстий только X и Y .

По окончании обработки с использованием стандартных циклов на следующем кадре записывается код $G80$, который отменяет стандарт цикл.

Операцию глубокого сверления (рис.29) программируют в двух,



Р и с. 29. Схема для программирования глубокого сверления

трех и более кадрах в зависимости от выбранного числа ступеней обработки отверстия. В первом кадре указывают постоянный цикл сверления $G81$ и выбранную величину ступени (Z_1). В следующем кадре R увеличивается на глубину Z предыдущей ступени. Например:

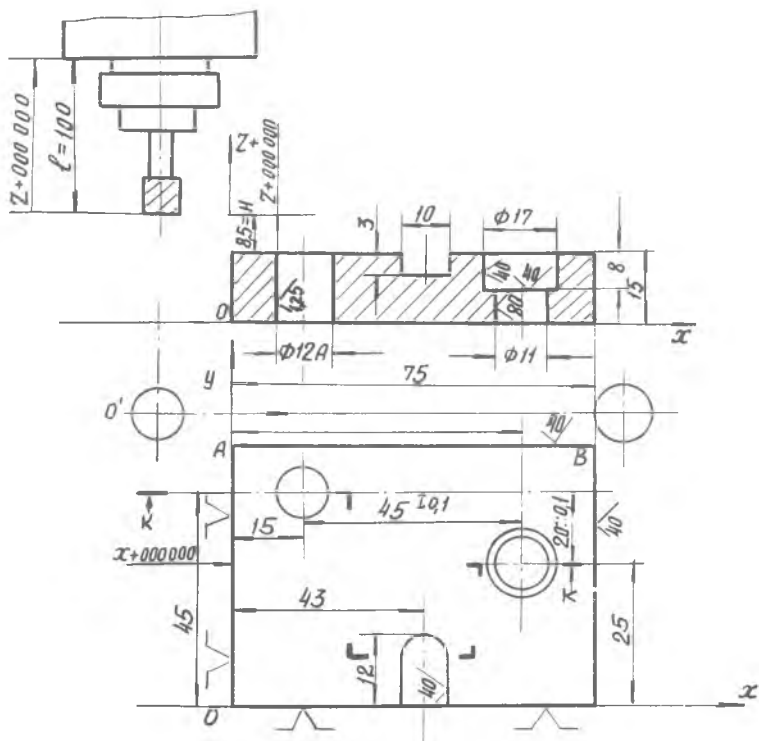
$\mathcal{N}G81 Z, R_1$
 $\mathcal{N}Z_2 R_2 (R_2 = R_1 + Z_1)$
 $\mathcal{N}Z_3 R_3 (R_3 = R_2 + Z_2)$
 и т.д.

3. Пример разработки программы

На основании операционного эскиза (рис.30) разрабатывается карта наладки станка и техническое задание, в котором изображаются эскизы переходов и отмечается путь перемещения режущих инструментов.

В карте наладки станка (табл. I4) дается эскиз установки детали и положения шпинделя, указываются координаты баз, режущий инструмент, его код, диаметр, длина. Для каждого инструмента приводится режим резания, координаты начала и конца обработки, код вспомогательного инструмента.

Диаграмма перемещений инструментов приводится на рис.31,32,



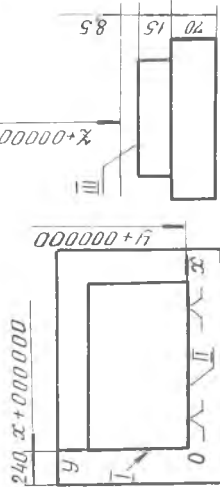
Р и с. 30. Чертеж корпусной детали

33, 34. Перед началом обработки шпindel, стол и каретка устанавливаются в нулевое положение по осям X , Y , Z (см.рис.30). Затем по команде МО6 шпindel перемещается в положение смены инструмента и автоматически производится установка концевой фрезы $\phi 16$ мм (код ТО1) в шпindel станка.

Далее стол станка перемещается по осям X , Y в положение начала обработки (см.рис.31) $X = + 3$ мм; $Y = + 55$ мм и осуществляется первый переход.

Первый переход (см.рис.31). Фреза из точки I' ($Z = +100$ мм) перемещается в точку I'' ($Z = - 25$ мм), фрезеруется сторона АВ. Конечное положение стола относительно фрезы-

Таблица 14



Содержание наладки	Координаты баз	Впер	Деталь
Совместить ось шпинделя с началом осей координат X-Y Установить торцы шпинделя на расстоянии 8,5 мм от плоскости III	X+000000 Y+000000 Z+000000	20	45-760-001
Приспособление	шифр		
Центр разметочный Приспособление с г-прозрачком			

Режущий инструмент, код

Фреза	Фреза	Сверло	Зенкер	Развертка	Фрезерка	Зенковка	Сверло
01	05	08	12	16	20	24	28
2438Ф4	2438Ф4	2438Ф4	2438Ф4	2438Ф4	2438Ф4	2438Ф4	2438Ф4
80002A	80110A	80110A	80110A	80110A	80110A	80103A	80103A
Ф16	Ф10	Ф11	Ф11,79	Ф11,95	Ф2Н7	Ф17	Ф5
100	80	120	120	120	120	120	106
295	295	295	295	295	295	295	295
X+003000 Y-001000 X+003000 Y+012000	X+043000 Y-001000 X+003000 Y+012000	R000850 Z002850	R000850 Z002850	R000850 Z002850	R000850 Z002850	R000850 Z002850	R000850 Z002850
800	800	1000	800	315	315	315	1250
58	58	60	58	50	50	50	62
160	60	200	400	250	250	60	60
F44	F38	F46	F52	F48	F48	F38	F38

* Данные заполняются наладчиком по фактическим размерам инструмента

в точке 2 ($X = +75$ мм). Затем фрезеруется сторона ВС. Окончание фрезерования - в точке 3 ($X = +75$ мм, $Y = +5$ мм).

В т о р о й п е р е х о д (см.рис.31). Фреза, стол и каретка по команде M06 перемещаются в положение смены инструмента (точка 3и), и автоматически устанавливается фреза $\phi 10$ мм (код T05). Затем стол и каретка перемещаются относительно фрезы из точки 3и в точку 4 ($X = +43$ мм; $Y = -1$ мм), из точки 4' - в точку 4'' ($Z = -11,5$ мм) и осуществляется фрезерование паза - перемещение стола на рабочем режиме по оси Y на расстояние 13 мм ($Y = +12$ мм).

Т р е т и й п е р е х о д (см.рис.32). По команде M06 в точке 5и меняется фреза на центровое сверло $\phi 5$ мм (код T28). Далее осуществляется быстрое перемещение из точки 5и в точку 6 ($X = +15$ мм; $Y = +45$ мм), из точки 6 - в точку 6' ($Z = +100$ мм), из точки 6' - в точку 6'' и производится зацентровка отверстия № 1 - сверло на рабочих режимах по оси Z проходит путь, равный 11,5 мм ($Z = -11,5$ мм). Затем в автоматическом цикле G81 происходит зацентровка отверстия № 2.

Ч е т в е р т ы й п е р е х о д (см.рис.32). По команде M06 центровое сверло меняется на сверло $\phi 11$ мм (код T08). Из положения смены инструмента осуществляется перемещение в точку 10 ($X = +60$ мм; $Y = +25$ мм; $Z = 100$ мм), из точки 10 в точку 10' ($Z = -8,5$ мм). Затем на рабочем режиме следует сверление отверстия № 2 ($Z = -26,5$ мм). Далее в автоматическом цикле G81 обрабатывается отверстие № 1.

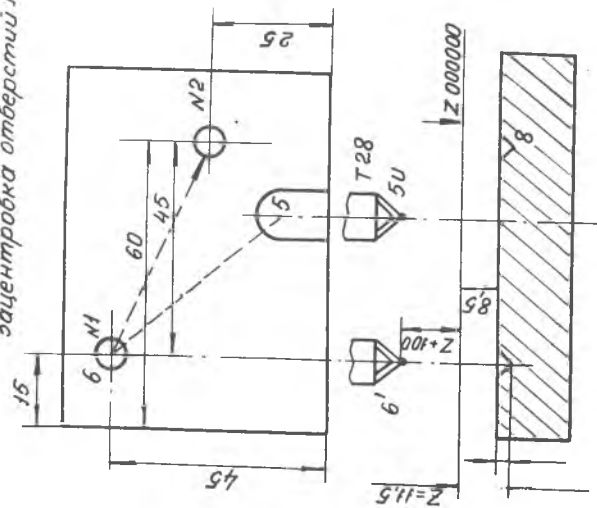
П я т ы й п е р е х о д (см.рис.33). По команде M06 сверло меняется на зенкер $\phi 11,79$ мм (код T12) и перемещается в точку 14 ($X = +15$ мм; $Y = +45$ мм; $Z = +100$ мм), из точки 14 в точку 14' ($Z = +8,5$ мм). Далее отверстие № 1 зенкеруется - зенкер на рабочем режиме перемещается в точку 15 ($Z = -28,5$ мм).

Ш е с т о й п е р е х о д (см.рис.33). По команде M06 зенкер меняется на развертку $\phi 11,95$ (код T16) и перемещается по точкам 17, 17' ($Z = -8,5$ мм). Далее отверстие № 1 подвергается черновому развертыванию - развертка по оси Z перемещается в точку 18 ($Z = -28,5$ мм).

С е д ь м о й п е р е х о д (см.рис.33). По команде M06 черновая развертка меняется на развертку $\phi 12A$ (код T20) и по схеме перехода № 6 осуществляется перемещение по точкам 19, 20, 20', 21.

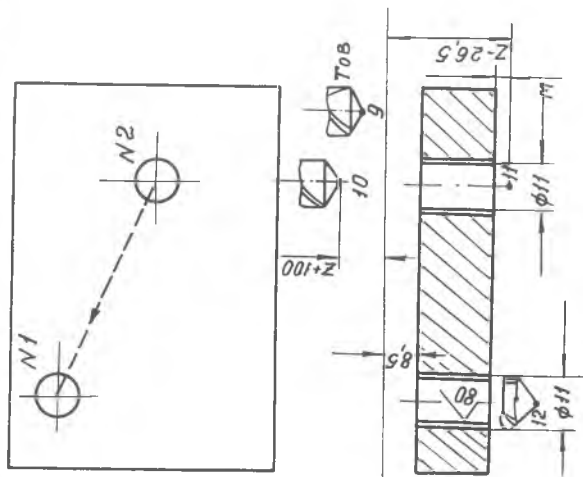
Переход № 3

зацентровка отверстий №1 и №2



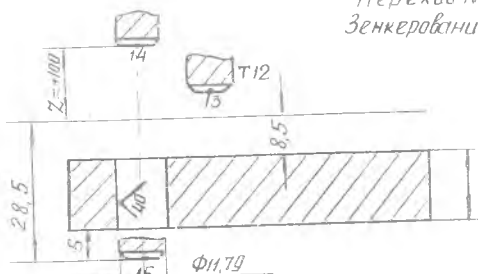
Переход № 4

сверление отверстия №2 и №1 ф11мм

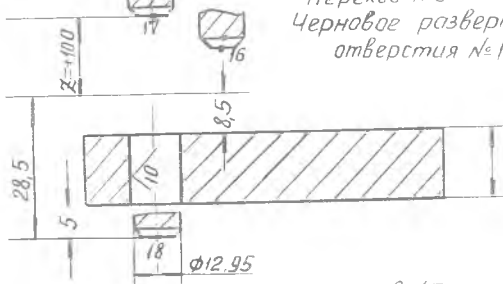


Р и о. 32. Схемы для расчета координат по переходам 3, 4.

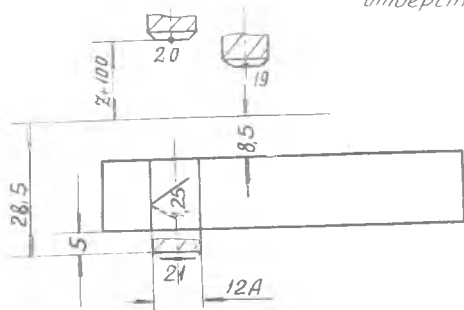
Переход №5
Зенкерование отверстия №1



Переход №6
Черновое развертывание
отверстия №1



Переход №7
Чистовое развертывание
отверстия №1



Р и с. 33. Схемы для расчета координат по переходам 5,6,7

Восьмой переход (см.рис.34). По команде M06 развертка меняется на зенкер $\phi 17$ мм (код T24) и перемещается по точкам 22, 23, 23'. Далее зенкеруется отверстие № 2. Зенкер на рабочих режимах проходит путь, равный 16,5 мм ($Z = -16,5$ мм).

На рис.34 приведена диаграмма перемещения инструментов и точки их смены. На основании перечисленных материалов разрабатывается управляющая программа, которая приведена в табл. 15.

4. Программирование при обработке деталей на станке

"Горизон 3.4", оснащенный пультом управления "Синумерик"

Разработка технологического процесса и технического задания для расчета управляющей программы производится по методике, изложенной выше.

Формат кадра при использовании пульта "Синумерик" имеет следующий вид:

№ 3, G 2, X +43, Y +43, Z +43, B 43, F 5, S 3, T 5, M 2,

где N - признак номера кадра,

G - подготовительная функция,

X, Y, Z - признак осей координат,

B - признак поворота стола вокруг вертикальной оси,

S - частота вращения шпинделя,

T - код инструмента,

M - вспомогательная функция.

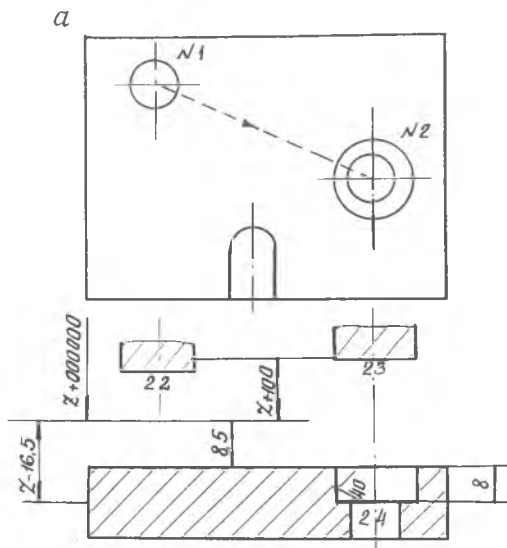
Признак номера кадра: код содержит адрес N и три десятичных разряда, указывающих номер кадра.

Подготовительная функция. Код содержит адрес G и два десятичных разряда. Различные коды и соответствующие им подготовительные команды представлены в табл. 16.

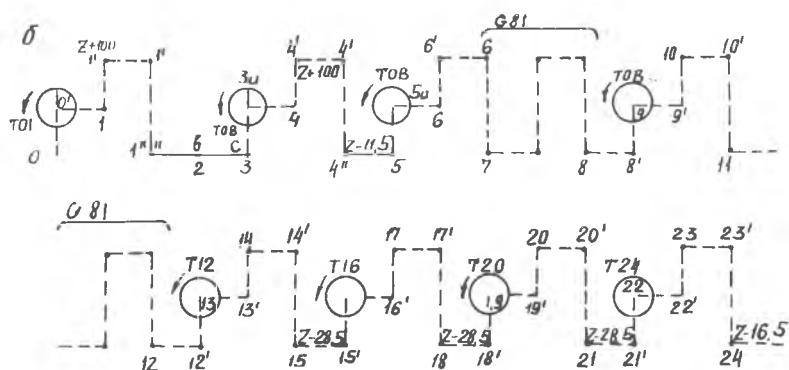
Перемещение по осям X, Y, Z. Код содержит обозначение оси (X, Y, Z), знак (+, -), показывающий направление перемещения и цифры (43). Первая цифра указывает количество десятичных разрядов перед запятой (целых чисел), вторая - количество десятичных разрядов после запятой (дробных чисел).

Перемещение (поворот) относительно оси B. Код содержит адрес B и цифры (43). Наименьшая значащая цифра указывает тысячные доли градуса.

Переход №8
Зенкерование отверстия №2



Диаграммы перемещения инструмента



Р и с. 34. Схемы для расчета координат по переходу 8

Программа для обработки планки (Рис. 30) на станке 243ВМФД2

		Таблица 15										
		F	S	T	M							
Содержание перехода	Чисел кадра	G 40	G 60	G 80	X+000000	Y+000000	Z+000000	R000000	F	S	T	M
	М 001											M 80
	М 002											M 03
	М 003											M 10
	М 004	G 48										
	М 005	G 50										
	М 006	G 48										
	М 007	G 48										
	М 008	G 50										
	М 009	G 50										
Фрезерование поза	М 010	G 50										
	М 011											
	М 012											
	М 013											
	М 014											
	М 015											
	М 016											
	М 017											
	М 018											
	М 019											
Сверление отверстий	М 020											
	М 021											
	М 022											
	М 023											
	М 024											
	М 025											
	М 026											
	М 027											
	М 028											
	М 029											
Развертывание отверстий	М 030											
	М 031											
	М 032											
	М 033											
	М 034											
	М 035											
	М 036											
	М 037											
	М 038											
	М 039											
Зенкерование отверстий	М 040											
	М 041											
	М 042											
	М 043											
	М 044											
	М 045											
	М 046											
	М 047											
	М 048											
	М 049											
Конечное обработка	М 050											
	М 051											
	М 052											
	М 053											
	М 054											
	М 055											
	М 056											
	М 057											
	М 058											
	М 059											

Скорость подачи. Код содержит адрес F' и пять цифр. При независимости скорости подачи от оборотов ее выражают в миллиметрах в минуту. Например, величина рабочей подачи составляет 70 мм/мин. Код подачи - 00700. Подача назначается с интервалом 0,1 мм/мин.

Скорость вращения шпинделя. Код содержит адрес S и три цифры. Выбор кода производится по табл. 17. На станке имеется четыре диапазона чисел оборотов:
 I) $n = 40 \dots 2000$ об/мин, III) $n = 60 \dots 3000$ об/мин,
 II) $n = 50 \dots 2500$ об/мин, IV) $n = 70 \dots 3500$ об/мин.

Расчитанное число оборотов находится в одном из четырех диапазонов. Например, $n = 273$ об/мин - в диапазоне III. Этому числу оборотов соответствует $S = 59$ и номер первой колонки диапазона - (I), тогда код будет $S159$.

Т а б л и ц а 16

Подготовительные функции

Код	G	Содержание функции
I		2
00		Позиционирование
01		Линейная интерполяция (нормальный размер)
02		Круговая интерполяция. Обход по часовой стрелке (нормальный размер)
03		Круговая интерполяция. Обход против часовой стрелки (нормальный размер)
04		Выдержка в конце рабочего кода. Время выдержки 0,5-5с
05		Остановка без потери информации
06, 07		Резерв
08		Ускорение
09		Замедление
10, 11		Линейная интерполяция (увеличенный и уменьшенный размеры)
12		Трёхразмерная интерполяция
13-16		Выбор координатных осей
17-19		Выбор плоскостей
20		Круговая интерполяция. Обход по часовой стрелке (увеличенный размер)

Продолжение табл. 16

I	2
21	Круговая интерполяция. Обход по часовой стрелке (уменьшенный размер)
22, 23	Спаренное движение
24	Резерв
25	Перемещение исходной точки
26	Программирование по приращениям. При аннулировании функции 26 восстанавливается последнее начало отсчета
27	Абсолютное программирование
29	Перемещение по прямолинейной траектории при рабочей подаче с замедлением и остановкой
30	Круговая интерполяция. Обход против часовой стрелки (увеличенный размер)
31	Круговая интерполяция. Обход против часовой стрелки (уменьшенный размер)
33	Нарезка резьбы. Постоянный шаг
34	Нарезка резьбы. Нарастающий шаг
35	Нарезка резьбы. Уменьшающий шаг
40	Аннулирование коррекции инструмента
41	Коррекция инструмента слева
42	Коррекция инструмента справа
45	Коррекция инструмента при обработке параллельно осям
46	Коррекция инструмента параллельно осям
47	Коррекция инструмента при обработке параллельно осям
48	Коррекция инструмента при обработке параллельно осям
49	Коррекция инструмента при обработке параллельно осям
50	Коррекция инструмента при обработке параллельно оси
51	Коррекция инструмента при обработке параллельно оси
52	Коррекция инструмента при обработке параллельно оси
53	Аннулирование линейного сдвига
54-59	Линейный сдвиг координат
60-61	Точное позиционирование
62	Ускоренное позиционирование
63	Нарезание резьбы метчиком
64	Измерение подачи или числа оборотов шпинделя
65-79	Резерв для различных видов позиционирования
80	Аннулирование постоянных циклов

Продолжение табл. I6

I	2
81	Цикл сверления (постоянный цикл)
82	Цикл цекования (постоянный цикл)
83	Цикл глубокого сверления (постоянный цикл)
84	Цикл нарезки резьбы (постоянный цикл)
85-89	Цикл растачивания (постоянный цикл)
90	Ввод в абсолютной системе отсчета
91	Ввод в относительной системе отсчета
92-99	Резерв

Т а б л и ц а I7

Скорость вращения шпинделя на станке "Горизон 3,4"

Код S	диапазон чисел оборотов в минуту и номера колонок							
	I-40...2000		II-50...2500		III-60...3000		IV-70...3500	
	I	2	I	2	I	2	I	2
I	2	3	4	5	6	7	8	9
01	40	280	50	350	60	420	70	500
05	49	330	52	437	74	525	87	622
09	59	420	74	525	89	630	105	744
03	69	490	86	619	104	735	122	867
07	79	560	98	701	118	841	140	989
21	89	631	111	788	133	946	157	1112
25	98	701	123	876	148	1051	175	1234
29	108	771	135	964	162	1157	192	1357
33	118	841	147	1052	177	1262	210	1479
37	128	911	160	1139	192	1367	227	1602
41	137	982	172	1227	206	1479	245	1724
45	147	1052	184	1315	221	1575	263	1846
49	157	1122	196	1403	236	1663	280	1962
51	162	1157	203	1446	243	1736	289	2030
55	172	1227	213	1534	258	1841	306	2153
59	182	1297	227	1622	273	1946	324	2275
63	191	1368	239	1710	287	2052	342	2397

Окончание табл. 17

1	2	3	4	5	6	7	8	9
67	20I	1438	252	1797	302	2157	359	2520
71	21I	1508	264	1885	317	2262	377	2642
75	21I	1578	276	1978	38I	2368	394	2765
79	23I	1648	288	206I	346	2473	412	2887
83	240	1719	30I	2148	36I	2578	429	3010
87	250	1789	313	2236	375	2684	447	3132
91	260	1859	325	2324	390	2789	464	3255
95	270	1929	237	2412	405	2895	482	3377
96	272	1947	340	2484	408	292I	486	3408
97	275	1964	348	2456	412	2947	49I	3438
98	277	1982	346	2476	415	2973	495	3469
99	280	2000	350	2500	420	3000	500	3500

Номер инструмента. Код, определяющий инструмент, содержит адрес T и пять цифр (табл. 18). Первые три цифры адресуют режущий инструмент, последующие две цифры указывают корректировку положения инструментов. Для четырех инструментов от кода T00100 до T00400 можно корректировать длину и радиус, для 12 инструментов от T00500 до T01600 можно производить только коррекцию длины инструмента.

Вспомогательная функция. Код содержит адрес M и две цифры. Обозначение кодов приведено в табл. 13.

Коррекция длины
и радиуса инструмента

Коррекция инструмента по длине не требует какой-либо дополнительной информации при записи программы. Величина и знак коррекции набираются с помощью переключателей на щитках пульта управления, а система автоматически суммирует эту величину с заданными размерами по координате. Номер щитка записывается под тем же адресом, что и номер инструмента. Например, запись T00505 означает, что для пятого инструмента коррекцию нужно вводить на

Т а б л и ц а 18

Смена инструмента "Горизон 3,4"

Код инструмента S	S						Код инструмента S	S					
	1	2	4	8	10	20		1	2	4	8	10	20
T00100	I	0	0	0	0	0	T02100	I	0	0	0	0	I
T00200	0	I	0	0	0	0	T02200	0	I	0	0	0	I
T00300	I	I	0	0	0	0	T02300	I	I	0	0	0	I
T00400	0	0	I	0	0	0	T02400	0	0	I	0	0	I
T00500	I	0	I	0	0	0	T02500	I	0	I	0	0	I
T00600	0	I	I	0	0	0	T02600	0	I	I	0	0	I
T00700	I	I	I	0	0	0	T02700	I	I	I	0	0	I
T00800	0	0	0	I	0	0	T02800	0	0	0	I	0	I
T00900	I	0	0	I	0	0	T02900	I	0	0	I	0	I
T01000	0	0	0	0	I	0	T03000	0	0	0	0	I	I
T01100	I	0	0	0	I	0	T03100	I	0	0	0	I	I
T01200	0	I	0	0	I	0	T03200	0	I	0	0	I	I
T01300	I	I	0	0	I	0	T03300	I	I	0	0	I	I
T01400	0	0	I	0	I	0	T03400	0	0	I	0	I	I
T01500	I	0	I	0	I	0	T03500	I	0	I	0	I	I
T01600	0	I	I	0	I	0	T03600	0	I	I	0	I	I
T01700	I	I	I	0	I	0	T03700	0	I	I	0	I	I
T01800	0	0	0	I	I	0	T03800	0	0	0	I	I	I
T01900	I	0		I	I	0	T03900	I	0	0	I	I	I
T02000	0	0	0	0	0	I							

пятом цикле.

При вводе коррекции инструмента по радиусу необходимо, помимо величины коррекции, набранной на определенных щитках пульта управления, указать с помощью подготовительных функций G 45 - G 52 (табл. 19) направление действия этой коррекции.

Коррекция инструмента при обработке параллельно осям X, Y

Код	Коррекция	Код	Коррекция
G 45	+ X , + Y	G 49	+ Y
G 46	+ X , - Y	G 50	- Y
G 47	- X , - Y	G 51	+ X
G 48	- X , + Y	G 52	- X

Функция G56 - подготовка корректирующих устройств.

Функция G53 аннулирует G56.

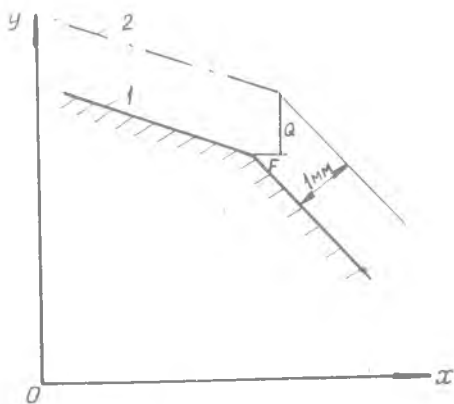
Все корректоры радиуса работают одновременно с соответствующими корректорами длины. Например: T01403 -I4 - номер инструмента, 3 - номер корректировочного набирателя,

Коррекция радиуса инструмента выполненная посредством функции G 45...G 52 остается постоянной на время обработки всех сторон профиля при том условии, если последние параллельны осям X и Y . Если же они наклонены, то значение набираемой коррекции нужно варьировать в зависимости от угла наклона. Когда профиль состоит из сегментов, параллельных осям и из наклонных сегментов, при каждом изменении наклона нужно останавливать рабочий цикл, чтобы произвести набор коррекции для следующего сегмента.

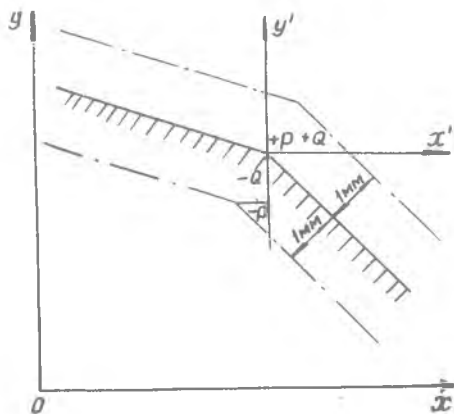
Устройства CP8 и CP12 позволяют поддерживать постоянной корректировку в любом направлении плоскости или пространства. Для этого необходимо в программе вместо функции G45 - G52 записать поправочные коэффициенты P , Q и D в качестве величин приращения, придаваемых соответственно координатам X , Y , Z для того, чтобы профиль сместился параллельно самому себе на одинаковое значение (рис.35).

На панели корректоров нужно задавать значение ΔZ , равное разнице между номинальным и реальным радиусами фрез. Перед значением ΔZ ставится положительный знак при применении фрезы диаметром больше номинального и отрицательный знак при применении фрезы диаметром меньше номинального.

Координаты X , Y , Z будут исправлены соответственно на величину, равную коэффициентам P , Q , D . За коэффициентами P , Q и D должен последовать знак (+ или -) и еще шесть цифр, из которых первые три обозначают целые, последние



Р и с. 35. Схема смещения профиля



Р и с. 36. Схема для определения знаков поправочных коэффициентов

три - десятичные числа (например: $P = 1,352$ программируются $P\ 001352$).

Ниже, на рис. 36, приведена схема для определения знака поправочных коэффициентов.

Можно производить корректировку профилей, состоящих:

- 1) из прямолинейных сегментов, параллельных осям;
- 2) из прямолинейных сегментов, и дуг окружностей, касательным к ним;
- 3) из пересекающихся дуг окружностей.

Пример расчета поправочных коэффициентов.

Расчет коэффициентов P и Q в вершине A (рис. 37).

Если провести биссектрису угла CAB и назвать β_1 и δ_1 углы, образованные ею соответственно с осью X и линией, перпендикулярной профилю получим:

$$P = \overline{AA'} \cos \beta_1,$$

$$Q = \overline{AA'} \sin \beta_1,$$

но $\overline{AA'} = \frac{1}{\cos \delta_1}$, тогда

$$P = \frac{\cos \beta_1}{\cos \delta_1}, \quad Q = \frac{\sin \beta_1}{\cos \delta_1}.$$

Расчет коэффициентов P и Q в вершине B (рис. 38). Если провести прямую перпендикулярно профилю в точке B и назвать β_2 угол, образованный ею с осью x' , тогда получим следующее выражение:

$$P = \overline{BB'} \cos \beta_2, \quad Q = \overline{BB'} \sin \beta_2,$$

но, учитывая, что $\overline{BB'}=1$, окончательно получим:

$$P = \cos \beta_2,$$

$$Q = \sin \beta_2.$$

Расчет коэффициентов P и Q в точке C (рис. 39) окружности с общей касательной в точке касания. Если провести прямую, соединяющую центры двух окружностей, и обозначить угол β_3 , образованный этой прямой с осью X , получим:

$$P = -\overline{CC'} \cos(180 - \beta_3),$$

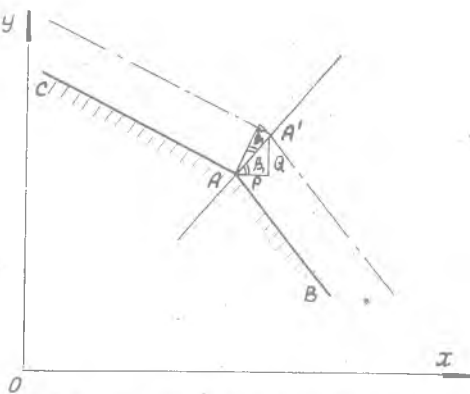
$$Q = \overline{CC'} \sin(180 - \beta_3).$$

Но, так как $\overline{CC'}=1$,
 $-\cos(180 - \beta_3) = \cos \beta_3$ и
 $\sin(180 - \beta_3) = \sin \beta_3$,

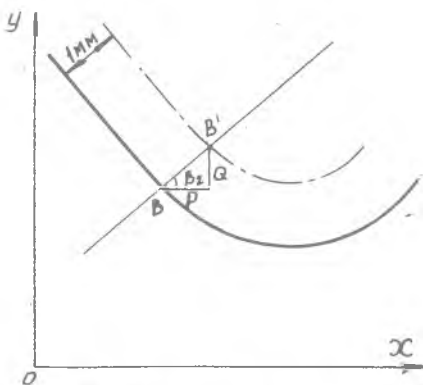
тогда получим

$$P = \cos \beta_3, \quad Q = \sin \beta_3.$$

Пример I. Коррекция радиуса фрезы при обработке профиля под углом 45° (рис. 40).



Р и с. 37. Схема для расчета коэффициентов P и Q в вершине A



Р и с. 38. Схема для расчета коэффициентов P и Q в вершине B

№ 048				S 130	MO6
№049	G 45 x	+ 0010000	y +0541140	R 0000000	TO1010 MO3
№ 050	G 29			R -0040000	
№ 051	G 45 x	+0124140	y +0040000	F 0400	MO0
№ 052	G 50 x	+0124140	y +0040000		MO3

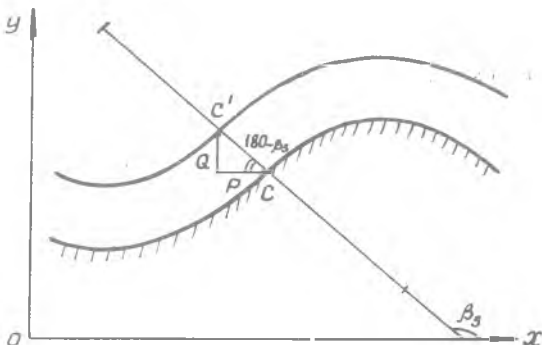
№ 053
 № 054
 № 055

$z47x +0010000$

$y+0311000$

R0000000

M05

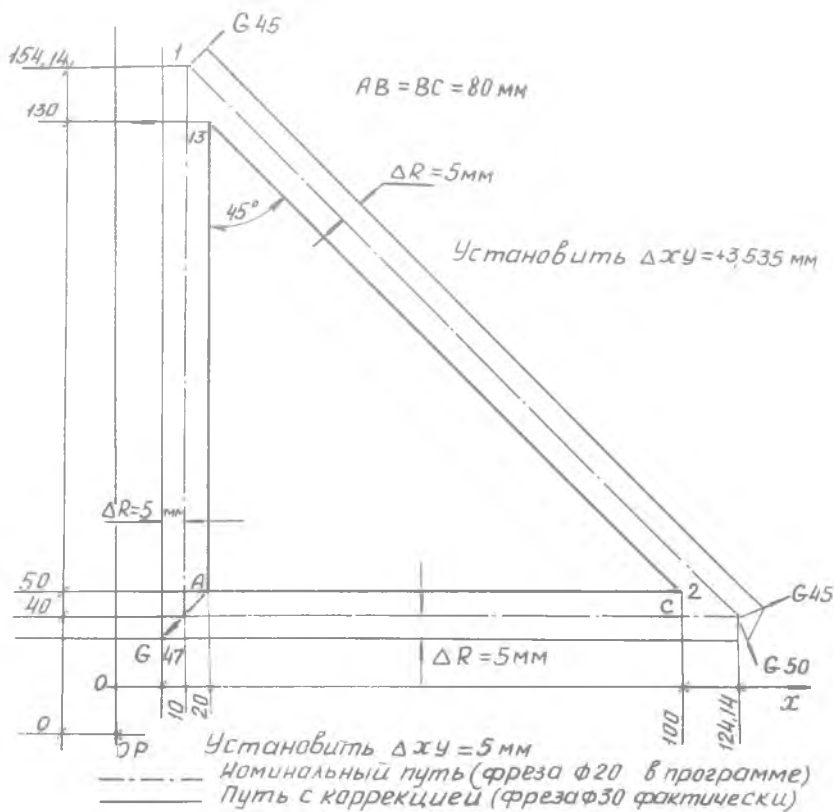


Р и с. 39. Схема для расчета коэффициентов в точке С

В кадрах № 049 и № 051 коррекция - для получения точной коррекции - не будет величина Δz изменения радиуса фрезы, а $\Delta xy = \frac{\Delta z}{\sqrt{2}} = 0,707\Delta z$. Запрограммированный в кадре №051 стоп (M00) позволит возобновить на Δxy номинальную величину и Δz для последующих обработок.

Пример 2. Обработка по контуру фрезой $\phi 20$ мм (рис.41).

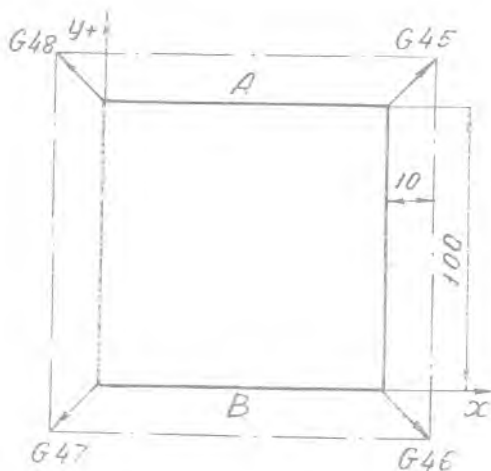
№050					S I50	M06
№051	G 48	$x-0015000$	$y+0110000$	R-0000000	T00707	M03
№052	G 29			R-0050000		
№053		$x+0010000$			F0400	
№054	G 00			R-0030000		
№055	G 047	$x-0015000$	$y-0010000$			
№056				R-0050000		
№057	G 29	$x+0010000$				
№058	G 00			R-0000000		M00
№059	G 48	$x-0015000$	$y+0110000$			
№060	G 29			R-0050000		M03
№061	G 45	$x+0090000$			F0400	
№062	G 46		$y-0010000$			
№063	G 47	$x-0010000$				
№064			$y+0110000$			M05
№065						



Р и с. 40. Схема для определения коррекции радиуса фрезы при обработке профиля под углом 45°

Цикл от №053 до №060 будет выполнен только после проверки оператором отфрезерованной части с целью определения величины коррекции радиуса фрезы. В этих кадрах начинается фрезерование на 10 мм по двум торцам АВ с целью измерения размера 100 по оси Y .

Отвод стола по оси Z и запрограммированный в кадре 058 стоп (M00) позволят выполнить измерения.



Р и с. 41. Схема обработки контура фрезой $\varnothing 20$ мм

5. Примеры расчета программ обработки
на станках "Горизонт 3.4"

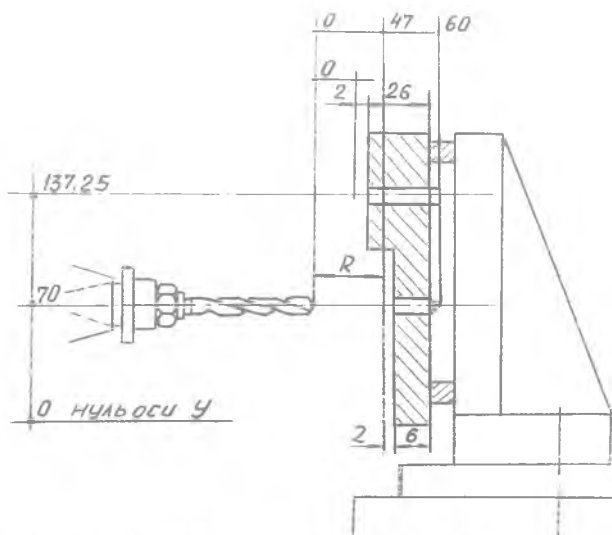
Обработка корпусной детали включает в себя целый ряд переходов: фрезерование плоскостей, расточка отверстий, сверление отверстий, их зенкерование, развертывание, нарезание резьбы и т.д. Для каждого перехода разрабатывается программа обработки.

1. Сверление отверстий без постоянного цикла (рис. 42).

Выполняются при этом следующие движения: ускоренное перемещение по осям X , Y , Z , рабочая подача по оси Z , быстрый отвод по оси Z с выводом сверла из изделия.

Пример составления программы обработки

№039				S 210	M06
№040	G00x	+0035000	y +0070000	T00303	M03
№041			R -0047000		
№042			Z -0060000	F01000	
№043			R -0027000		
№044			y + 37250		
№045			Z -0060000		
№046			R +0000000		M05
№047				S 120	M06



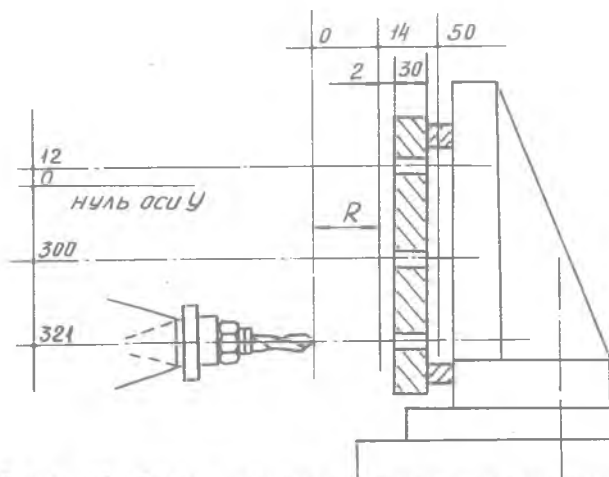
Р и с. 42. Схема к расчету программы при сверлении отверстий без постоянного цикла

По этой же схеме составляется программа расточки.

В кадре 039 включается вращение шпинделя - команда $S\ 210$, число оборотов $n = 560$ об/мин дается команда $M06$ на смену инструмента. В кадре 040 дана команда $G00$ - быстрое позиционирование в точку $x = +55.0$ мм, $y = +70$ мм, выбор инструмента $T00303$, где инструмент № 3 и корректор № 3 (последняя цифра), в кадре 041 - быстрое перемещение по оси Z в точку - 47 мм, в кадре 042 - сверление с подачей $F01000$, в кадре 043 - быстрый отвод по оси Z в точку 27, в кадре 044 - перемещение по оси Y в точку 137, 25 мм с рабочей подачей $F01000$, в кадре 045 - сверление до точки 60 мм по оси Z с рабочей подачей $F01000$, в кадре 046 - перемещение по оси Z в нулевую точку, в кадре 047 - команда на изменение числа оборотов с $S\ 210$ на $S\ 120$ и команда на смену инструмента $M06$ для обработки этих отверстий путем зенкерования и т.д.

2. Обработка нескольких одинаковых отверстий с постоянным циклом $G\ 81$ (сверление, зенкерование, расточка и т.д.) (рис. 45).

При этом для каждого отверстия осуществляются следующие перемещения: ускоренное перемещение в плоскостях по оси Z с рабочей подачей до заданного размера; быстрый отвод инструмента по оси Z в нулевую точку.



Р и с. 43. Схема к расчету программы при обработке поверхностей с постоянным циклом

№019					S 210	M06
№020	G 81	x +0017000	y -0321000	R -00140000	Z -0050000	
			F 01500	T00404		M03
№021			y -0300000			
№022			y +0012000			
№023	G 80			R +0000000		M05

В кадре 023 даны команды: G 80 на отмену постоянного цикла G 81 и M05 на остановку шпинделя.

С помощью цикла G 81 можно производить расточку.

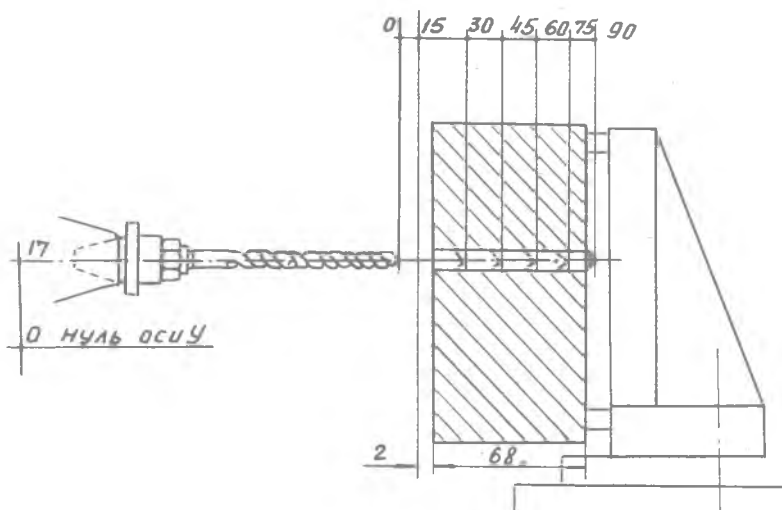
Если отверстия имеют разную глубину, тогда в программу записываются координаты отверстия по осям X , Y и новый размер по оси Z . Можно вносить изменения размера с начала обработки отверстия так, например:

№011					S 210	M06
№012	G 81	x +0032000	y +0045000	R -0025000	Z -0034000	F 00500
				T00404		M03

№013 $x+0112$ $y-0012000$
 №014 $x+0015000$ $y+0000000$ $R-0013000$ $Z-0013000$
 №015 $Z-0028000$
 №016 $x+0045000$ $y+0142000$.

В кадрах с 012 по 014 обрабатываются три отверстия с размером начала обработки 25 мм и конца 34 мм. В кадре 015 отвод инструмента $R-0013000$ и постоянный цикл. В кадре 016 даны координаты отверстия по осям X , Y и новый размер глубины $Z-0028000$.

3. Сверление глубоких отверстий с отводом стружки при постоянном цикле (рис.44).



Р и с. 44. Схема к расчету программы для сверления глубоких отверстий с отводом стружки при постоянном цикле

Для сверления глубоких отверстий с отводом стружки используется постоянный цикл G81, сверло при этом полностью не выходит из отверстия.

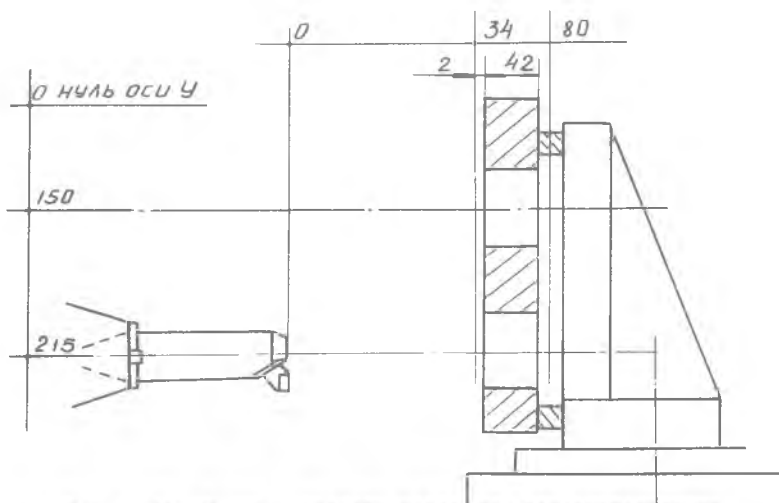
№028 $S I 45$ $M 06$
 №029 $G 81$ $x+0145000$ $y+0017000$ $R-0015000$ $Z-0030000$ $F 01500$ $T 00707$ $M 03$
 №030 $R-0029000$ $Z-0045000$

№031	$R-0044000$	$Z-0060000$
№032	$R-0059000$	$Z-0075000$
№033	$R-0074000$	$Z-0090000$
№034	$R-0015000$	$Z-0015000$
№035	$X+0017000$ $Y+0049000$	$Z-0030000$

В кадре 029 происходит поиск блока Т00707, одновременно производится сверление на глубину 15 мм и быстрый отвод.

В кадре 030 осуществляется быстрый подвод инструмента, не доходя на 1 мм до глубины предыдущего отверстия, затем производится сверление на глубину 15 мм и отвод в точку $R-0029000$, сверло при этом не выходит из отверстия на 1 мм. Аналогичные перемещения производятся в кадрах 031, 032, 033.

4. Растачивание и отвод инструмента по оси Z с рабочей подачей при постоянном цикле $G85$ (рис.45).

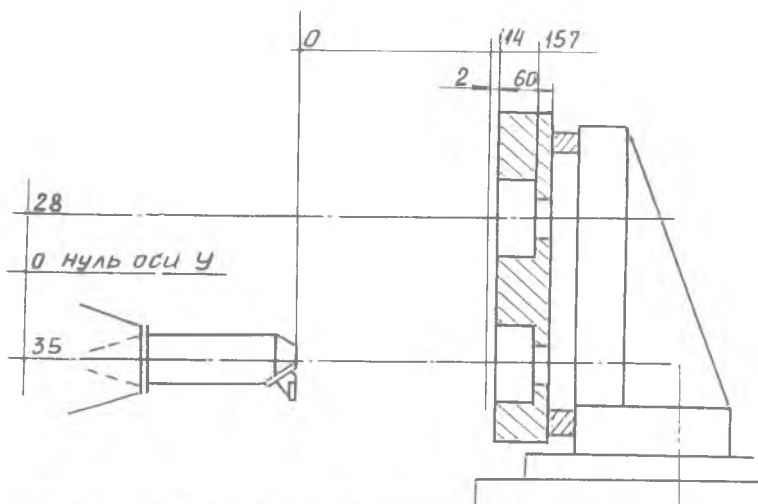


Р и с. 45. Схема к расчету программы для растачивания отверстий по оси Z с рабочей подачей при цикле $G85$

Этот цикл аналогичен циклу $G81$, но отвод инструмента производится по оси Z с рабочей подачей, применяется для чистовой расточки.

№079		S 210	M06
№080	G85 X-0I44000 Y-02I5000 R-0034000 Z-0080000 F00300 T00909		M03
№081	Y-0I50000		
№082	R-0000000		M05

5. Растачивание с остановом в конце отверстия для цекования и отводом с рабочей подачей при постоянном цикле G89 (рис.46). В данном цикле в конце отверстия движение по оси Z прекращается при вращающемся шпинделе на время, регулируемое от 0,5-5 секунд с помощью пульта управления.



Р и с. 46. Схема к расчету программы для растачивания отверстий с остановом при постоянном цикле G89

№090		S I60	M06
№091	G89 X-00I2000 Y-0035000 R-0II4000 Z-0I5I000 F00800 T0I0I0		M03
№092	Y+0028000		
№093	G80	R-0000000	M05

Этот цикл может быть выполнен с помощью функции G04.

№I09		S I60	M06
№I10	X+00I2000 Y-0035000 R-0II4000	T0I0I0	M03
№I11	Z - 0I57000	F00800	
№I12	Z - 0II4000		

№II3 G00

 $y +0028000$

№II4 G04

 $Z -0I57000$

№II5

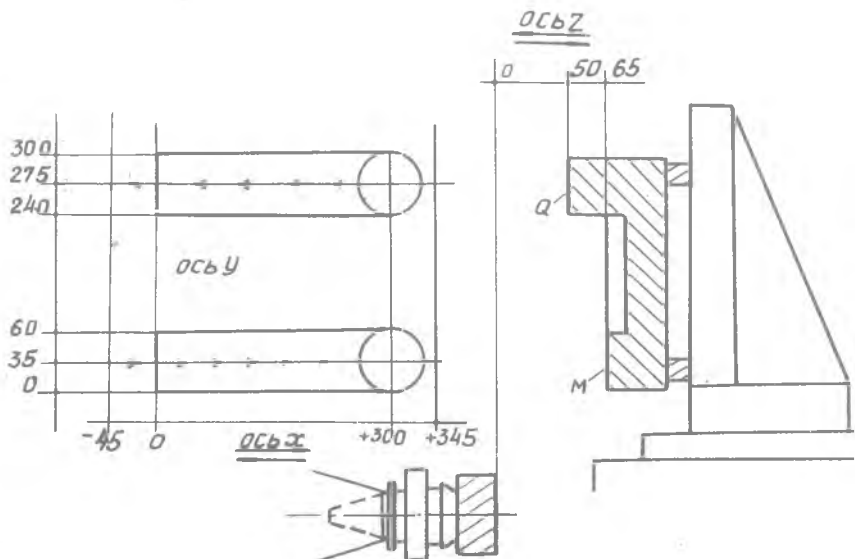
 $Z -0II4000$

№II6

 $R +0000000$

M05

Фрезерование плоскостей (рис.47). Фрезерование плоскостей производится в различных плоскостях.



Р и с. 47. Схема к расчету программы при фрезеровании плоскостей

№I59

S 20I

M06

№I60 G00 $x-0045000$ $y +0035000$

T0I3I3

M03

№I6I $R -0065000$ №I62 G29 $x+0345000$

F 00800

№I63 $R -0050000$ №I64 G00 $y +0275000$ №I65 G29 $x-0045000$ №I66 $R -0000000$

M05

В кадре I59 дана команда $S\ 20I$ на величину числа оборотов шпинделя и команда $M06$ на смену инструмента.

В кадре I60 приведена команда $G00$ на быстрое позиционирование по осям X, Y , признак и номер инструмента $T013I3$ и команда $M03$ на заключение вращения шпинделя по часовой стрелке.

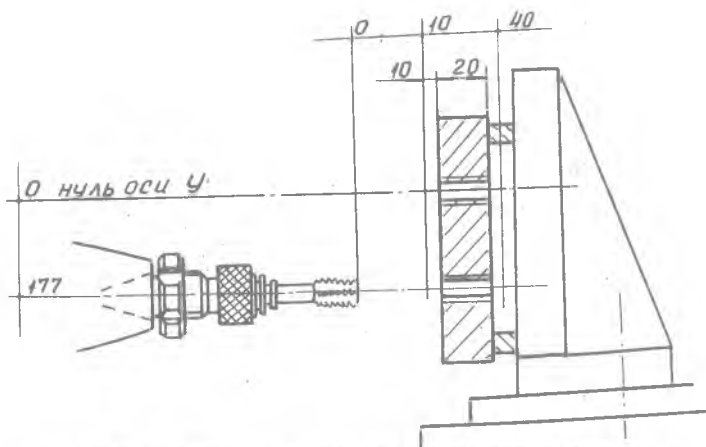
В кадре I6I команда $R-0065000$ на быстрое перемещение фрезы в плоскости M .

В кадре I62 команда $G29$ - перемещение между координатами с рабочей подачей $F00800$ с замедлением и остановом в заданной точке. Аннулируется $G00$. Перемещение по оси X от точки $X-45$ до $X + 345$ мм. В кадре I64 команда $G00$ аннулирует $G29$ и дается команда на перемещение фрезы на расстояние 275 мм по оси Y для обработки плоскости Q .

В кадре I65 приведена команда $G29$ на прямое перемещение в точку с координатой -45 мм по оси X .

В кадре I66 команда $R0000000$ на возврат фрезы в нулевую точку остановки вращения шпинделя $M05$.

Резьбонарезание метчиков с помощью цикла $G-84$ (рис.48).



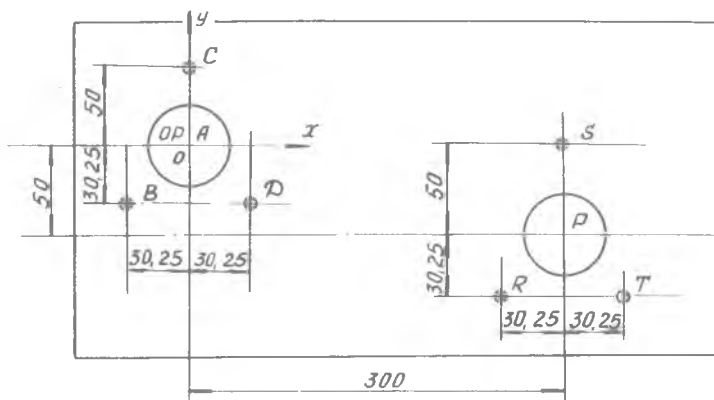
Р и с. 48. Схема к расчету программы при нарезании резьбы

Быстрый подвод метчика должен заканчиваться за 10 мм до торца изделия. Величина подачи должна выбираться по низкому диапазону скоростей. S 101... S 199, учитывая то, что при высоком диапазоне инструмент выйдет за пределы хода, так как время остановки вращения шпинделя составляет около 4 секунд.

129		S 106	M06
130 G 84 X+0010000 Y-0177000 R-0010000 Z-0040000 F03000 T00404			M03
131	Y-0000000		
132 G 80	R 0000000		M05

В кадре 130 предусмотрен постоянный цикл G 84 перемещение по оси X на расстояние 10 мм, а по оси Y на расстояние 177 мм, быстрое перемещение на 10 мм R-0010000, перемещение метчика в точку с координатой 40 мм Z-0040000, величина подачи F-03000, инструмент 100404 и вращение шпинделя по часовой стрелке, в кадре 131 метчик перемещается по оси Y в нулевую точку для нарезания резьбы в другом отверстии, в кадре 132 отменяется постоянный цикл G 84 функцией G 80 и перемещение метчика в нулевую точку по оси Z.

Перемещение начала отсчета (G 25) (рис. 49).



Р и с . 49. Схема к расчету программы при перемещении начала отсчета

Перемещение начала отсчета по осям можно производить на целое число шагов с помощью функции G 25.

			S 2 I 5		M 0 6
№199					
A №200	G 8 I X	-0030250	Y -0030250	R -0015000	Z -0050000 F 00750 T 012 I 2 M 0 3
C №201		x +0000000	Y +0050000		
D №202		x +0030250	Y -0030250		
№203	G 80				
P №204	G 25	x -0269750	Y +0019750	(x = 300 - 30, 25, Y = 50 - 30, 25)	
R №205	G 8 I X	-0030250	Y -0030250	Z -0050000	
S №206		x +0000000	Y -0050000		
T №207		x +0030250	Y -0030250		
№208	G 80				

Начало отсчета принято в точке А. В кадре 200 с постоянным циклом G 8 I обрабатывается отверстие ВХ -0030250, Y -0030250, начало отсчета - точка А.

В кадре 201 обрабатывается отверстие С.

В кадре 202 обрабатывается отверстие Д.

В кадре 203 отменяется G 8 I функцией G 80. Новое начало отсчета P в кадр 204. Для этого отменяется G 80, задаются координаты точки P относительно старого начала отсчета в X -269,75 мм Y +19,75 мм и вводится функция G 25.

Управляющая система считывает координаты, но перемещения не происходит (кадр 204), при этом последующая информация будет относиться к новому началу отсчета.

Если шпиндель перед кадром 204 находился бы в точке А, вместо точки P, то этот кадр был бы

204 G 25 X -0300000 Y + 0050000.

В кадрах с функцией G 25 не должна программироваться функция M 0 6. С функцией G 25 рекомендуются лишь информации X, Yz, B, Если информация G 25, следующая за сменой инструмента, отнесена к оси Y, после информации о смене инструмента должен программироваться кадр G 00 Y +0000000, например:

№001			S 2 I 0	T 000 I 0 I	M 0 6
№002	G 00		Y +0000000		
№003	G 25 X	-0200000	Y + 0100000	Z -0016000	

Более простой способ перенесения точки отсчета:

№203 G80

P №204 G00 X +0300000 Y - 0050000

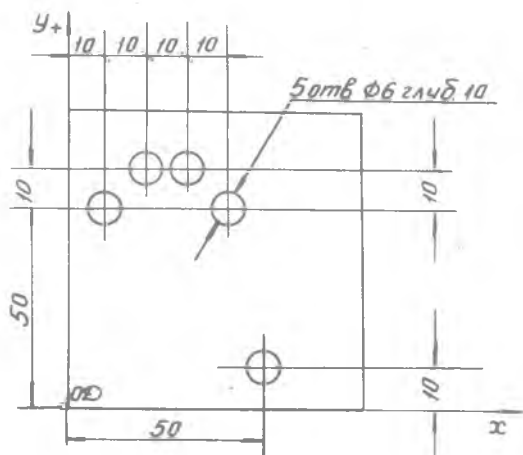
№205 G25 X +0000000 Y - 0000000

№206 X -0030250 Y - 0030250

в кадре 204 осуществляется быстрое перемещение из точки *D* в точку *P*.

в кадре 205 функция G25 вносит в память новое начало отсчета в точке *P*. Если необходимо произвести перемещение начала отсчета во время обработки с постоянным циклом или с коррекцией радиуса фрезы и длины инструмента, необходимо сначала отменить постоянные циклы и корректировку.

перемещение при приращениях (*G26*) (рис.50).

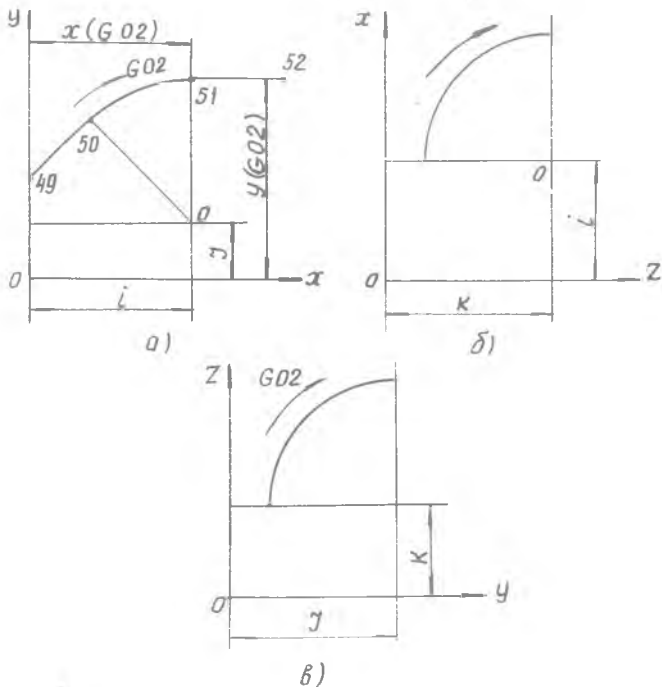


Р и с. 50. Схема к расчету программы при перемещении в приращениях

При перемещении в приращениях от одной точки к другой необходимо запрограммировать функцию *G26* в кадре, который дает команду на перемещение. Функция *G26* аннулируется функцией *G27*, которая восстанавливает в кадре абсолютную базу.

№299		S I 09	M06
№300 G 8 I X + 00 I 0 0 0 0 Y + 00 5 0 0 0 0 R - 00 6 0 0 0 0 Z - 00 7 4 0 0 0 F 0 I 0 0 0 T 0 I 0 I 0			M03
№301			M08
№302 G 2 6 X + 00 I 0 0 0 0 Y + 00 I 0 0 0 0			
№303 X + 00 I 0 0 0 0			
№304 X + 00 I 0 0 0 0 Y - 00 I 0 0 0 0			
№305 G 2 7 X + 00 5 0 0 0 0 Y + 00 I 0 0 0 0			
№306 G 8 0	R 0 0 0 0 0 0 0		M05
№307		S 2 I 0	M06

Программирование круговой интерполяции (рис. 51). Функция G 0 2 -



Р и с. 51. Схема к расчету программы при круговой интерполяции

круговая интерполяция по часовой стрелке. Станок подготавливается для выполнения траекторий на секторах круга в плоскости, определяемой адресами, следующей за этой функцией. Функция определяет

направление, по которому должен обрабатываться сектор круга. За функцией должны стоять 4 адреса, из которых два (по выбору X, Y, Z) определяют достигаемую точку, а остальные два (по выбору i, y, k) — координаты центра круга.

G 03 — круговая интерполяция обработка против часовой стрелки. Наибольший радиус 8000 мм. Наибольшая программируемая подача от 2,5 до 1200 мм/мин. наибольшая программируемая дуга окружности 360° .

Плоскость круговой интерполяции выбирается автоматически адресами, запрограммированными в кадре.

для программирования необходимо иметь: а) координаты достигаемого размера; б) координаты центра окружности; которые исчисляются до 3-й десятичной цифры.

Они указываются адресами:

i, y — для кругов в плоскости X, Y ,

i, k — для кругов в плоскости X, Z ,

y, k — для кругов в плоскости Y, Z ,

Со знаком и 7 цифрами.

Чтобы перейти к круговой интерполяции, в кадре пишется функция

G 01, так например;

№001 G 01 (X_1, Y_1)

№002 G 02 (X_2, Y_2, i, y) для плоскости X, Y ,

№003 G 03 (X_3, Y_3)

Во избежание резких ускорений или замедлений необходимо всегда начинать и кончать ряд дуг окружностей прямолинейными участками, к ним касательными и проходимыми с той же подачей, так например:

№049 G 00 $X + 0000000$ $y + 0524000$

№050 G 01 $X + 0088000$ $y + 0612000$ F 02000

№051 G 02 $X + 0300000$ $y + 0700000$ $i + 0300000$ $y + 0400000$

№052 G 29 $X + 0500000$

Л и т е р а т у р а

1. Резников А.Н. Совершенствование технологических процессов и инструментов в машиностроении.—Куйбышев: Куйбышевское книжное издательство, 1970. —132 с.

2. Сафраган Р.Э., Полонский А.Э., Гаурит Г.Э. Эксплуатация станков с числовым программным управлением.— Киев; Техника, 1974. — 305 с.

3. Станки с программным управлением /Справочник/ Монохов Г.А и др.-М.:Машиностроение, 1975. 288с.
4. М а т а л и н А.А., Д а ш е в с к и й Т.Б., К н я ж и ц к и й И.И. Многооперационные станки.-М.:Машиностроение, 1974. 317с.
5. С у д о п л а т о в И.И. Обработка деталей на станках с ЧПУ.-М.:Машиностроение, 1976. 102 с.
6. И в а щ е н к о И.А. Технологические размерные расчеты и способы их автоматизации.-М.:Машиностроение, 1975. 219 с.
7. Л е п и л и н В.И., З а й ц е в В.М. Расчет наиболее выгодного режима резания авиационных материалов.-Куйбышев: КрАИ, 1980. 80 с.
8. Классификаторов режущего инструмента для станков с ЧПУ.- М.: НИИМаш, 1975.
9. Г у р е в и ч Я.Л., Г о р о х о в М.В., З а х а р о в В.И и др. Режимы резания труднообрабатываемых материалов. Справочник.- М.:Машиностроение, 1976. 176 с.
10. Л о к т е в а С.Е. Станки с программным управлением.- М.:Машиностроение, 1979. 288 с.
11. Р о м а н о в М.Т. Резцы из эльбора. -М.:ВНИИ, 1972.
12. К у з н е ц о в Ю.И., М а с л о в А.Р., Б а й к о в А.И. Оснастка для станков с ЧПУ: Справочник.-М.:Машиностроение, 1983.
13. М а с л о в А.Р. и др. Инструмент и оснастка станков с ЧПУ.-М.:Машиностроение, 1980. 40 с.
14. Ф е д ю ш и н И.Л., М а с л о в А.Р. Вспомогательные инструменты для многооперационных станков с ЧПУ.-В кн.:Новые конструкции инструмента. Оснастка. Свойства сталей и сплавов.-М.: ВНИИ, 1972.
15. Б е л и к о в В.И. Спиральные сверла для станков с ЧПУ.- Станки и инструмент, № 3, 1974.
16. Высокопроизводительный инструмент из сверхтвердых материалов и области его применения.-Сборник трудов под ред. Г.А.Коссовича М.:ВНИИ, 1976.
17. Ш а п и р о Ю.С. Обработка деталей на станках с ЧПУ.-М.: Машиностроение, 1980. 115 с.
18. Ш р а й б м а н С.М., Э с т е р з о н М.А. Сперационная технология обработки корпусных деталей на многоинструментальных станках с ЧПУ.-М.:ЭНИМС, 1978. 71 с.
19. Э с т е р з о н М.А. Технология обработки корпусных деталей на многоинструментальных расточно-фрезерно-сверлильных станках с программным управлением.-М.:НИИМаш, 1981, 63 с.
20. З а з е р с к и й Е.И., Д о л н е р ч и к С.И. Технология обработки деталей на станках с программным управлением.-Д.:Машиностроение, 1975, 208 с.

О Г Л А В Л Е Н И Е

ВВЕДЕНИЕ	3
I. ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ВОЗМОЖНОСТИ И ОСНАСТКА ДЛЯ МНОГООПЕРАЦИОННЫХ СТАНКОВ	5
1. Конструктивные особенности форм корпусных деталей авиационных двигателей	5
2. Технологические возможности многооперационных станков с числовым программным управлением	6
3. Оснащение станков	12
4. Выбор параметров режущего инструмента	17
5. Выбор вспомогательной оснастки	21
II. РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА [18]	28
1. Технологический анализ конструкции детали	30
2. Выбор технологических баз и схемы установки детали на станке	30
3. Выбор методов обработки различных поверхностей	33
4. Определение целесообразной последовательности выполнения отдельных переходов [4]	34
5. Определение оптимального пути холостого перемещения режущего инструмента	42
6. Выбор положения исходной точки инструмента по оси Z	45
7. Выбор положения исходной точки инструмента по осям X, Y, Z	46
8. Расчет координат опорных точек по осям X, Y, Z	47
9. Определение координат точек входа и выхода фрезы при обработке плоскости	52
10. Обработка поверхностей детали с использованием 5-й оси	53
11. Определение настроечных размеров	55
12. Оформление технологической документации	56
III. РАСЧЕТ УПРАВЛЯЮЩЕЙ ПРОГРАММЫ	57
1. Кодирование информации	57
2. Система ЧПУ "Размер 2М"	58
3. Пример разработки программы	70
4. Программирование при обработке деталей на станке "Горизон 3,4", оснащенным пультом управления "Синумерик"	77
5. Примеры расчета программ обработки на станках "Горизон 3,4"	90
Л и т е р а т у р а	102

Св. план 1983, поз. 20

Иван Никифорович Косенко
Нина Ивановна Потапова

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА
ОБРАБОТКИ КОРПУСНЫХ ДЕТАЛЕЙ
АВИАЦИОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ
НА МНОГООПЕРАЦИОННЫХ СТАНКАХ С ЧПУ.
РАСЧЕТ УПРАВЛЯЮЩЕЙ ПРОГРАММЫ

Редактор Э. А. Грязнова
Техн. редактор Н. М. Каленюк
Корректор С. С. Рубан

Подписано в печать 2.12.1983 г. ЕО 07364.
Формат 60×84¹/₁₆. Бумага оберточная белая.
Оперативная печать. Усл. п. л. 5,0. Уч.-изд. л. 5,0.
Тираж 500 экз. Заказ 253. Цена 20 к.

Куйбышевский ордена Трудового Красного Знамени
авиационный институт имени академика С. П. Королева,
г. Куйбышев, ул. Молодогвардейская, 151.
Областная тип. им. В. П. Мяги, г. Куйбышев, ул. Вешка, 60.