

Министерство высшего и среднего
специального образования РСФСР

Куйбышевский ордена Трудового Красного Знамени
авиационный институт им. С.П.Королева

И.Н. К о с е н к о

ОБРАБОТКА ДЕТАЛЕЙ

НА ТОКАРНЫХ СТАНКАХ

С ЧИСЛОВЫМ ПРОГРАММНЫМ УПРАВЛЕНИЕМ

Учебное пособие

Утверждено на редакционно-
издательском совете

4.12.1975 г.

Куйбышев 1977

УДК 621.941-52(075)

В учебном пособии изложена методика проектирования технологических процессов механической обработки деталей на токарных станках с числовым программным управлением.

Кроме того, приведена методика расчета управляющих программ с учетом сил резания и упругих деформаций системы СЛД.

С целью уменьшения трудоемкости расчета погрешности обработки описана рабочая программа указанного расчета для ЭВМ "Проминь".

Книга предназначена для студентов, выполняющих курсовой или дипломный проект по механической обработке. Она может быть полезна для технологов механических цехов при разработке технологических процессов обработки на токарных станках с ЧПУ.

Рецензенты: К.т.н. Б.Н.Веретенников,
К.т.н. В.И.Лепилин

Иван Никифорович Косенко

ОБРАБОТКА ДЕТАЛЕЙ НА ТОКАРНЫХ СТАНКАХ С ЧИСЛОВЫМ ПРОГРАММНЫМ УПРАВЛЕНИЕМ

Учебное пособие

Редактор Э.А.Г р я з н о в а
Техн.редактор Н.И. К а л е н ю к
Корректор Л.М.А н д р о с о в а

ЕО 00140. Подписано в печать 21.IV.77 г. Бумага оберточная белая.
Формат 60x84 1/16. Усл. п.л. 5. Уч.-изд.л. 5, I.
Тираж 500 экз. Цена 26 коп. Темплан 1977, поз. 2312.

Куйбышевский авиационный институт им. С.П.Корсаева,
г. Куйбышев, ул. Молодогвардейская, 151.

Областная типография им. Маяки, г. Куйбышев, ул.Венцека, 60.
Заказ № 2543

В В Е Д Е Н И Е

Автоматизация производственных процессов является главным, решающим средством, обеспечивающим технический прогресс, и на этой основе — повышение производительности труда и культуры производства.

В общем объеме машиностроительной продукции на долю крупного и массового производства приходится только 15–20%; 75–80% падает на производство индивидуальное, мелкосерийное.

Если в крупносерийном и массовом производстве производительность труда можно повысить за счет применения специальных полуавтоматов, автоматов и автоматических линий, то в мелкосерийном и, тем более в индивидуальном и опытно-конструкторском производстве, применение указанного оборудования экономически невыгодно.

Авиационное двигателестроение относится к точному мелко- и среднесерийному производству. Сделанный ЭНИМС анализ затрат времени при обработке деталей на металлорежущих станках показывает, что в опытно-конструкторском и мелкосерийном производстве на резание затрачивается около 30% времени, в среднесерийном — не более 45%, остальное время расходуется на установку, закрепление, раскрепление и снятие детали, на управление станком и измерение. Из общего объема вспомогательного времени 43–53% затрачивается на управление станком, 12–26% — на установку, закрепление, раскрепление и снятие детали, 18–32% — на измерение и т.д. Следовательно, для повышения производительности труда необходимо автоматизировать прежде всего управление станком. Эту возможность дает применение станков с числовым программным управлением (ЧПУ).

В последнее время станкостроительная промышленность освоила производство целого ряда токарных станков с числовым программным управлением, в том числе станков моделей: 16К20Ф3, МК6712, 16Б16Ф3, 1П717Ф3, 1М63Ф3-04, А1Пр2М12.

Автоматическое управление этими станками осуществляется с помощью пультов управления: ПРС-ЗК, Контур-МИ-68, Логика-2 и ряда других устройств. Программоносителем является 35 мм магнитная лента или 17,5 мм бумажная перфолента.

Эти токарные станки позволяют обрабатывать детали по 3-4 классу точности до 4-5 класса чистоты обработанной поверхности.

Однако широкое внедрение станков с ЧПУ, в производство и рациональное использование их затруднено вследствие недостаточной точности обработанной поверхности и большой длительности цикла подготовки управляющих программ.

В настоящее время на большинстве заводов расчет управляющих программ производится без учета сил резания и упругих деформаций системы СПИД, поэтому деталь, обработанная по такой программе, не всегда укладывается в заданный допуск.

При разработке операционных карт технолог должен учитывать специфику обработки деталей на токарных станках с ЧПУ.

Станки с ЧПУ позволяют резко повысить производительность труда и качество изготавливаемых деталей.

Г л а в а I

ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ПОДГОТОВКА ПРИ ОБРАБОТКЕ ДЕТАЛЕЙ НА ТОКАРНЫХ СТАНКАХ С ЧИСЛОВЫМ ПРОГРАММНЫМ УПРАВЛЕНИЕМ (ЧПУ)

I. Проектирование технологических процессов [4, 9, 14]

При разработке технологических процессов механической обработки деталей на токарных станках с ЧПУ необходимо учитывать возможности станка (изучить чертежи деталей, технические условия на эту или на подобные детали и действующие технологические процессы) и предусматривать максимальную концентрацию обработки в одной операции. Практика показывает, что концентрация обработки поверхностей в одной операции усложняет выбор оптимальной схемы обработки, наладку станка, а иногда требуется проведение значительных изменений в действующих технологических процессах.

При обработке деталей на универсальных станках рабочий учитывает упругие деформации СПИД, износ режцов и вносит коррекцию в положение резца, чтобы получить нужный размер обрабатываемой поверхности.

При работе на станках с ЧПУ необходимо расчет настроечных размеров на операцию производить с учетом упругих деформаций СПИД, износа режущего инструмента и других факторов, влияющих на точность обработки.

В настоящее время на заводах проектированием технологических процессов занимаются две службы: цеховое технологическое бюро (разрабатывает весь технологический процесс) и бюро станков программного управления (разрабатывает только операционные карты для станков с ЧПУ, производит расчет и запись управляющей программы на магнитную или бумажную ленту).

При разработке технологии механической обработки деталей на станках с ЧПУ используются следующие исходные данные: чертеж обрабатываемой детали и технические условия на нее; чертеж заготовки с указанием первичных баз; техническая характеристика станка; каталоги специального и нормального режущего и мерительного инструментов, специальной и универсальной оснастки; стандарты на сортмент; свойства металла и сплавов, полуфабрикатов, выпускаемых промышленностью, и указания по их применению на заводе; нормативы для расчета режимов резания и норм времени; указания об объеме выпуска; типовые технологические процессы; материалы по охлаждающим жидкостям.

2. Разработка операционного технологического процесса

Разработка операционного технологического процесса обработки деталей на токарных станках с ЧПУ осуществляется в три этапа: разработка операционной карты в технологическом бюро цеха, расчетно-технологической карты 2 и проектирование карты наладки 3.

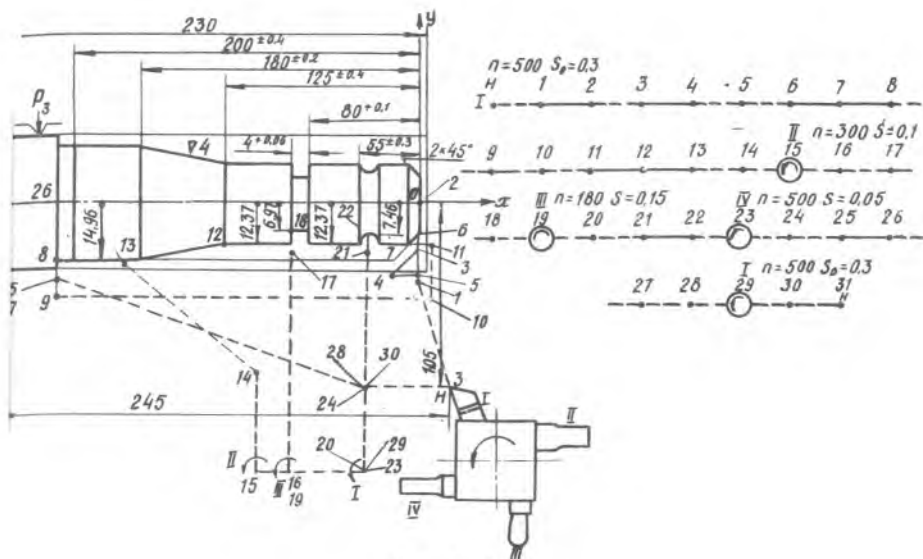
Операционная карта разрабатываемая в цехе, должна содержать чертеж или эскиз заготовки после предыдущей операции со всеми размерами и техническими условиями, затем она передается в отдел программных станков. На этой карте вычерчивается также эскиз детали с окончательными размерами и техническими условиями на ее изготовление на данной операции.

На эскизе нумеруются все обрабатываемые поверхности, и звездочкой отмечаются размеры, которые должны контролироваться в процессе обработки каждой детали.

На этапе согласования операционной карты с технологическим бюро цеха выявляются на операционном эскизе недостающие размеры, отмечаются поверхности, которые целесообразно обрабатывать, и исключаются те из них, которые по каким-либо причинам не могут быть обработаны на станках с ЧПУ.

На этапе проектирования производится детальный анализ расчетно-технологической карты, предусматривающий изучение особенностей детали и заготовки и технических требований к ним.

Расчетно-технологическая карта. Эта карта представлена на рис. 1. Она содержит эскиз детали со всеми размерами и техническими условиями, которые необходимо получить после обработки детали на станке с ЧПУ. Размеры должны быть пересчитаны относительно принятой



Р и с. I.

системы координат. На карте, кроме того, должны быть указаны: класс чистоты, траектория движения режущего инструмента, координаты начальной точки инструмента в принятой системе координат, нулевая (0) точка станка, точки остановки контроля, схема наладки-расположения режущего инструмента в резцодержателе в технологической последовательности и относительно принятой системы координат, диаграмма движения режущего инструмента с обозначением рабочих и холостых ходов и режимов резания для каждого инструмента (n , S_0), а также место смены инструмента (поворот резцовой головки по программе).

На эскизе должны быть даны условные обозначения базовых поверхностей с указанием числа опорных точек и показаны направления усилия зажима, а также вид и место крепления.

На основании данных расчетно-технологической карты производится расчет координат опорных точек, настроечных размеров с учетом упругих деформаций СПИД и погрешностей обработки по методике М.И.Лазоренко [23], координатных разностей по осям x и y , размеров для установки резцов в резцодержателе.

Разработка расчетно-технологической карты осуществляется в следующей последовательности: анализируется весь технологический процесс, включая операции обработки на станках с ЧПУ, разработанные технологическим бюро цеха; выбирается система координат и вычерчивается эскиз детали; выделяются конструктивные элементы детали и намечается схема их обработки; определяется схема наладки режущего инструмента и выбираются его параметры, вычерчивается траектория движения режущего инструмента, рассчитываются координаты опорных точек и оформляются расчетно-технологические карты.

В табл. 1 приведены условные обозначения опорных точек базисующих поверхностей и направления усилий зажима, а в табл. 2 - участков траектории, рабочих и холостых ходов, диаграмм подач обрабатываемых на данной операции поверхностей и т.д.

ПРИ ОФОРМЛЕНИИ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ДОКУМЕНТАЦИИ ПРИНЯТЫ
ЛИНИИ И ОБОЗНАЧЕНИЯ:

$$\overline{\hspace{2cm}} \\ S = 0,6 + 1,5$$

Толщина линий для поверхностей, обрабатываемых в данной операции

$$\overline{\hspace{2cm}} \\ S = 0,5 + 0,7$$

Толщина линий для поверхностей, не обрабатываемых на данной операции; линии схем, установок резцов и самих резцов, линии рабочих ходов и диаграмм

$$\begin{array}{c} 2\delta \\ \text{---} \text{---} \text{---} \text{---} \\ \text{---} \text{---} \text{---} \text{---} \\ S = 0,3 + 0,5 \end{array}$$

Линии перемещения на участке холостых ходов

$$\begin{array}{c} 5\div 30 \\ \text{---} \text{---} \text{---} \text{---} \\ \text{---} \text{---} \text{---} \text{---} \\ S = 0,3 + 0,5 \end{array}$$

Контур заготовки и линии траектории при смене инструмента

$$\begin{array}{c} 3+8 \\ \text{---} \text{---} \text{---} \text{---} \\ \text{---} \text{---} \text{---} \text{---} \\ S = 0,5 + 0,7 \end{array}$$

Осевые линии и линии траектории при смене инструмента

$$\overline{\hspace{2cm}} \\ S = 0,2 + 0,3$$

Размерные и выносные линии






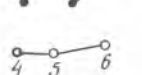
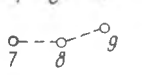
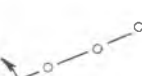
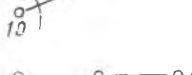
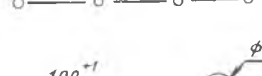


$$\text{~~~~~} \\ S = 0,3 + 0,5$$

Линии обрыва, линии разграничения вида и размера

Т а б л и ц а I

Наименование		Условное обозначение	
		вид сбоку	вид в плане
Неподвижные опоры	жесткие		
	регулируемые		
Усилие зажима			
Зажимы, совмещенные с опорами (самоцентрирующие кулачковые патроны, цанги, разжимные оправки)			
Центр жесткий			
Центр плавающий			
Центр вращающийся			
Люнет неподвижный			
Люнет подвижный			
Двух-, трех-, четырех-кулачковый или цанговый патрон			Примечание. Цифра 4 обозначает число опорных точек
Разметка			

Т а б л и ц а 2

Наименование	Условные обозначения
Исходная точка	
Опорная точка	
Точка останова	
Контрольная точка	
Точка смены инструмента	
Нумерация опорных точек	
Рабочий ход инструмента	
Холостой ход инструмента	
Участок траектории инструмента при его смене	
Диаграмма подач	
Обозначения контролируемых размеров	
Обозначения размеров, подвергающихся 100% контролю на каждой детали	

Карта наладки. На карте наладки вычерчиваются эскиз детали с размерами, которые подвергаются 100% контролю в процессе механической обработки и схема расположения режущего инструмента в инструментальной системе координат, указываются координаты начальной точки (рис. 2).

3. Выбор баз

Базирование детали должно производиться при условии обеспечения заданной точности и наименьшей сложности применяемого приспособления, удобства настройки станка на размер и надежности крепления детали.

Первичная установочная база выбирается так, чтобы можно было обработать в первую очередь поверхность, относительно которой в чертеже детали координировано наибольшее число других поверхностей. Эта база из-за малой точности может быть использована только один раз.

Чтобы повысить точность обработки, необходимо придерживаться принципа единства баз, и производить совмещение баз конструкторской и технологической.

Настроечная база должна выбираться при условии обеспечения точности взаимного расположения режущего инструмента и детали. Наиболее приемлемо совмещение настроенной базы с опорным торцом детали.

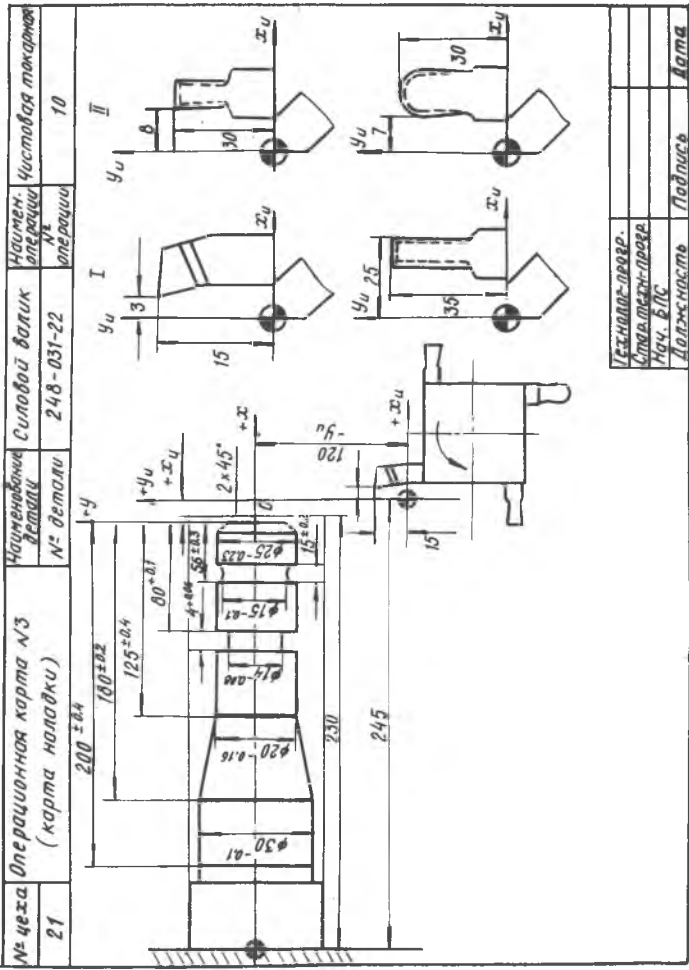
При необходимости выбора в качестве настроечной базы свободного торца приспособления для уменьшения времени настройки на стенке следует предусмотреть откидные упоры. Ось координат y совмещается с правым торцом детали.

4. Выбор системы координат

В процессе разработки расчетно-технологической карты используются следующие ортогональные системы координат: основная, режущего инструмента, вспомогательная.

Основная система координат предназначена для задания контуров детали и заготовки и выбирается, исходя из удобства расчета управляющей программы.

Как правило, ось x направлена по оси детали слева направо, а ось y выбирается вдоль торца, являющегося настроечной базой.



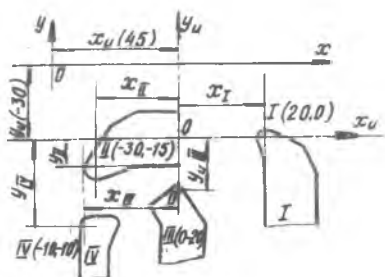
Генерал-проект.		
Структурный проект.		
Нач. Б/С		
Должность	Подпись	Дата

Р И С. 2

Система координат режущего инструмента. Система координат режущего инструмента служит для определения взаимного расположения инструмента при настройке. За начало системы координат режущего инструмента принимается центр окружности при вершине реза или его вершина (рис. 3). Вершина реза, принимаемая для настройки, отмечается знаком плюс.

Положение резов в координатах режущего инструмента определяется по положению его вершины или центра радиуса у вершины реза и оформляется в виде эскиза (рис.3) или в виде таблицы (табл. 3).

Положение начала координат режущего инструмента должно быть определено относительно основной системы (см.рис.3). В приведенном рисунке $x_u = 45$, $y_u = -30$, значения координат резов в основной системе приведены в табл. 3.

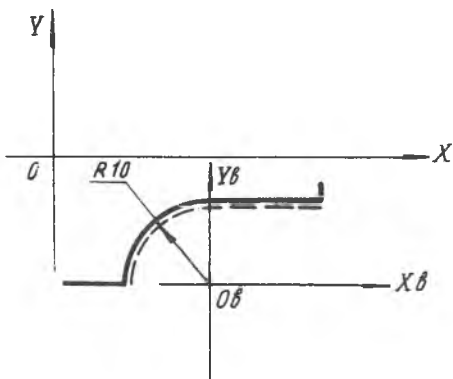


Р и с.3.Схема инструментальной системы координат

Т а б л и ц а 3

N резца	Координаты резов			
	x_u	x	y_u	y
I	20	65	0	-30
2	-30	15	-15	-45
3	-00	45	-20	-50
4	-10	35	-10	-40

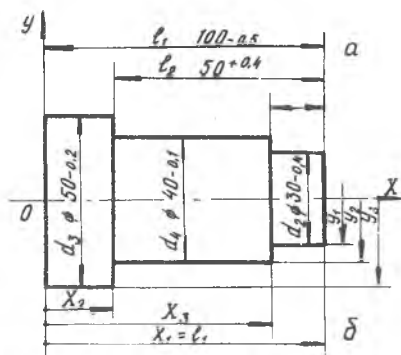
Вспомогательная система координат. Она служит для описания контура детали, который на чертеже задан относительно некоторых базовых поверхностей, описываемых в основной системе координат (рис. 4).



Р и с.4. Вспомогательная система координат

Вместе с эскизом детали на расчетно-технологической карте необходимо показать элементы приспособления, которые могут находиться в зоне обработки.

В настоящее время на чертеже детали размеры в большинстве случаев проставляются в произвольном порядке, а при обработке на станках с ЧПУ размеры должны быть проставлены в координатной форме (рис. 5).



Р и с.5. Оформление чертежа детали: а - без учета обработки на токарных станках с числовым программным управлением; б - с учётом обработки на станках с ЧПУ

5. Требования, предъявляемые к эскизу обрабатываемой детали, и расчет размеров [15]

Эскиз обрабатываемой детали следует чертить в определенном масштабе, а, если позволяют габариты, то в натуральную величину, что дает наиболее полное представление о ее геометрической форме. Элементы детали, которые трудно показать полностью при выбранном масштабе, нужно выносить на свободное поле в увеличенном масштабе.

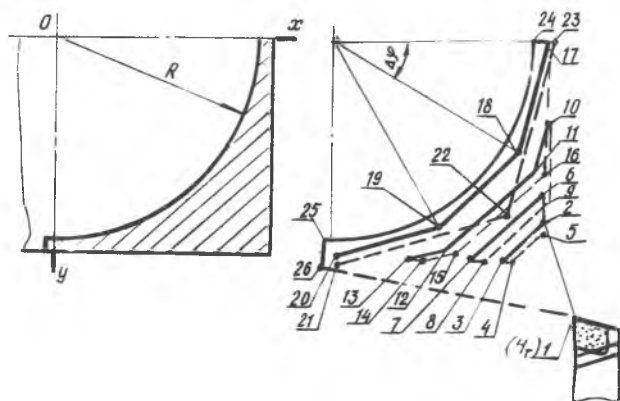
Пересчет размеров в координатную форму производится по методике, разработанной к.т.н. ЛАЗОРЕНКО М.И. [23].

Определение схемы обработки. Вся обрабатываемая область можно разделить на чистовую и черновую зоны. Такое разделение вызвано тем, что во многих случаях геометрическая форма заготовки значительно отличается от геометрической формы готовой детали. Вследствие этого и ряда других причин снимается неравномерный припуск, поэтому обработанная поверхность будет иметь неправильную геометрическую форму.

Следовательно, задачей обработки черновой зоны является создание минимального равномерного припуска под окончательную чистовую обработку.

В большинстве случаев черновой припуск снимается за несколько проходов. Расчет припусков на диаметральные и торцевые поверхности производится по методике, разработанной И.А.Ивашенко [4].

На рис. 6 приведена схема обработки фасонной поверхности.



Р и с.6.Траектория движения режущего инструмента при обработке шаровой поверхности

Обработка производится правым проходным упорным резцом. Глубина резания t для черновых и чистовых проходов принимается по нормативам. Путь движения резца обозначен опорными точками 1-26.

Определение траектории движения режущего инструмента и расчет опорных точек [15]. Под траекторией движения резца понимается геометрическое место последовательных положений его вершины или центра радиуса вершины при обработке детали.

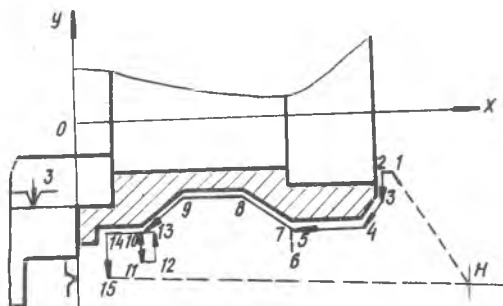
Схема траектории движения инструмента обеспечивает наглядность при проектировании и отладке программ.

При оформлении расчетно-технологической карты возможны два варианта движения режущего инструмента: траектория движения по замкнутому контуру каждого и всех применяемых инструментов.

Траектория движения по замкнутому контуру каждого инструмента применяется при обработке деталей на станках, оснащенных инструментальным магазином (АТП2М12), где смена инструмента происходит в базовой точке суппорта.

Траектория движения по замкнутому контуру комплекса инструментов применяется на станках, оснащенных многоинструментальными револьверными головками П717Ф3, 16Б16Ф3, где смена инструмента может происходить в любой точке.

На участках траектории чистовых проходов и при возвращении резца в исходную точку выборку люфта следует производить в шариковых парах, для этого подход в эти точки производится в одном направлении. Участки 5-6-7, 10-11-12-13 и Н-16-Н (рис. 7) предназначены для выборки люфта при изменении направления движения.



Для математического описания траектории движения инструмента на ней выделяются опорные точки. Под опорными понимают точки, характеризующие изменение направления движения и скорость перемещения инструмента, в том числе, и при его смене. Каждой опорной точке присваивается порядковый номер. Опорные точки подразделяются на исходную, основные технологические и дополнительные.

Р и с.7. Траектория чистовых проходов:
 1-выборка люфта на участках 5-6-7;
 10-11-12-13 и Н-16-Н; 2-холостой ход
 на участках Н-1-2; 14-15-Н-16-Н; 3-
 рабочий ход 2-3-4-5-8-9-10-14

Исходная (или начальная) точка характеризует (в основной системе координат) положение вершины или центра радиуса первого резца, она обозначается русской буквой Н (начало). Положение этой точки выбирается так, чтобы удобно было устанавливать деталь в приспособление при условии минимального времени выхода инструмента в рабочую зону.

На рис. 8 представлена схема установки резца при обработке детали, закрепленной в патроне.

Координаты начального положения резца определяются:

$$x_H = l_{дет} + \Delta l_x ; \quad (4)$$

$$y_{l_x} = \frac{d}{2} + \Delta l_y . \quad (5)$$

Значения Δl_x , Δl_y выбираются в зависимости от условий обработки:

$$\Delta l_x = (2-15) \text{ мм};$$

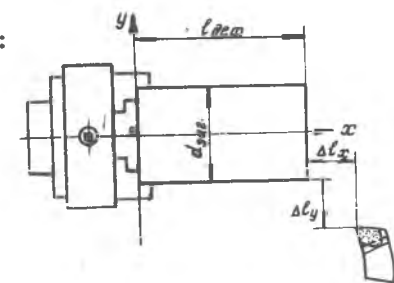
$$\Delta l_y = (5-20) \text{ мм}.$$

Время подвода резца в рабочую зону

$$T = \frac{\Delta l}{S_{\text{мин}}}, \quad (6)$$

где

$$\Delta l = \sqrt{\Delta l_x^2 + \Delta l_y^2}; \quad (7)$$



Р и с.8.Схема установки резца при обработке детали, закрепленной в патроне

$S_{\text{мин}}$ - минутная подача, мм/мин.

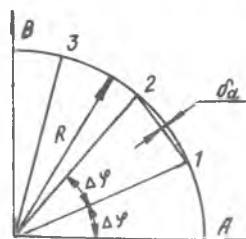
Технологические точки - это точки, характеризующие вспомогательные перемещения инструмента, в том числе, участки холостого хода, выход в контрольную точку, точки смены инструмента и т.д.

Дополнительные опорные точки назначаются на криволинейных участках траектории для аппроксимации этих участков. Положение этих точек определяется центральным углом $\Delta\varphi$ и радиусом R аппроксимированного участка траектории (рис. 9), где 1-3 - базовые точки. Угол аппроксимации вычисляется по формуле

$$\Delta\varphi = 2 \arccos \left(1 - \frac{\sigma_a}{R} \right),$$

где $\Delta\varphi$ - угол аппроксимации;
 R - радиус аппроксимируемого участка;

σ_a - погрешность аппроксимации, определяемая из условия требуемой точности и чистоты обработанной поверхности [13], [15] (она не должна превышать 15 - 25% допуска на обрабатываемую поверхность).

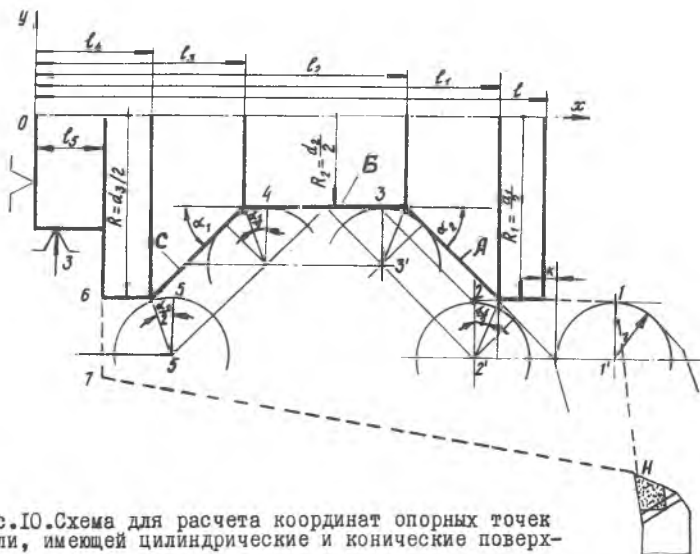


Р и с.9.Схема для вычисления угла аппроксимации

Исходя из чистоты обработанной поверхности, приблизительно можно принять: $\sigma_{\Delta_3} = 0,08 \text{ мм}$; $\sigma_{\Delta_4} = 0,04 \text{ мм}$; $\sigma_{\Delta_5} = 0,02 \text{ мм}$; $\sigma_{\Delta_6} = 0,01 \text{ мм}$.

Расчет координат опорных точек. Он производится без учета упругих деформаций СПИД.

На рис. 10 представлена схема обработки валика, имеющего цилиндрическую и коническую поверхность.



Р и с.10.Схема для расчета координат опорных точек детали, имеющей цилиндрические и конические поверхности

В табл. 4 приведены формулы для расчета координат опорных точек по вершине реза.

Т а б л и ц а 4

№ точки	x мм	y мм	№ точки	x мм	y мм
Н	$l + (20 \div 30)$	$-R_1 + (5 \div 20)$	4	$l_3 + z \operatorname{tg} \frac{\alpha_1}{2}$	$-R_2 = \frac{d_2}{2}$
1	$l + k + z$	$-R_1 = \frac{d_1}{2}$	5	$l_4 + z \operatorname{tg} \frac{\alpha_1}{2}$	$-R_3 = \frac{d_3}{2}$
2	$l_1 - z \operatorname{tg} \frac{\alpha_2}{2}$	$-R_1 = \frac{d_1}{2}$	6	l_5	$-R_3 = \frac{d_3}{2}$
3	$l_2 - z \operatorname{tg} \frac{\alpha_2}{2}$	$-R_2 = \frac{d_2}{2}$	7	l_5	$-R_3 + (5 \div 20)$
			Н	$l + (20 \div 30)$	$-[R_1 + (5 \div 20)]$

На чертеже z - радиус при вершине резца.

В табл. 5 приведены формулы для расчета координат опорных точек по центру радиуса у вершины резца.

Т а б л и ц а 5

№ точки	x мм	y мм	№ точки	x мм	y мм
H	$l + (20 \div 25)$	$-(R_1 + 5 \div 20)$	4	$l_3 + z \operatorname{tg} \frac{\alpha_1}{2}$	$-(R_2 + z)$
I	$l + k + z$	$-(R_1 + z)$	5	$l_4 + z \operatorname{tg} \frac{\alpha_1}{2}$	$-(R_3 + z)$
2	$l_1 - z \operatorname{tg} \frac{\alpha_2}{2}$	$-(R_1 + z)$	6	l_5	$-(R_3 + z)$
3	$l_2 - z \operatorname{tg} \frac{\alpha_2}{2}$	$-(R_2 + z)$	7	$l_5 + (5 \div 20)$	$-(R_3 + 5 \div 20)$
			H	$l + (20 \div 25)$	$-(R_1 + 5 \div 20)$

Радиус R галтели перехода с поверхности A к поверхности B и $B \rightarrow C$ равен радиусу закругления вершины резца.

Г л а в а П

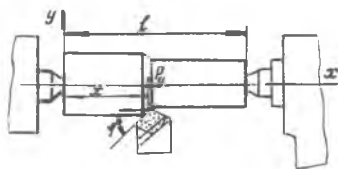
МЕТОДИКА РАСЧЕТА ПОГРЕШНОСТИ ОБРАБОТКИ ЗА СЧЕТ УПРУГИХ ДЕФОРМАЦИЙ СПИД

1. Вывод основной зависимости для расчета погрешности при одноинструментальной обработке детали [8]

В процессе точения на технологическую систему СПИД действуют силы резания, вызывая упругие перемещения детали, суппорта, передней и задней бабок.

На величину упругих перемещений, приводящих к погрешности обработки, основное влияние оказывает жесткость суппорта, передней и задней бабок и обрабатываемой заготовки. Упругой деформацией реза можно пренебречь ввиду его значительной жесткости.

Наибольшее влияние на величину погрешности обработки оказывает радиальная составляющая усилия резания P_y , направленная по нормали к обрабатываемой поверхности (рис. II)



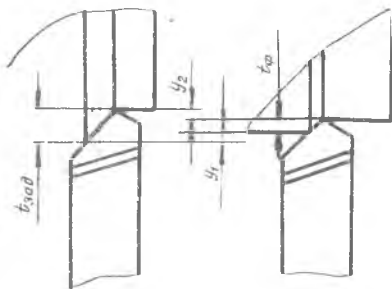
Р и с. II. Схема действующих сил резания при точении цилиндрического валика в центрах

Упругие перемещения (при точении) в системе СПИД изменяют положение режущего инструмента относительно обрабатываемой поверхности детали, которое было установлено при статической настройке станка. Рядом исследований [3], [9] установлено, что деформация системы СПИД, из-за динамического действия резания по сравнению со статическим действием сил резания, может увеличиваться до 60%. В связи с этим при определении жесткости узлов станка следует применять производственный метод [14].

Упругие перемещения обрабатываемой заготовки и режущего инструмента изменяют их

взаимное положение установлено при наладке станка.

На рис. 12 приведена схема перемещений. До начала обработки настройкой устанавливается глубина резания $t_{зад}$. В процессе обработки заготовка упруго отжимается на величину y_1 , а инструмент - на величину y_2 . В результате этого заданная глубина уменьшается до $t_{ф}$. Для отдельных сечений можно записать:



Р и с. 12. Схема перемещений элементов технологической системы СПИД под действием сил резания

$$y_1 + y_2 = t_{зад} - t_{ф}. \quad (8)$$

В этом выражении

$$y_1 = \frac{P_y}{f_{зад}}; \quad y_2 = \frac{P_y}{f_{инс}}, \quad (9)$$

где $f_{зад}$ - жесткость системы заготовка - узлы станка - приспособление;

$f_{инс}$ - жесткость системы инструмент - приспособление - узлы станка, где закрепляется инструмент.

Радиальная составляющая силы резания P_y вычисляется по следующей зависимости:

при обработке стали [23]

$$P_y = C_{py} t^{x_{py}} S^{y_{py}} HB^{n_{py}} K_{y_{py}} K_{z_{py}}; \quad (10)$$

при обработке титановых сплавов [16]

$$P_y = C_{py} t^{x_{py}} S^{y_{py}} V^{z_{py}} K_{y_{py}} K_{z_{py}}. \quad (11)$$

Обозначим $C_{py} S^{y_{py}} HB^{n_{py}} K_{y_{py}} K_{z_{py}}$ через C , тогда

$$P_y = C t^{x_{py}}. \quad (12)$$

Подставляя развернутые выражения y_1 , y_2 и P_y в уравнение (8), получаем

$$t_{300} = t_{\varphi} + t^{x_{py}} \left(\frac{C}{f_{302}} + \frac{C}{f_{unc}} \right).$$

При $x_{py} = 1$ будем иметь следующую зависимость между t_{300} и t_{φ} :

$$t_{\varphi} = \frac{t_{300}}{\frac{C}{f_{302}} + \frac{C}{f_{unc}} + 1}. \quad (13)$$

Погрешность обработки вычисляется по зависимости

$$\Delta_{слуд} = t_{300} - t_{\varphi}.$$

Подставив в это уравнение значение t_{φ} , получим выражение для вычисления погрешности $\Delta_{слуд}$:

$$\Delta_{слуд} = t_{300} \left[1 - \frac{1}{\frac{C}{f_{302}} + \frac{C}{f_{unc}} + 1} \right]. \quad (14)$$

При дробном показателе x_{py} точное решение уравнения неизвестно. При приближенном решении величину C необходимо умножить на поправочный коэффициент K :

$$t_{\varphi} = \frac{t_{300}}{\frac{CK}{f_{302}} + \frac{CK}{f_{unc}} + 1}. \quad (15)$$

Изменение значения этого коэффициента в зависимости от t_{300} и $\frac{C}{f_{302}} + \frac{C}{f_{unc}}$ при $x_{py} = 0,9$ показано в табл. 6.

Т а б л и ц а 6

$\frac{C}{f_{302}} + \frac{C}{f_{unc}}$	t_{300} мм					
	0,5	1	1,5	2	2,5	3
0,1	1,09	1,01	0,96	0,93	0,92	0,9
0,2	1,1	1,03	0,98	0,95	0,92	0,91
0,3	1,1	1,03	0,98	0,95	0,93	0,92
0,4	1,11	1,05	0,99	0,96	0,94	0,93

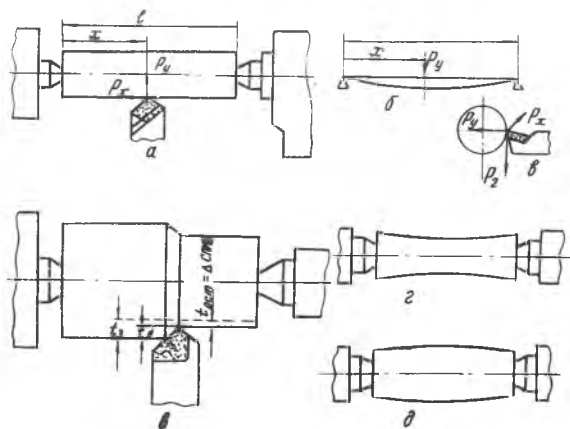
Из табл. 6 видно, что коэффициент K незначительно зависит от величин $\frac{C}{f_{302}} + \frac{C}{f_{unc}}$; при грубых расчетах значение K можно брать по средней строке $\frac{C}{f_{302}} + \frac{C}{f_{unc}} = 0,3$.

Погрешность расчета $\Delta_{СПИД}$ не превышает 2%.

Выражение (14) для вычисления погрешности обработки $\Delta_{СПИД}$ выведено при $C = const$. В действительности усилие P_y изменяется вследствие затупления резца и колебания твердости в установленных пределах. Так как колебание твердости незначительно, в расчетах погрешности эту величину можно не учитывать. Изменение силы резания вследствие затупления резца можно учитывать при принудительной смене режущего инструмента.

2. Расчет погрешности при обработке деталей в центрах [8,11]

Как отмечалось, при определении погрешности обработки, которая зависит от жесткости системы СПИД, достаточно принимать во внимание только составляющую силы резания P_y (рис. 13,а).



Р и с.13. Расчетная схема при точении валика в центрах

Вследствие упругих деформаций СПИД, под действием силы резания P_y , обработанная поверхность валика при большой его жесткости будет иметь корсетную, а при малой жесткости – бочкообразную форму (рис. 13, г, д).

На величину упругих деформаций, вызывающих погрешности обработки, оказывает влияние жесткость передней и задней бабок, суппорта,

системы крепления на нем режущего инструмента и обрабатываемой детали.

При обработке в центрах (рис. 13б) деталь можно представить как балку, лежащую на двух опорах. Вычислить погрешности обработки для отдельных сечений обрабатываемой детали можно по формуле (рис. 13,г):

$$y_1 + y_2 + y_3 = t_{30\sigma} - t_{\sigma} \quad (16)$$

где y_1 - отжатие детали за счет упругой деформации передней и задней бабок;
 y_2 - отжатие резца за счет упругой деформации суппорта;
 y_3 - упругая деформация детали, в месте приложения усилия P_y .

Согласно приведенным исследованиям [4], [18], величину y_1 можно представить в виде следующего уравнения:

$$y_1 = \left[\left(1 - \frac{x}{l}\right)^2 \frac{P_y}{j_{no\sigma}} + \left(\frac{x}{l}\right)^2 \frac{P_y}{j_{3o\sigma}} \right], \quad (17)$$

где $j_{no\sigma}$, $j_{3o\sigma}$ - соответственно жесткость передней и задней бабок;
 x - расстояние от торца детали (рис. 13,а) до рассматриваемого сечения;
 l - длина детали.

Упругое перемещение суппорта рассчитывается по следующей зависимости:

$$y_2 = \frac{P_y}{j_{cyn}} \quad (18)$$

Упругая деформация детали в месте приложения силы резания определяется по формуле

$$y_3 = \frac{P_y}{3EJ} \frac{x^2(l-x)^2}{l}, \quad (19)$$

где J - момент инерции обрабатываемого вала;
 E - модуль упругости;
 x - расстояние от левого торца детали до точки приложения силы P_y .

При обработке конструкционной стали, стального литья, алюминиевых и магниевых сплавов радиальная составляющая P_y усилия резания

может быть вычислена по формуле

$$P_y = C_{py} t^{x_{py}} S^{y_{py}} HB^{n_{py}} K_{y_{py}} K_{z_{py}} \dots \quad (20)$$

Значения коэффициентов и показателей степени для стали, стального литья, алюминиевых и магниевых сплавов приведены в табл. 7.

Т а б л и ц а 7

Тип реза	x_{py}	y_{py}	n_{py}	C_{py}
Проходные	0,9	0,75	2	0,027

Для стали, стального литья и легких цветных сплавов значения коэффициентов $K_{y_{py}}$ и $K_{z_{py}}$ [23], учитывающих влияние геометрии резов на величину усилия P_y , приведены в табл. 8.

Т а б л и ц а 8

Главный угол в плане φ_0	$K_{y_{py}}$	Радиус закругления у вершины реза τ	$K_{z_{py}}$
30	1,63	0,5	0,65
45	1	1	0,81
60	0,71	1,5	0,92
75	0,54	2	1
90	0,44	3	1,13

При обработке титановых сплавов составляющая P_y усилия резания вычисляется по формуле [12]:

$$P_y = C_{py} t^{x_{py}} S^{y_{py}} V^{-z_{py}} \quad (21)$$

Оптимальная марка твердого сплава - BK6M.

Геометрия реза: $\gamma = 8-10^\circ$; $\alpha = 10^\circ$; $\varphi_0 = 45^\circ$; $\varphi_r = 15^\circ$; $\lambda = 10^\circ$

$\delta_{фас} = -5^\circ$; $f_{фас} = 0,5 \text{ мм}$; $z = 0,5 \text{ мм}$.

Допустимый износ по задней грани $h = 0,4 - 0,5 \text{ мм}$.

Значения коэффициентов и показателей степени (для величин, приведенных в формуле (21), даны в табл. 9.

Т а б л и ц а 9

Вид обработки	Обрабатываемый материал	V м/мин	t мм	S мм/об	C_{py}	x_{py}	$У_{py}$	Z_{py}
Точение	OT4	15-100	0,5-3	0,1-0,5	123	0,78	0,56	0,1
	BT1-2				60	0,74	0,37	0,04
	BT3				63	0,85	0,33	0,02
	BT5	4-70	0,5-4	0,1-0,5	67	0,84	0,51	0,05
	BT8				50	0,95	0,37	0,08
	BT14				56	0,85	0,58	0,1
	BT20	4-30	1-5	0,1-0,6	88	0,9	0,72	0,18
	BT22	15-45	0,5-3	0,1-0,4	80	0,85	0,63	0,05
	AT3	2-80	1-5	0,1-0,5	50	1	0,5	0
	AT4				40	1	0,5	0

Обозначим величины $C_{py}, S^{y_{py}}, H_{py}, K_{y_{py}}, K_{z_{py}}$ и $C_{py} S^{y_{py}} V^{-z_{py}}$ через C тогда формула для расчета P_y примет следующий вид:

$$P_y = C t^{x_{py}} \dots \quad (22)$$

Подставляя развернутые значения y_1, y_2, y_3 в выражение (16) и произведя преобразование, получаем

$$t_{300} - t_{фак} = P_y \left[\frac{(1 - \frac{x}{l})^2}{f_{н\sigma}} + \frac{(\frac{x}{l})^2}{f_{3\sigma}} + \frac{1}{f_{суп}} + \frac{x^2(t+x)^2}{3EJl} \right]. \quad (23)$$

Заменив $t_{фак} = \frac{P_y}{C}$, будем иметь:

$$t_{300} = P_y \left[\frac{(1 - \frac{x}{l})^2}{f_{н\sigma}} + \frac{(\frac{x}{l})^2}{f_{3\sigma}} + \frac{1}{f_{суп}} + \frac{x^2(t-x)^2}{3EJl} + \frac{1}{C} \right] \dots \quad (24)$$

Отсюда

$$P_y = \frac{t_{300}}{\frac{(1 - \frac{x}{l})^2}{f_{н\sigma}} + \frac{(\frac{x}{l})^2}{f_{3\sigma}} + \frac{1}{f_{суп}} + \frac{x^2(t-x)^2}{3EJl} + \frac{1}{C}} \dots \quad (25)$$

Фактическая глубина резания при показателе степени $x_{py} = 1$ определяется по формуле

$$t_{фак} = \frac{t_{3ад}}{\left(1 - \frac{x}{l}\right)^2 \frac{C}{f_n \sigma} + \left(\frac{x}{l}\right)^2 \frac{C}{f_3 \sigma} + \frac{C}{f_{суп}} + \frac{C x^2 (l-x)^2}{3EJl} + 1} \dots \quad (26)$$

Для случая, когда показатель степени $x_{py} \neq 1$, точное решение уравнения (26) неизвестно. В качестве приближенного решения предлагается умножить величину C на поправочный коэффициент K , тогда уравнение примет следующий вид:

$$t_{фак} = \frac{t_{3ад}}{\left(1 - \frac{x}{l}\right)^2 \frac{CK}{f_n \sigma} + \left(\frac{x}{l}\right)^2 \frac{CK}{f_3 \sigma} + \frac{CK}{f_{суп}} + \frac{CK x^2 (l-x)^2}{3EJl} + 1} \dots \quad (27)$$

Выражения [23], [24] есть уравнения образующей обработанной поверхности заготовки. Погрешности обработки, вычисляемые по этим уравнениям для различных сечений детали, отсчитываются от теоретической образующей:

$$\Delta_{суп} = t_{3ад} - t_{фак} = t_{3ад} \left[1 - \frac{1}{\left(1 - \frac{x}{l}\right)^2 \frac{CK}{f_n \sigma} + \left(\frac{x}{l}\right)^2 \frac{CK}{f_3 \sigma} + \frac{CK}{f_{суп}} + \frac{x^2 (l-x)^2 CK}{3EJl} + 1} \right] \dots \quad (28)$$

Значения коэффициента K при $x_{py} = 0,9$ можно принять в среднем:

$\frac{C}{f_{3ад}} + \frac{C}{f_{суп}}$	$t_{3ад}$ мм					
	0,5	1	1,5	2	2,5	
0,3	1,1	1,03	0,98	0,95	0,93	

Пренебрегая уменьшением усилия резания в результате упругих деформаций технологической системы, получим более простое приближенное выражение для вычисления погрешности обработки:

$$\Delta_{суп} = C t^{x_{py}} \left[\frac{\left(1 - \frac{x}{l}\right)^2}{f_n \sigma} + \frac{\left(\frac{x}{l}\right)^2}{f_3 \sigma} + \frac{1}{f_{суп}} + \frac{x^2 (l-x)^2}{3EJl} \right] \dots \quad (29)$$

Обработка ступенчатых валов. Погрешности формы при обтачивании ступенчатых валов не могут быть определены по приведенным формулам вследствие того, что четвертая составляющая знаменателя получена для условий обработки гладких валов.

Чтобы определить погрешности обработки ступенчатых валов, в эти формулы подставляется величина диаметра приведенного гладкого вала, которую можно определить как средневзвешенную по следующей формуле:

$$D = \frac{d_1 l_1 + d_2 l_2 + \dots + d_n l_n}{l}, \quad (30)$$

где $d_1, d_2 \dots d_n$ - диаметры ступеней вала;
 $l_1, l_2 \dots l_n$ - длина ступеней вала;
 l - общая длина вала.

Величину диаметра приведенного вала можно вычислить, исходя из равенства объемов ступенчатого и приведенного вала.

Тогда

$$D = \sqrt{\frac{d_1^2 l_1 + d_2^2 l_2 + \dots + d_n^2 l_n}{l}} \dots \quad (31)$$

Этот расчет характеризует равномерное распределение металла по всей длине заготовки, поэтому при обработке валов с утолщением в средней части получаются завышенные прогибы, а при обтачивании валов с утолщением с одной стороны прогибы могут иметь заниженные значения. Для расчета валов с утолщением посередине рекомендуется применять формулу (30), а для расчета валов с односторонним утолщением - формулу (31). При определении приведенного диаметра не следует принимать во внимание мелкие буртики и фланцы.

Расчет на ЭВМ "Проминь" погрешностей при точении ступенчатых валиков в центрах

В целях уменьшения трудоемкости расчетов целесообразно применять малогабаритные ЭВМ "Проминь" и др.

В конкретном случае может быть использована ЭВМ "Проминь", которая по своей структуре является универсальной цифровой вычислительной машиной с программным управлением. Это - одноадресная вычислительная машина, числа в ней представляются в десятичной системе счисления с плавающей запятой с точностью до пяти десятичных разрядов. Машина выполняет 1000 сложений или 100 умножений в секунду.

Запоминающее устройство для чисел содержит 100 ячеек, из которых 79 являются оперативными и 21 служит для хранения констант.

Программное устройство представляет собой самостоятельную матрицу, рассчитанную на 100 команд; программа набирается непосредственно на наборном поле матрицы специальными штекерами.

Система команд, помимо обычных арифметических действий, включает вычисление элементарных функций, решение систем линейных алгебраических уравнений и перемножение векторов.

Ввод чисел производится вручную с пульта управления; решения выводятся на десятичные индикаторные линии и на электрофицированную пишущую машинку.

Погрешность обработки $\Delta_{спид}$ вычисляется по формуле (28).

Рабочая программа расчета погрешности обработки составлена так, что, сосчитав погрешность обработки $\Delta_{спид}$ в точке x_{i-1} , машина автоматически переключается на расчет в следующей точке $x = x_{i-1} + \Delta x$, где Δx - шаг. Исходные данные, размещенные по адресам и вводимые в машину, приведены в табл. IО.

Ниже приведена рабочая программа расчета. Учитывая большое число команд, рабочую программу необходимо записать на перфокарты.

Пример расчета погрешности обработки ступенчатого валика при обработке в центрах.

Задано:

Обработать ступенчатый валик (рис.14) из ст. 20 твердостью НВ = 220 кг/мм². Режим резания:

$$t = 0,5 \text{ мм},$$

$$S_p = 0,15 \text{ мм/об.}$$

Приведенный диаметр валика рассчитывается по формуле

$$d_{np} = \frac{d_1 \ell_1 + d_2 \ell_2}{\ell} = \frac{29,8 \cdot 100 + 21,8 \cdot 150}{250} = 25 \text{ мм.}$$

Показатели степени и значение коэффициента C_{py} для вычисления составляющей силы резания P_y приведены ниже:

$$x_{py} = 1; C_{py} = 0,027; y_{py} = 0,75; n_{py} = 2.$$

Коэффициенты, характеризующие геометрию резца для главного угла в плане $\varphi = 45^\circ$, $K_{\varphi py} = I$; для резца с радиусом закругления вершины $z = 2$, $K_{z py} = I$.

Из паспорта станка определяется его жесткость:

передней бабки $f_{пс} = 2500 \text{ кг/мм}$;

задней бабки $f_{зс} = 2000 \text{ кг/мм}$;

суппорта $f_{суп} = 1500 \text{ кг/мм}$.

Приведенная исходная информация представлена в табл. IО (шаг принимаем $\Delta x = 10 \text{ мм}$).

Программа расчета погрешности обработки, возникающей вследствие упругих деформаций СПИД, приведена в табл. II.

Т а б л и ц а 10

Адрес	Значение	Число	Нормализованная форма	Запись в машине	Адрес	Значение	Число	Нормализованная форма	Запись в машине
01	C_{py}	0.027	$+0.27000 \cdot 10^{-1}$	-1+27000	11	f_{am}	1500	$+0,15 \cdot 10^{+4}$	+4+15000
02	S_0	0,15	$+0.15000 \cdot 10^{+0}$	+0+15000	12	x_0	0	$+0,0 \cdot 10^0$	+0+00000
03	U_{py}	0.75	$+0.75 \cdot 10^{+0}$	+0+75000	13	3	3	$+0,3 \cdot 10^{+1}$	+1+30000
04	H_B	220	$+0.220 \cdot 10^{+3}$	+3+22000	14	E	21000	$+0,21 \cdot 10^{+5}$	+5+21000
05	L_{py}	2	$+0.2 \cdot 10^{+1}$	+1+20000	15	D_{np}	25	$+0,25 \cdot 10^{+2}$	+2+25000
06	$K_{y_{py}}$	1	$+0.1 \cdot 10^{+1}$	+1+10000	16	64	64	$+0,64 \cdot 10^{+2}$	+2+64000
07	$K_{z_{py}}$	1	$+0.1 \cdot 10^{+1}$	+1+10000	17	t	0.5	$+0,5 \cdot 10^0$	+0+50000
08	t	250	$+0.250 \cdot 10^{+3}$	+3+25000	18	x_{py}	1	$+0,1 \cdot 10^{+1}$	+1+10000
09	f_{no}	2500	$+0.250 \cdot 10^{+4}$	+4+25000	19	Δx	10	$+0,1 \cdot 10^{+2}$	+2+10000
10	f_{no}	2000	$+0.200 \cdot 10^{+4}$	+4+20000	20	K	1	$+0,1 \cdot 10^{+1}$	+1+10000

Т а б л и ц а II

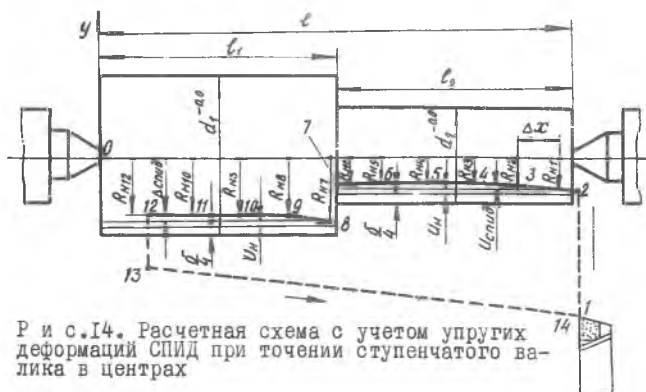
№ п.п.	К о д			Адрес	О п е р а ц и я	№ п.п.	К о д			Адрес	О п е р а ц и я
	2	3	4				1	2	3		
00	Цт	06	02		S_0	I4	4т	06	12	x	
01	лп	27			$лп S_0$	I5	Дел	05	08	$\frac{x}{l}$	
02	Умн	04	03		$Уру лп S_0$	I6	3л	07	62	$\frac{x}{l} \rightarrow 62 яч$	
03	exp	26			$S^{Уру}$	I7	Вмч 2	03	86	$1 - \frac{x}{l}$	
04	Умн	04	01		$Сру S_0$	I8	3л	07	23	$(1 - \frac{x}{l}) \rightarrow 23 яч$	
05	3л	07	60		$Сру S_0^{Уру} \rightarrow 60 яч$	I9	Умн	04	23	$(1 - \frac{x}{l})^2$	
06	4т	06	04		НВ	20	Дел	05	09	$(1 - \frac{x}{l})^2$	
07	лп	27			лп НВ	21	Умн	04	60	$лп S_0 \frac{x}{l} C = N$	
08	Умн	04	05		$лру лп НВ$	22	Умн	04	20	$НК = a$	
09	exp	26			НВ $лру$	23	3л	07	23	$a \rightarrow 23 яч$	
10	Умн	04	60		$Сру S_0^{лру} НВ = A$	24	4т	06	62	$\frac{x}{l}$	
11	Умн	04	06		А. Курру	25	Умн	04	62	$(\frac{x}{l})^2$	
12	Умн	04	07		А. Курру Кзру = С	26	Дел	05	10	$(\frac{x}{l})^2 = M$	
13	3л	07	61		С \rightarrow 61 яч						

Продолжение таблицы II

I	2	3	4	5	I	2	3	4	5
27	УМН	04	60	МС	42	Дел	05	15	$\frac{(t-x)^2 64}{\pi D_{np}^3}$
28	УМН	04	20	МСК	43	Дел	05	15	$\frac{(t-x)^2 64}{\pi D_{np}^4}$
29	Зп	07	62	МСК → 62 яч	44	УМН	04	12	$\frac{x(t-x)^2 64}{\pi D^4}$
30	УМ	06	60	С	45	УМН	04	12	$\frac{x^2(t-x)^2 64}{\pi D_{np}^4}$
31	УМН	04	20	СК	46	Дел	05	13	$\frac{x^2(t-x)^2 64}{\pi D_{np}^5}$
32	Дел	05	11	$\frac{СК}{f_{суп}}$	47	Дел	05	08	$\frac{x^2(t-x)^2}{3EJ} = \varphi$
33	Зп	07	24	$\frac{СК}{f_{суп}} \rightarrow 24 яч$	48	Дел	05	20	$\frac{\varphi}{l}$
34	УМ1	06	08	С	49	УМН	04	60	$\frac{\varphi K}{l}$
35	Войч	02	12	С-х	50	СЛОЖ	04	23	$\frac{x^2(t-x)^2 СК}{3EJl} = A$
36	Зп	07	25	$(t-x) \rightarrow 25$	51	СЛОЖ	01	62	$A + \frac{(t-x)^2 СК}{f_{суп}} = B$
37	УМН	04	25	$(t-x)^2$	52	СЛОЖ	01		$B + \frac{(t-x)^2 СК}{f_{суп}} = Z$
38	Дел	05	81	$\frac{(t-x)^2}{\pi} = \theta$					
39	Дел	05	15	$\frac{\theta}{D_{np}}$					
40	Дел	05	15	$\frac{\theta}{D_{np}^2}$					
41	УМН	04	16	$\frac{ВБЧ}{D_{np}}$					

Окончание таблицы II

I	2	3	4	5	I	2	3	4
53	Слож	01	24	$z + \frac{C_k}{I_{сум}} = \Pi$	65	вхр	26	$t^{x_{k-1}}$
54	Слож	01	86	$n+1$	66	умн	04	$= \Delta \text{слр}$
55	3п	07	75	$(n+1) \rightarrow 75 \text{ яч}$	67	ост	01	решить $\Delta \text{слр}$
56	4п	06	86	1	68	4п	06	x_{k-1}
57	Дел	05	75	$\frac{1}{n+1}$	69	Слож	01	$x_{k-1} + \Delta x = x_k$
58	3п	07	75	$\frac{1}{n+1} \rightarrow 75 \text{ яч}$	70	3п	07	$x_k \rightarrow 12 \text{ яч}$
59	4п	06	86	1	71	Выв1	02	$x_k \rightarrow l$
60	Выв	02	75	$1 - \frac{1}{(n+1)}$	72	Выв1	02	$x_k - (l + \Delta x)$
61	3п	07	75	$(1 - \frac{1}{n+1}) \rightarrow 75 \text{ яч}$	73	ум1	00	Если $x_k - (l + \Delta x) < 0$, то в 00
62	4п	06	17	z	74	ост	01	Если $x_k - (l + \Delta x) > 0$ то в 74
63	лп	27	17	lnt	74	ост	01	решить $x_k - (l + \Delta x)$
64	умн	04	18	$x_{py} lnt$	75	ост	00	



Р и с.14. Расчетная схема с учетом упругих деформаций СПИД при точении ступенчатого валика в центрах

Расчет погрешности обработки $\Delta_{спд}$ произведен при глубине резания $t = 0,05; 0,2; 0,75$ мм.

Результаты расчета приведены в табл. 12

Т а б л и ц а 12

$d_{np} = 25$ мм				$d_{np} = 25$ мм			
l	t			l	t		
	0,05	0,2	0,75		0,05	0,2	0,75
0	0,019	0,066	0,2П	130	0,0295	0,102	0,335
10	0,019	0,066	0,218	140	0,0293	0,101	0,333
20	0,0195	0,0675	0,221	150	0,029	0,1	0,328
30	0,02	0,07	0,231	160	0,028	0,098	0,32
40	0,021	0,074	0,243	170	0,027	0,095	0,31
50	0,022	0,078	0,257	180	0,026	0,091	0,3
60	0,024	0,083	0,27	190	0,025	0,087	0,28
70	0,025	0,087	0,29	200	0,024	0,083	0,27
80	0,026	0,092	0,3	210	0,023	0,079	0,26
90	0,027	0,095	0,31	220	0,022	0,076	0,25
100	0,028	0,098	0,32	230	0,02	0,074	0,24
110	0,29	0,1	0,33	240	0,02	0,074	0,24
120	0,0294	0,102	0,33	250	0,02	0,073	0,24

Анализ погрешностей обработки, приведенных в табл. 12, показывает, что точение ступенчатого валика ($d_{np} = 25$ мм) резцом с главным углом в плане $\varphi = 45^\circ$ и радиусом закругления вершины резца $r = 2$ мм приводит к большому искажению геометрической формы обработанной поверхности. Частично повысить точность обработ-

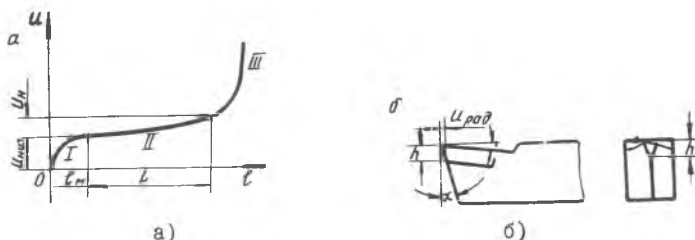
ки можно за счет применения резцов с увеличенными углами: φ до 90° , $\gamma > 10^\circ$ и $z > 2$ мм.

Применение станков с числовым программным управлением позволяет повысить точность обработки и производительность за счет движения резца по зеркальному изображению образующей обработанной поверхности детали.

3. Расчет погрешностей обработки, связанных с износом режущего инструмента

Износ режущего инструмента при работе на настроенных станках, в том числе и на токарных станках с числовым программным управлением, приводит к возникновению переменной систематической погрешности обработки, часть которой может быть учтена при расчете настроечных размеров и управляющей программы, а другая часть - при расчете количества подналадок.

При обработке детали за счет радиального износа резца увеличивается размер обработанной поверхности. В начальный период работы резец изнашивается особенно интенсивно (рис. 15, а, I участок кривой) за счет сглаживания микронеровностей. На величину и на продолжительность начального износа $u_{нач}$ влияют механические и физические свойства обрабатываемого материала детали и режущего инструмента, класс чистоты режущих кромок, зависящий от технологии заточки и доводки, и режимы резания. Обычно начальный износ протекает на длине пути в пределах 500-2000 мм (первая цифра - для резцов хорошо доведенных, вторая - для заточенных).



Р и с. 15. Зависимость размерного износа резца от пройденного пути: I - начальный износ; II - нормальный износ; III - катастрофический износ

износ, соответствующий II-му участку кривой, является нормальным. Интенсивность этого периода износа характеризуется относительным удельным износом u_0 (мкм/км) и определяется соотношением

$$u_0 = \frac{u_n}{L}, \quad (31)$$

где u_n - величина нормального радиального износа резца, мкм;
 L - путь резания, соответствующий нормальному износу резца, км.
 Длина пути резания в период нормального износа при обработке стали резцами TISK6 может достигнуть 50000 мм. Эта величина рассчитывается по следующей зависимости:

$$L = \frac{\pi d \ell}{1000 S_0},$$

где d - диаметр обрабатываемой детали, мм; ℓ - длина обрабатываемой поверхности, мм; S_0 - подача резца, мм/об; L - величина пути резца, км.

Если значения u_0 и $u_{н.из}$ (табл. 13) известны, то размерный износ u резца при обработке Q деталей можно определить по формуле

$$u = u_{н.из} + \frac{u_0 \pi d \ell Q}{1000 S_0}, \quad (32)$$

где Q - количество деталей.

Для обеспечения точности обработки деталей на токарных станках с ЧПУ необходимо периодически производить принудительную смену резцов и осуществлять подналадку после обработки рассчитанного количества деталей.

Зная допустимый радиальный износ резца, исходя из точности обрабатываемой поверхности детали можно определить количества деталей, обрабатываемых между подналадками:

$$Q_{под} = \frac{(U_{р.уз} - U_{н.уз}) 10^6 S_0}{U_0 \pi \Sigma d \ell}, \quad (33)$$

где $U_{р.уз}$ - допустимый радиальный износ резца с учетом допуска на обрабатываемую поверхность, мкм;

d, ℓ - диаметры и длины обрабатываемых ступеней детали.

допустимый радиальный износ резца с учетом допуска на деталь должен быть:

$$U_{р.уз} < \frac{\sigma}{2},$$

где σ - допуск на обрабатываемую поверхность.

исходя из допустимого полного износа резца $u_{п.уз}$ определяется количество деталей, обрабатываемых до смены резца:

$$Q_{ср} = \frac{(U_{п.уз} - U_{н.уз}) 10^6 S_0}{u_0 \pi \Sigma d \ell}, \quad (34)$$

где Q_{cp} - количество деталей, обработанных до полного износа реза, мкм.

Значения допустимого радиального износа проходных, подрезных и расточных резцов приведены в табл. 13.

Величину допустимого радиального износа реза до полного его использования можно вычислить, зная нормативный износ u_n по задней грани h и угол α (рис. 15):

$$u_{n.uz} = h \operatorname{tg} \alpha \quad (35)$$

Т а б л и ц а 13

Характер обработки	Передний угол реза, γ	Марка твердого сплава	Допустимый износ реза	
			по задней грани h , мм	радиальный износ $u_{n.uz}$, мм
Сталь, стальное литье и цветные сплавы [17]				
Черновое точение	8	Т15К6	0,8 - I	0,11-0,14
	15			0,21-0,27
Чистовое точение	8	Т15К6	0,4-0,6	0,06-0,08
	10	Т30К4		0,07-0,11
	15	Т60К6		0,11-0,16
Титановые сплавы [12]				
Черновое точение	10	BK8	0,5-0,7	0,09-0,12
	15			0,13-0,19
Чистовое точение	10	BK2	0,3-0,4	0,05-0,07
	15			0,08-0,11

Значения начального и относительного износа резцов при чистовом точении приведены в табл. I4.

Т а б л и ц а I4

Обрабатываемый материал	Материал режущего инструмента	Режим резания			Начальный износ U_n , из. мкм	Относительный износ U_o , мкм/кмм
		глубина резания t , мм	подача S_p , мм/об	скорость резания v , м/мин		
Сталь легированная $\sigma_s = 92 \text{ кг/мм}^2$	T60K6				2	2
	T30K4	0,5	0,2I	135	2	3,5
	T15K6				4	8,5
Сталь легированная, термически обработанная $\sigma_s = 110 \text{ кг/мм}^2$	T30K4	2	0,3	150	7	6
	T15K6	2	0,3	100	13	10
Ст. 45	T60K6				3	2,5
	T30K4A	0,3	0,1	485- -463	4	3,0
	T30K4				4	2,8
	T15K6T				5	20

Г л а в а Ш

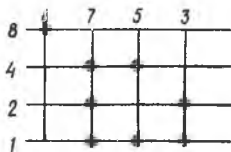
КОДИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ

При составлении управляющих программ для обработки деталей на токарных или фрезерных станках с ЧПУ всю технологическую информацию необходимо переводить 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, вращение шпинделя, подачу и смену инструмента, а цифры определяют параметры функций - величину перемещения, скорость вращения шпинделя, величину подачи, номер инструмента и т.п.

1. Кодирование цифровой информации

Для кодирования цифровой информации применяется двоично-десятичный код (например, 8-4-2-1). Информация пробивается на перфоленте или записывается на магнитную ленту по четырем дорожкам. Расшифровывается закодированное число суммированием числовых значений отверстий, пробитых в данной строке перфоленты (рис. 16). Например, число 8753 запишется путем пробивки цифры 8 на первой строке, цифры 7 на второй строке ($4+2+1=7$) и т.д.



Р и с. 16

В программном управлении могут применяться коды с другими числовыми значениями отверстий, пробитых в каждой из четырех дорожек.

Наиболее просто строятся электронные преобразователи для кодов, в которых сумма

числовых значений отверстий всех четырех дорожек равна девяти, например, код 5I2I, используемый в линейно-кодовом преобразователе ЛКП-02.

При подготовке программы и ее считывании возможны ошибки - может быть пробито одно лишнее отверстие или, наоборот, не пробито, необходимое, что иногда является причиной брака детали или аварии станка.

В коде 8-4-2-I цифры в двоичном счислении 3-5-6-9 кодируются четным числом пробивок, а числа 1-2-4-7-8 - нечетным числом. Для уменьшения ошибок на пятой дорожке пробивается дополнительное отверстие, чтобы число пробивок у цифр 3-5-6-9 было нечетным. Такой способ записи позволяет задать машине дополнительную команду. Если в очередной строке ленты считано нечетное число сигналов, то пульт управления выполняет полученную команду, а если считано четное число пробивок, то пульт управления получает команду "Стоп".

Коды, в которых с помощью описанного метода возможна проверка правильности считывания, называются защищенными.

Запись десятичных чисел специальными кодами производится следующим образом.

Десятичная цифра	Код 5-1-2-1	Код 8-4-2-1	Десятичная цифра	Код 5-1-2-1	Код 8-4-2-1
0	0	0	5	I000	0 I 0 I
1	000I	000I	6	I00I	0 I I 0
2	00I0	00I0	7	I0I0	0 I I I
3	0I10	00II	8	I0II	I 0 0 0
4	0III	0I00	9	IIII	I 0 0 I

2. Коды, используемые для программирования

В отечественных системах ЧПУ наиболее распространены системы кодирования БЦК-5, разработанные ЭНИМСом, и ГОСТ 13052-67 в части латинского регистра, соответствующие коду ИСО-7бит.

А. Буквенно-цифровой код БЦК-5 применяется для записи информации в виде адресов и числовых величин на пятидорожечной бумажной перфоленте шириной 17,5 мм, для чего дорожкам 1,2,3,4 соответственно приданы веса 1,2,4 и 8. Для кодирования любой числовой информации каждой цифре поперек ленты отводится строка с такой перфорацией отверстий на соответствующих дорожках, чтобы сумма весов всех отвер-

ствий в строке равнялась кодируемому числу. Адреса кодируются перфорацией отверстия на пятой дорожке, обозначающей признак буквы и определенной цифры в той же строке перфоленты.

В коде БЦК-5 для обнаружения ошибок используется метод контроля правильности считывания информации по модулю 9 или 10 (в зависимости от системы ЧПУ). Это означает, что в любом кадре сумма всех цифр и цифровых аналогов адресов дополняется до величины, кратной модулю, специальным контрольным числом, записываемым в начале кадра. В табл. 15 приведены значения цифровых аналогов адресов (Н-нуль, Е - единица, Д - двойка и т.д.) и рекомендуемые значения символов адресов. Запись цифровой и буквенной информации произведена на пятидорожечной телеграфной ленте кодом БЦК-5.

Т а б л и ц а 15
Кодовое обозначение БЦК-5

Сим- вол	К о д					Сим- вол	К о д					Буквенные сим- волы, для коди- рования адре- сов
	5	4	3	2	1		5	4	3	2	1	
	Вес пробивки						Вес пробивки					
	8	4	2	1		8	4	2	1			
0	0	0	0	0	0	Н	1	0	0	0	0	Конец кадра
1	0	0	0	0	1	Е	1	0	0	0	1	Перемещение по оси X
2	0	0	0	1	0	Д	1	0	0	1	0	Перемещение по оси Y
3	0	0	0	1	1	Т	1	0	0	1	1	Перемещение по оси Z
4	0	0	1	0	0	К	1	0	1	0	0	Номер кадра
5	0	0	1	0	1	П	1	0	1	0	1	Величина подачи
6	0	0	1	1		Ш	1	0	1	1	0	Скорость ввин- дения
7	0	0	1	1	1	С	1	0	1	1	1	Смена инструмен- та
8	0	1	0	0	0	В	1	1	0	0	0	Вычисление охлаж- дения
9	0	1	0	0	1	Я	1	1	0	0	1	Конец программы

Б. Код ИСО-7бит содержит значительно больше символов (по сравнению с кодом БЦК-5) в связи с использованием восьмидорожечной перфоленты шириной 25,4 мм, что позволяет увеличить объем запрограммированной информации. Вся информация в виде адресов, числовых величин и

вспомогательных символов кодируется перфорацией отверстий на семи дорожках перфоленты. Для контроля правильности считывания информации количество отверстий в каждой строке дополняется до четного числа перфораций отверстия на восьмой дорожке (контроль по честности).

Кодируемым символам (адресам) соответствуют определенные функции станка, которые зависят от системы ЧПУ и типа станка.

В системах ЧПУ наиболее распространены символы и их кодовые комбинации, приведенные в табл. 16. В таблице дано обозначение ИСО-7бит на перфоленте.

3. Программирование

Обрабатываемая поверхность детали может быть ограничена прямыми линиями, частью окружности, параболой или какой-либо иной кривой. Наиболее часто встречаются детали, поверхности которых ограничены прямыми линиями и частью окружности. В связи с этим будет рассмотрена методика расчета управляющих программ для обработки поверхностей, ограниченных прямыми линиями и частью окружности.

Программирование прямой линии. Рассмотрим программирование прямой линии, не параллельной ни одной из осей, как наиболее общий случай (рис. 17). Программирование прямой линии, не параллельной осям x , y и заданной координатами начальной и конечной точек, сводится к нахождению координатных разностей по осям.

Дано: точки $A(x_1, y_1)$, $B(x_2, y_2)$.

Определяются координатные разности:

$$\Delta x = x_2 - x_1;$$

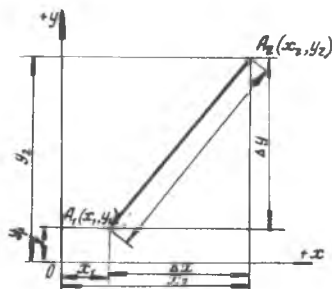
$$\Delta y = y_2 - y_1.$$

Если прямая линия параллельна одной из осей, то координатная разность по другой оси будет равна нулю. Значения координатной разности записаны в табл. 17.

Найденные величины координатных разностей (мм) пересчитываются в электрические импульсы по следующей зависимости:

$$N_x = \frac{\Delta x}{h_x}; \quad N_y = \frac{\Delta y}{h_y}, \quad (36)$$

где h_x, h_y - цена электрического импульса по соответствующей координате.



Р и с. 17. Схема для расчета координат опорных точек при программировании прямой линии

Кодовые обозначения ИСО-7бит

Символ	Комбинация перфораций на дорожках									Значение символа для пульта управления "Программатор ЭМ-907"
	8	7	6	5	4	Такт	3	2	1	
	Бес пробивки									
					8		4	2	1	
%	0		0				0		0	Вспомогательный символ
.			0	0	0			0		Остановка обратной перемотки ленты
K		0			0		0	0		Порядковый номер кадра
/	0		0		0		0	0	0	Пропуск кадра
G		0					0	0	0	Подготовительная операция записывается в адресах X или Z
x	0	0		0	0					Перемещение суппорта в поперечном направлении
Z		0		0	0			0		Перемещение суппорта в продольном направлении
J	0	0			0				0	Шаг резьбы по оси x
K		0			0			0	0	Шаг резьбы по оси z
F	0	0					0	0		Подача
S		0		0				0	0	Число оборотов шпинделя
T	0	0		0			0			Смена инструмента
M		0			0		0		0	Вспомогательная команда
LF					0			0		Конец кадра
+			0		0			0	0	Направление перемещения от торца планшайбы и оси станка
-			0		0		0		0	Направление перемещения к торцу планшайбы и оси станка
0			0	0						
1	0		0	0					0	
2	0		0	0				0		
3			0	0				0	0	
4	0		0	0			0			
5			0	0			0	0	0	
6			0	0			0	0	0	
7	0		0	0			0	0	0	
8	0		0	0	0					
9			0	0	0				0	

принимается в следующих пределах: $\delta_n = (0,05 - 0,2) \sigma$;

$\nabla 3 - \delta_n = 0,08$; $\nabla 4 \delta_n = 0,04$; $\nabla 5 \delta_n = 0,02$; $\nabla 6 \delta_n = 0,01$.

При черновых проходах угол аппроксимации $\Delta \varphi$ следует округлять в большую сторону, а при чистовых проходах — в меньшую.

Вершина резаца при точении криволинейной поверхности будет перемещаться по элементарным прямолинейным участкам АВ, ВС и т.д. При этом на каждом участке возникают приращения по координатам Δx_i , $\Delta y_i, \dots, \Delta x_n, \Delta y_n$. После определения угла аппроксимации $\Delta \varphi$ и при известных начальных y_0 и конечных y_k значениях угла обработки производится вычисление координат опорных точек на окружности (рис.29) Уравнение окружности рассматривается в параметрической форме:

$$x = R \cos \varphi;$$

$$y = R \sin \varphi.$$

Расчет координат опорных точек на части окружности от φ_0 до φ_k производится по следующим зависимостям:

$$x_0 = R \cos \varphi_0, \quad y_0 = R \sin \varphi_0;$$

$$x_1 = R \cos (\varphi_0 + \Delta \varphi), \quad y_1 = R \sin (\varphi_0 + \Delta \varphi);$$

$$x_{k-1} = R \cos (\varphi_0 + (k-1) \Delta \varphi), \quad y_{k-1} = R \sin (\varphi_0 + (k-1) \Delta \varphi);$$

$$x_k = R \cos \varphi_k, \quad y_k = R \sin \varphi_k.$$

Далее находятся приращения по осям x и y :

$$\Delta x_0 = |x_1 - x_0|, \quad \Delta y_0 = |y_1 - y_0|;$$

$$\Delta x_1 = |x_2 - x_1|, \quad \Delta y_1 = |y_2 - y_1|;$$

$$\Delta x_{k-1} = |x_k - x_{k-1}|, \quad \Delta y_{k-1} = |y_k - y_{k-1}|.$$

При расчете опорных точек возможен случай, когда $\varphi_k - \varphi_0 = \kappa \Delta \varphi$, где κ — целое натуральное число, т.е., как показывает расчет, последний угол оказывается меньше принятого шагового угла $\Delta \varphi$. При этом значение последнего участка аппроксимации берется меньшим принятого шагового угла $\Delta \varphi$.

Приращение прямолинейных участков аппроксимации (мм) переводится в электрические импульсы по методике, изложенной для прямой линии.

При переводе величины прямолинейного участка аппроксимации в импульсы могут возникнуть следующие случаи:

$$1 \quad \frac{\Delta x}{h_x} = N_x \quad 2 \quad \frac{\Delta x}{h_x} = N_x + \psi,$$

где ψ — остаток.

Если $\psi > 0,5$ цены импульса, то к величине N_x прибавляется единица, а с последующего участка вычитается величина $h_x - \psi$.

Если $\psi < 0,5$ цены импульса, то ψ запоминается, чтобы прибавить эту величину к следующему участку аппроксимации.

Г л а в а I V

РАСЧЕТ УПРАВЛЯЮЩИХ ПРОГРАММ ДЛЯ ТОКАРНЫХ СТАНКОВ АТр - 2М12

I. Назначение станка

Подуавтомат токарный для патронных работ с магазином на 12 инструментов предназначен для мелкосерийного и опытного производства. Он применяется при токарной обработке деталей средних размеров, дисков, колец, муфт и т.д. диаметром до 250 мм, длиной до 200 мм.

Детали закрепляются в трехкулачковом патроне типа ПК-250 и обрабатываются в автоматическом цикле по 2-му и 3-му классу точности.

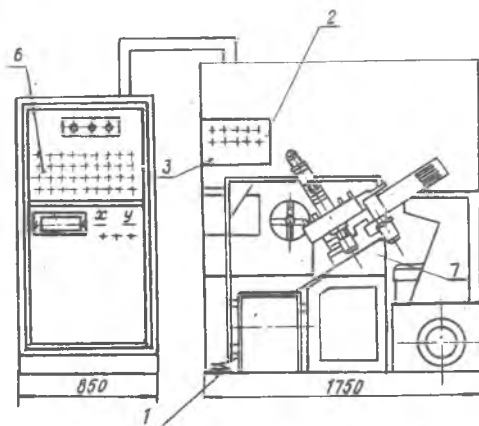
На станке можно производить сверление, зенкерование, обточку цилиндрических, конических и фасонных поверхностей, проточку наружных и внутренних канавок.

Станок укомплектован пультом управления "Салют-2М". Для кодирования технологической информации применяется буквенно-цифровой код БЦК-5.

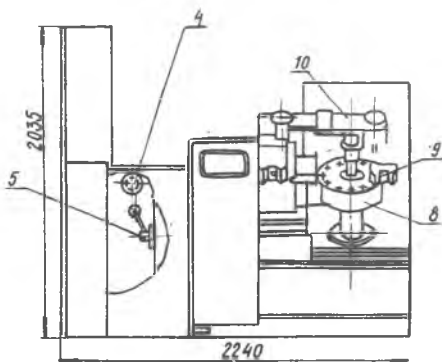
На рис. 19 показан общий вид станка.

Техническая характеристика станка

Наибольший диаметр обработки над кареткой, мм	250
Наибольший диаметр обработки над суппортом, мм	160
Наибольшее продольное перемещение каретки, мм	230
Наибольшее поперечное перемещение суппорта, мм	170
Количество скоростей шпинделя (от 70 до 1780)	16
Пределы подач, мм/об:	
в продольном направлении	0,05-0,7
в поперечном направлении	0,025-0,35



а



б

Р и с.19.Общий вид станка АТПр-2М12:

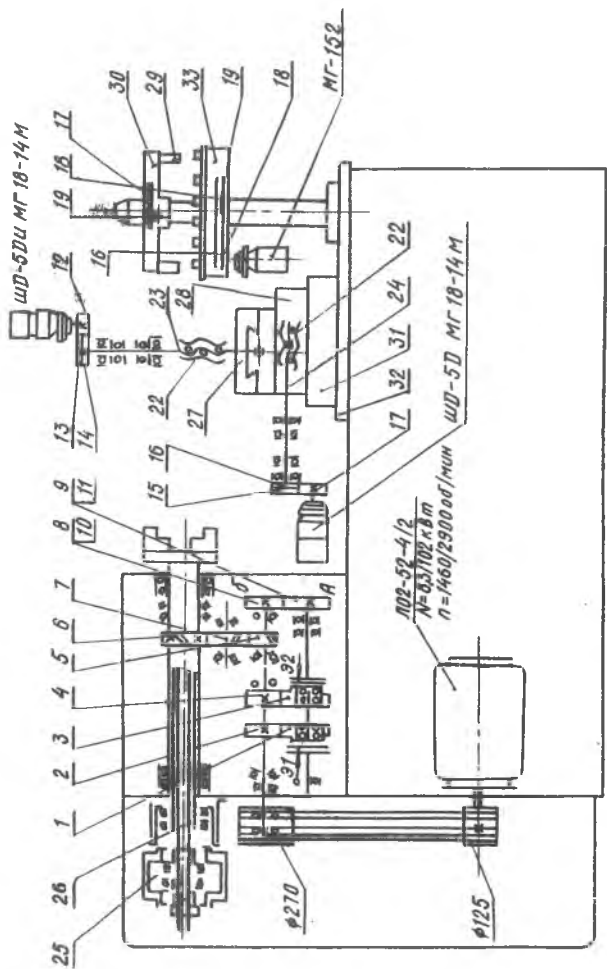
1 - педаль для гидрозжима детали; 2 - пульт управления; 3 - кнопка стоп; 4 - электроконтактный манометр управления; 5 - рукоятка для выбора зажима детали (работа патрона на зажим или отжим); 6 - логика 2М (система цифрового программного управления); 7 - проставка для установки крестового суппорта; 8 - магазин на 12 инструментов; 9 - инструментальный блок; 10 - узел захвата инструментальных блоков и их кругового перемещения в рабочую зону

Быстрое перемещение, мм/мин	
каретки	2400
суппорта в поперечном направлении	1200
Цена электрического импульса, мм	
при продольном перемещении	0,01
при поперечном перемещении	0,005
Количество инструментов, корректируемых на размер по осям x, y, шт	4
Величина коррекции, мм	
по оси x	$\pm 0,99$
по оси y	$\pm 0,495$
Число инструментов на станке, шт	13
Число инструментов в магазине, шт	12
Положение нулевой точки инструментального блока, мм:	
по оси x от торца патрона	281
по оси y от оси вращения шпинделя	150
Мощность электродвигателей, кВт	
двухскоростного электродвигателя привода шпинделя	8,3/10,2
привода насосной станции	3
привода насоса охлаждения	0,25
Усилие на зажим и разжим детали, кг	3700
Габариты станка: длина, ширина, высота, мм	2240x1750x2035
Вес станка, кг	4000

2. Краткое описание станка

Привод. На рис. 20 приведена кинематическая схема станка. От двухскоростного электродвигателя ($N_e = 8,3/10,2$ кВт, $n = 1460/2900$ об/мин) посредством клиноременной передачи вращение передается на приемный шкив передней бабки.

От вала приемного шкива через шестерни 1-2 ($z_{1,2} = 67$) или 3-4 ($z_3 = 35, z_4 = 99$), в зависимости от того, какая из электромагнитных муфт (Э1 или Э2) включена, и далее - через сменные шестерни А, Б и косозубые шестерни 5-6-7 ($z_5 = 39, z_6 = 64, z_7 = 64$) вращение передается на шпиндель станка. Наличие двухскоростного электродвигателя двух электромагнитных муфт Э1 и Э2 и двух сменных шестерен обеспечивает получение на шпинделе четырех диапазонов чисел оборотов - по четыре скорости в каждом диапазоне. В табл. 18 приведены числа оборотов шпинделя станка. Шпиндель реверсируется и может быть заторможен одновременным включением электромагнитных муфт Э1 и Э2, которые создают механический замок.



Р и с. 20. Кинематическая схема станка АДП-2М12

Т а б л и ц а 18

№ ступени	Число оборотов электродвигателя, об/мин	Электромашинная муфта	Сменные шестерни		Число оборотов, мин		Наибольший допустимый крутящий момент, кгм	Мощность на шпинделе, кВт		ВПД
			А	Б	прямое вращение	обратное вращение		по приводу	по более слаботочному звену	
1	1460	Э1			70	70	60	6,5		0,8
2	2900		43	91	140	140	39	7		
3	1460	Э2			199	199	25	6,5		
4	2900				398	398	14	7		
5	1460	Э1			98	98	51,5	6,5		
6	2900		53	81	195	195	28	7		
7	1460	Э2			275	275	18,5	6,5		
8	2900				550	550	9,9	7		
9	1460	Э1			226	226	17,5	6,5		
10	2900		81	53	455	455	12	7		
11	1460	Э2			643	643	7,8	6,5		
12	2900				1290	1290	4,2	7		
13	1460	Э1			315	315	16	6,5		
14	2900		91	43	630	630	8,6	7		
15	1460	Э2			890	890	5,6	6,5		
16	2900				1780	1780	3,06	7		

На задней стороне передней бабки установлен невращающийся гидроцилиндр 25 (см.рис.20) зажима обрабатываемого изделия. Зажим изделия осуществляется в патроне или в специальном приспособлении посредством штанги 26, связанной с поршнем гидроцилиндра. Максимальное тяговое усилие на штоке при работе патрона на зажим и разжим составляет 3700 кг, оно регулируется за счет изменения давления жидкости.

Суппорт крестовый. Крестовый суппорт состоит из двух отдельных независимых друг от друга столиков - верхнего 27 и нижнего 28 суппорта. Крестовая конструкция суппорта позволяет режущему инструменту перемещаться в продольном и поперечном направлениях. С помощью гидросилителей моментов МГ18-14М, золотник которых управляется шаговым

электродвигателем ШД-5Д и шариковыми винтовыми парами 22, продольные салазки могут перемещаться на 230 мм, а поперечные - на 170 мм.

Как верхний, так и нижний суппорт имеют 3I рабочую подачу и переключаются в автоматическом цикле в диапазоне от 0,05 до 0,7мм/об через каждые 0,05 мм/об. Быстрое перемещение суппорта осуществляется в продольном направлении по координате x со скоростью 2,4 м/мин по оси y со скоростью 1,2 м/мин.

Салазки нижнего продольного суппорта скользят по закаленным плоским направляющим, а салазки верхнего поперечного суппорта - по направляющим "ласточкин хвост". Как те, так и другие направляющие снабжены регулируемыми клиновыми планками и защищены от попадания стружки и эмульсии телескопическими листовыми щитками.

Верхний суппорт имеет стол с т-образными пазами для ориентировки и закрепления стойки зажима инструментальных блоков.

Механизм смены инструмента. Механизм смены инструмента включает в себя узел магазина инструмента 29, узел захвата 30 инструментальных блоков и их кругового перемещения, гидроцилиндр вертикального перемещения инструментальных блоков и блок переключателей I7.

Блок переключателей. Блок переключателей I7 представляет собой корпус, изготовленный из двух полуколец. Через резиновые прокладки эти полукольца двумя винтами закрепляются на верхней цилиндрической части гильзы гидроцилиндра механизма смены инструмента. В одном полукольце в шахматном порядке смонтированы 9 микропереключателей (МП-9) при нажиме на них кодовыми дорожками сухарей (рис. 2I) инструментальных блоков (рис. 22), они подают сигналы на блок схемы совпадения "Салют-2М".

В табл. I9а приведено кодовое обозначение инструментальных блоков.

Система "Салют 2М". Шагово-импульсная система цифрового программного управления "Логика 2М" с линейным интерполятором служит для работы с шаговыми приводами и устройством для смены инструмента. Система позволяет:

1. Управлять одновременно двумя координатами.
2. Включать 3I скорость рабочих подач.
3. Осуществлять плавный разгон и останов шаговых электродвигателей при быстрых подачах.
4. Включать и выключать 8 скоростей главного привода.
5. Осуществлять поиск инструмента по кодовому признаку.

6. Включать две технологические команды.

7. Корректировать размер четырех инструментов по двум координатам в обоих направлениях до 0,99 мм.

8. Осуществлять по программе выдержку времени от десятых долей секунды до нескольких минут.

9. Производить останов работы по программе и пуск ее без сброса.

10. Устанавливать ручное управление шаговыми двигателями и системой вывода в "0".

11. Визуально наблюдать номер кадра, вписанного в оперативную память.

Прибор для настройки инструмента. Инструмент крепится в инструментальные блоки, которые представляют собой резцодержатель с базовыми поверхностями для режущего инструмента. Применяются только два типа резцодержателей: в резцодержатель первого типа устанавливаются резцы для обработки наружных и внутренних поверхностей; в резцодержателе второго типа - сверла, зенкеры, развертки, а в оправку-резцы для проточки наружных канавок (рис. 22).

Инструменты выставляются в блоках относительно нулевой точки суппорта с точностью $\pm 0,002$ мм, измеренной на специальном оптическом приборе для настройки режущего инструмента (рис. 23).

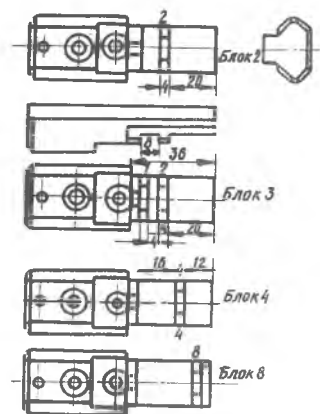
В карте наладки указывается положение режущей кромки инструмента относительно нулевой точки суппорта, положение которой указывается в паспорте станка.

Прибор для настройки резцов настраивается по эталону. Эталон 2 устанавливается на базовую деталь 3 и закрепляется с помощью эксцентрикового зажима 4. Перемещая плиту 6, можно добиться совпадения базовых граней эталона с центральным перекрестием 5 окуляра 7, укрепленного в кронштейне 1.

Далее фиксируется положение инструмента по нониусу - вместо эталона устанавливается блок с резцами, вершина резца выставляется под перекрестие окуляра. При этом размеры С и Д выдерживаются с точностью $\pm 0,002$ мм (они приведены в карте наладки).

Порядок включения станка (рис. 24)

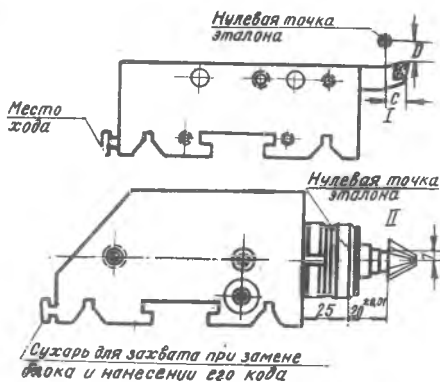
1. Питание станка включается с помощью переключателя, находящегося на левой стенке силового шкафа управления станком. При включенном питании на пульте загорается лампочка "Сеть".



Р и с. 21. Сухарь для захвата
одока и нанесения его кода

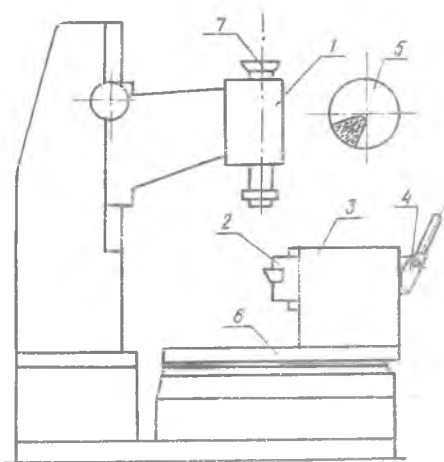
Т а б л и ц а 19а

№ Блок	Код цифр				
	0	1	4	2	10
Код блока					
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					



Р и с. 22. Инструментальные блоки:
I - для установки резцов;
II - для установки сверл, зенкеров

№ Блок	Код цифр				
	0	1	4	2	10
Код блока					
20					
21					
30					
31					
40					
41					
50					
51					
52					
60					
61					



Р и с.23. Оптический прибор для настройки режущего инструмента в инструментальных блоках:

1 - кронштейн для установки оптической трубы; 2 - инструментальный блок; 3 - оазовая деталь для установки и закрепления инструментальных блоков; 4 - устройство для закрепления инструментальных олоков; 5 - положение режущего инструмента в перекрестии окуляра; 6 - подвижный столик; 7 - оптическая труба

2. Нажатием на кнопку "Сеть" питание подается на систему управления станком. При этом загорается лампочка подсвета фотосчитывающего устройства.

3. Нажатием на кнопку "Сброс" производится сброс всех триггеров в системе, при этом на панели Логика-2 загорается лампочка "Конец программы". Индикация включения обмоток шаговых двигателей должна показывать нулевую фазу, а индикация номера кадра - "000".

4. Тумблер "Зажим-Отжим" инструмента устанавливается в положение "Отжим".

5. Нажимается кнопка "Гидравлика пуск". На пульте загорается лампочка "Гидропривод включен".

6. Тумблер "Зажим-Отжим" инструмента переводится в положение "Зажим".






















7. Переключатель "Автомат-наладка" ставится в положение "Наладка".

8. Переключатель "Переключение скоростей" ставится в положение "А".

9. Переключатель "Генератор быстро-медленно" ставится в положение "W - быстрая подача" и кратковременным включением тумблера "Вперед-назад" по оси x и "Вперед-назад" по оси y в направлении от детали добиваются загорания лампочек "+X" и "+Y".

Ю. Нажимается кнопка "Выход в 0". При этом должны погаснуть лампочки "+X" и "+Y" и загореться лампочка "Исходное положение координат".

II. Переключатель "Автомат-наладка" ставится в положение "Автомат". При этом загорается лампочка "Автоматический цикл".

 Сеть	 Индикация координаты x в рабочей зоне	 Генератор "Автомат" "медленно", "быстро"
 Автоматический цикл	 Записк программы	 Выход в нуль
 Аварийная	 Сброс	 Гидропривод включен
Опасная зона 	Пуск блока питания 	Захват и отжим инструмента 
+y Индикация координаты y за рабочей зоной	 Наладка	 Механическая ручка
-y Индикация координаты y в рабочей зоне	 Гидравлика "пуск", "стоп"	 Поиск инструмента
Исходное положение координат 	 Переключение направления вращения шпинделя	 Вперед-назад по оси y
+x Индикация координаты x за рабочей зоной	 Переключение скоростей	 Вперед-назад по оси x

Р и с . 24

12. Переключатель "Шпиндель" устанавливается в положение "Автоматический цикл".

13. Установить переключатель "Автомат-ручное, быстро-ручное-медленно" в положение "Автоматический цикл".

14. Переключатель рода работ устанавливается на панели управления "Логика-2" в положение "Автомат".

15. Программа запускается кнопкой "Пуск".

16. Кратковременную остановку работы от программы можно осуществить установкой переключателя рода работ на панели "Логика-2" в положение "W - быстрая подача".

17. Аварийный останов движения суппортов осуществляется сбросом программы.

18. Аварийная остановка всего станка производится нажатием на кнопку "Все стоп" на оперативном пульте. Далее станок включается после отключения сетевого переключателя на боковой стенке силового шкафа.

3. Пример разработки технического задания и расчет управляющей программы при обработке валика

На рис. 25 представлен эскиз заготовки валика и чертеж детали после обработки ее на станке АТПр2М12.

Показан также путь перемещения режущего инструмента и положение режущей кромки относительно нулевой точки инструментального блока. Приведена диаграмма перемещения инструментов, на которой указана величина подачи, число оборотов шпинделя и место смены инструмента.

1. Расчет настроечных размеров.

Расчет настроечных размеров производится по методике, разработанной к.т.н. М.И.ЛАЗОРЕНКО [23]. Результаты расчета настроечных размеров приведены в табл. 19.

Т а б л и ц а 19

Обрабатываемая поверхность	Вид и условная обработка	Настроечный размер, мм	Обрабатываемая поверхность	Вид и условия обработки	Настроечный размер, мм
1	2	3	4	5	6
I	Подрезка торца $L = 110^{-0,4}$	$L_H = 119,8$	3	Подрезка $L = 80^{-0,2}$	$L_H = 89,89$

Продолжение табл. 19

1	2	3	4	5	6
2	Обточка $\phi 44,5^{-0,16}$	$R_H = 22,16$	7	Обточка $\phi 54^{-0,20}$	$R_H = 26,92$
3	Подрезка $L = 80,5^{-0,2}$	$L_H = 90,29$	8	Подрезка $L = 30^{-0,2}$	$L_H = 39,89$
5	Обточка $\phi 44,5^{-0,16}$ $\phi 58,5^{-0,12}$	$R_H = 22,16$ $R_H = 29,18$	2	Чистовое точечное $\phi 44^{-0,08}$	$R_H = 21,97$
6	Обточка $\phi 58,5^{-0,12}$	$R_H = 29,18$	6	Чистовое точечное $\phi 58^{-0,08}$	$R_H = 28,97$
8	Подрезка $L = 30,6^{-0,2}$	$L_H = 40,5$	6	Чистовое точечное $\phi 58^{-0,08}$ $L = 60^{-0,4}$	$L_H = 70,5$
4	Обточка $\phi 42^{-0,20}$	$R_H = 20,95$			

2. Расчет координат опорных точек. Для расчета координат опорных точек используются настроечные размеры, расстояние от базы станка до базовой точки инструментального блока ($x = 281$ мм, $y = 150$ мм). К обрабатываемой поверхности из нулевой точки резец подводится на быстром ходу. Чтобы не было удара резца, быстрое перемещение прекращается за 1-2 мм до обрабатываемой поверхности, а далее оно происходит с рабочей скоростью. Результаты расчета приведены в табл. 20.

Т а б л и ц а 20

Номер точки	Координаты		Номер точки	Координаты	
	x мм	y мм		x мм	y мм
I	2	3	4	5	6
0	$x_0 = 281 - 35 = 246$ (резец №1В "0" точке)	$y_0 = 150$	II	$x_{11} = 271$ (резец №2 в "0" точке)	$y_{11} = 150 - 35 = 115$
I	$x_1 = 122$	$y_1 = 0$	12	$x_{12} = 89,89$	$y_{12} = 25$
2	$x_2 = 119,78$	$y_2 = 0$.	.	.

Продолжение табл. 20

1	2	3	4	5	6
3	$x_3 = 119,78$	$y_2 = 24$.	.	.
4	$x_4 = 121$	$y_4 = 24$	24	$x_{24} = 251$	$y_{24} = 150$ (резец №6 в 6.0° точке)
5	$x_5 = 121$	$y_5 = 22,16$	25	$x_{25} = 121$	$y_{25} = 21,98$
6	$x_6 = 90,26$	$y_6 = 22,16$	26	$x_{26} = 92$	$y_{26} = 21,98$
7	$x_7 = 70,5$	$y_7 = 29,18$	27	$x_{27} = 92$	$y_{27} = 24$
8	$x_8 = 40,5$	$y_8 = 29,18$	28	$x_{28} = 251$	$y = 150$ (резец №6 в 6.0° точке)
9	$x_9 = 40,5$	$y_9 = 29,18 + 3 = 32$			
10	$x_{10} = 246$ (резец №1 в 0° точке)	$y_{10} = 150$			

Рассчитанные координаты опорных точек занесены в табл. 21. Далее по этим координатам определится величина перемещения режущего инструмента Δx , Δy в мм и в электрических импульсах. Информация в электрических импульсах о перемещении каждого резца контролируется путем суммирования положительного и отрицательного перемещения.

Таблица 21

№ точки	Координата x			Координата y		
	x мм	Δx мм	Δx импульс.	y мм	Δy мм	Δy импульс.
I	2	3	4	5	6	7
0	246			150		
1	122	-124	12400	0	- 150	- 30000
2	119,79	-2,21	-221	0	0	-
3	119,79	0	-	24	+ 24	+ 4800
4	121	+1,21	+ 121	24	0	-
5	121	0	-	22,16	-1,84	- 368
6	90,3	-30,7	-3070	22,16	0	-
7	60,5	-29,8	-2980	29,18	+7,02	+1404
8	40,5	-20	-2000	29,18	0	-

Продолжение табл. 21

I	2	3	4	5	6	7
9	40,5	0	-	32	+2,32	+564
10	246	205,5	20550	150	+118	+23600
			$\Sigma +20671 +$ $\Sigma -20671 = 0$			$\Sigma -30368 +$ $\Sigma +30368 = 0$
11	271			115		
12	89,89	-181,11	-18111	25	-20	-18000
13	89,89	0	-	-20,95	-4,05	-810
14	89,89	0	-	32	+11,05	+2210
15	39,89	-50	-5000	32	0	
16	39,89	0		26,92	-5,08	-1016
17	39,89	0		35	+8,08	+1616
18	271	+231,11	23111	115	+80	+16000
		$\Sigma +23111 +$ $\Sigma -23111 = 0$			$\Sigma +19826$	$+ \Sigma -19826 = 0$
19	251			150		
20	80	-171	-17100	28,97	121,03	-24206
21	42	-38	-3800	28,97	0	
22	42	0		32	+3,03	+606
23	251	-209	+20900	150	+118	+23600
		$\Sigma +20900 +$ $\Sigma -20900 = 0$			$\Sigma +24206$	$+ \Sigma -20206 = 0$
24	251			150		
25	121	-130	-13000	21,97	-128,03	25606
26	92	-29	-2900	21,97	0	
27	92	0		24	+2,03	+406
28	251	+159	+15900	150	+126	+25200
		$\Sigma +15900 +$ $\Sigma -15900 = 0$			$\Sigma +25606 +$	$\Sigma -25606 = 0$

4. Разработка операционной карты

В операционной карте указываются базис установки и закрепления детали, давление масла в гидроцилиндре. На основании карты наладки (см. рис.25) описывается путь и направление перемещения режущего инструмента. Кодифируется величина подачи при рабочем и холостом перемещении суппорта. Записывается код числа оборотов и направление вращения шпинделя.

Ниже приведена операционная карта обработки валика (табл.22).

Т а б л и ц а 22

Операционная карта обработки валика

№ пе- ре- хо- да	Наименование переходов	№ бло- ка	Напра- вление пере- меще- ния	Чис- ло обо- ро- тов и код	По- да- ча и код	Ох- ла- жде- ние и код	Величина пе- ремещения инструмента по координа- там	
							x	y
I	2	3	4	5	6	7	8	9
	Закрепить заготовку по поверхности 9 с упором в торец 10 (P = 18ат)							
1	Поиск блока	01						
2	Подход "0" → I		2 x, 6y	550 код 26 A = 53 B = 81	П75		12400	30000
3	Подход I → 2		2x		П54	В01	221	
4	Подрезка торца I (2 → 3)		1y		0,25 код 44			4800
5	Переход 3 → 4		1x		П54		121	
6	Переход 4 → 5		2y					368
7	Проточка поверхности 2 (5 → 6)		2x		0,25 код 44		3070	
8	Проточка поверхности 5 (6 → 7)		2x		код 44		2980	1404
9	Проточка поверхности 6 (7 → 8)		1y					
10	Отход 8 → 9		1y		код 54			564
11	Отход 9 → 10		1x, 5y		П75		19550	23600
12	Поиск блока	42						
13	Подход II → I2		6x, 2y		П75		18111	18000
14	Проточка канавки (I2 → I3)		2y		0,1 код 41			810
15	Отход I3 → I4		1y		П54			2210
16	Переход I4 → I5		2x		П75		5000	
17	Проточка канавки (I5 → I6)		2y		П41			1016

Продолжение табл. 22

1	2	3	4	5	6	7	8	9	
18	Отход 16 → 17	0,2	1 у		П54			1616	
19	Отход 17 → 18		1 х,у		П75		23III	16000	
20	Поиск блока								
21	Подход 19 → 20		2х,6у			П75		18600	24204
22	Проточка поверхности 6 (20 → 21)	0,3	2х		0,05 код 3I		3800		
23	Отход 21 → 22		1 у			П54		604	
24	Отход 22 → 23		1х,у			П75		20900	23600
25	Поиск блока								
26	Переход 24 → 25		2х,6у			П75		13000	25606
27	Проточка поверхности 2 (25 → 26)		2х			П3I		2900	
28	Отход 26 → 27		1у					406	
29	Отход 27 → 28		1х,5у				15900	25200	
30	Конец кадра								

5. Коширование программы

Кадр_001_

Дается команда на поиск инструментального блока № 1, код - 01.

В кадре записывается только его номер и признаки Е; Д, П, Ш,

В, Н без величины перемещения и значения кода П,Ш и В:

5K001E000000D000000P00Ш000IВ00H

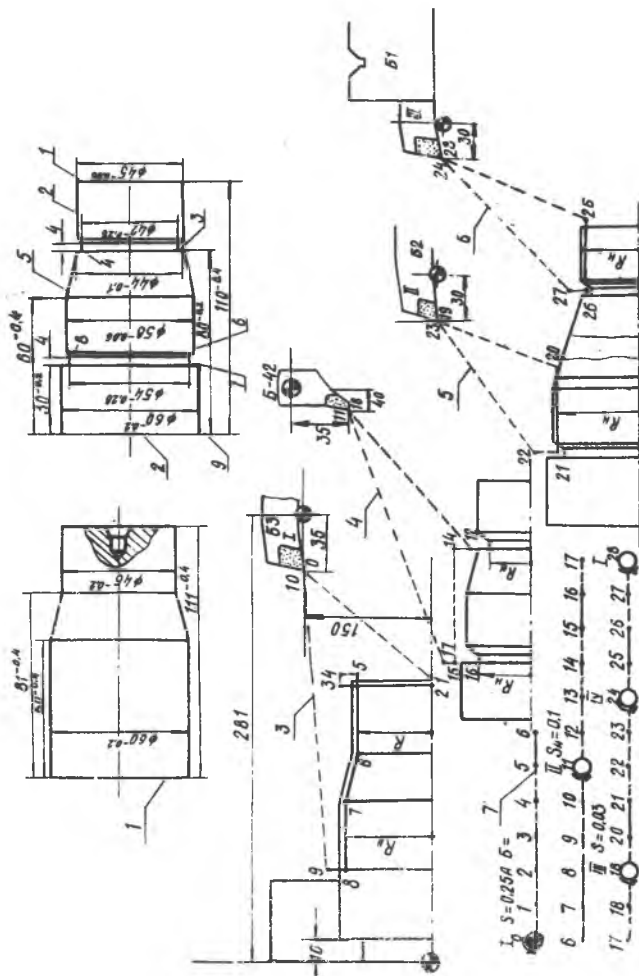
Кадр_002_

Перемещение из точки 0 в точку 1 по оси X=12400, а по оси

Y = 30000, следовательно, ведущей является координата Y. Код ведущей координаты - 4.

Направление перемещения по оси Y к оси станка кодируется цифрой 2. Тогда общий код по оси Y будет равен 2+4=6. он записывается после признака Д.

Перемещение по оси X происходит по направлению к торцу патрона, его код 2 записывается после признака Е. При этом происходит



Р и с. 25

быстрое перемещение, его величина $l > 10$ мм, код подачи - 75.

Если величина перемещения $l < 10$ мм; тогда код подачи равен 54.

Код числа оборотов шпинделя

Для Ст. 40 и резца, оснащенного твердым сплавом ТТ5К6, по нормативам принимаем скорость резания $V = 100$ м/мин. Тогда число оборотов

$$n = \frac{1000 V}{\pi d} = \frac{1000 \cdot 100}{3,14 \cdot 60} = 532 \text{ об/мин.}$$

По табл. 23 принимаем $n = 550$ об/мин.

Т а б л и ц а 23

Диапа- зон	Код числа оборотов				Сменные шестерни	
	11	12	21	22	А	Б
	Число оборотов					
I	70	140	199	398	43	91
II	98	195	275	550	53	81
III	228	455	643	1290	81	53
IV	315	630	890	1780	91	43

Диапазон II, шестерни А=53, Б=81, код числа оборотов 22. Вращение шпинделя - по часовой стрелке, его код 04. Общий код числа оборотов и направления вращения $22 + 4 = 26$.

При вращении шпинделя против часовой стрелки код 40.

Кадр 003

Предусмотрено быстрое перемещение из I-й точки во 2-ю на расстоянии менее 10 мм, код подачи равен 54.

В этом кадре дается команда на включение охлаждения - код 01.

Кадр 004

Предусмотрено перемещение из 2-й точки в 3-ю. По нормативам рабочую подачу S_0 принимаем равной 0,25 мм/об. При числе оборотов шпинделя 550 по табл. 24 находим код подачи 44.

Таблица 24

Именная шест.	мм мм	005	01	015	02	025	03	035	04	045	05	055	06	065	07	
		70	02	12	13	22	14	23	31	32	32	24	24	33	33	
199	6,3	125	183	25	306	356	43,4	50	50	61,3	61,3	73	73	86,5	чост	
	6,4	14	32	24	41	42	34	34	43	51	51	52	52	44	код	
140	15,3	30,6	50	61,3	86,5	100,5	122,5	112,5	146	173	173	201	201	246	чост	
	12	22	23	32	24	33	41	42	42	54	34	43	43	51	код	
398	12,5	25	35,6	50	61,3	73	86,5	100,5	104,5	122,5	122,5	145	145	173	чост	
	14	24	42	34	51	52	44	44	53	61	61	62	62	54	код	
A=43 B=91	36,6	51,3	100,5	122,5	173	201	245	245	293	346	346	402	402	490	f	
	0,3	0,4	22	14	31	32	32	24	33	33	41	42	42	42	код	
93	0,15	13,3	25	30,6	43,7	60	50	61,3	73	73	86,5	100,5	100,5	100,5	f	
	21	31	24	41	34	43	43	51	52	44	44	53	53	53	код	
275	24,6	43,4	61,3	86,5	122,5	146	146	173	201	245	245	293	293	293	f	
	0,4	1,4	32	24	23	42	12	34	43	43	51	52	52	44	код	
195	15,3	30,5	30	31,3	73	100,5	100,5	122,5	146	146	173	201	201	245	f	
	31	41	43	51	44	53	53	61	62	54	54	63	63	53	код	
550	43,4	86,5	146	173	245	293	293	346	402	496	496	586	586	586	f	
	13	23	24	33	42	34	34	43	51	52	52	44	44	44	код	
228	18,3	35,5	61,3	43	100,5	122,5	146	173	201	201	245	245	245	f		
	32	42	43	52	44	53	62	62	54	54	63	63	71	72	код	
643	50	100,5	146	201	245	293	402	402	490	490	586	586	693	805	f	
	23	33	34	43	52	44	44	53	61	62	62	54	54	54	код	
455	35,6	73	132,5	146	201	245	245	293	346	402	402	490	490	490	f	
	42	52	53	62	54	63	72	72	64	64	73	73			код	
1290	100	201	293	402	490	586	805	805	980	980	1170	1170			f	
	28	32	33	42	34	43	51	52	44	44	53	53	61	61	код	
315	25	50	73	100,5	122,5	146	173	201	245	245	293	293	346	346	f	
	33	43	52	53	61	62	54	63	71	71	72	78	64	64	код	
890	73	146	201	293	346	402	490	586	693	693	805	805	980	980	f	
	32	42	43	52	44	53	61	62	54	54	63	63	71	71	код	
630	50	100,5	146	201	245	293	346	402	490	490	586	586	693	693	f	
	43	53	52	63	71	72	64	73					74		код	
1780	146	293	402	586	693	805	980	1170					1368		f	
	Ускоренный подход - отход до 10 мм, индекс-54															
Быстрый подход - отход свыше 10 мм, индекс-75																

В табл. 24 приведена величина подач по координате X, частота и код частоты. Показано, что для координаты y величина подачи в 2 раза меньше.

Кадр_014_

Величину рабочей подачи при точении канавки (перемещение из 12-й точки в 3-ю) по нормативам принимаем равной I мм/об.

По табл. 24 находим код подачи 41.

Кадр_022_

Для чистового точения поверхности 2 принимаем величину подачи и $S = 0,05$ мм/об.

По табл.24 при числе оборотов $n = 550$ об/мин находим код подачи 31. Затем суммируем вес пробивок всего кадра и делим полученное число на модуль 10, к остатку от деления прибавляем цифру, чтобы вместе они составили величину модуля. Эта цифра записывается перед признаком кадра.

Пр и м е р : 2K002E2I2400D630000П75Ш26Н
4 2I2I24 263 575626=58

К остатку 8 добавляем 2=модулю 10

Ниже приведена программа обработки валика.

Программа обработки валика

Модель	№ кодр.	Перемещение по оси Z	Перемещение по оси Y	Подана	Обороты ш.пин	Смена инстру	В.А.Дж. Велич	Контр. шифр
0	K000	E000000	D000000	П00	Ш00	C00	B00	H
5	K001	E000000	D000000	П00	Ш00	C01	B00	H
2	K002	E212400	D630000	П75	Ш26			H
6	K003	E600221	D000000	П54			B01	H
9	K004	E000000	D514800	П44				H
5	K005	E500121	D000000	П54				H
4	K006	E000000	D600368					H
8	K007	E603070	D000000	П44				H
7	K008	E602980	D101404	П44				H
3	K009	E602000	D000000	П44				H
2	K010	E000000	D100564	П54				H
3	K011	E119550	D523600	П75	Ш00		B00	H
8	K012	E000000	D000000	П00	Ш00	C42	B00	H
0	K013	E618111	D218000	П75	Ш26		B01	H
3	K014	E000000	D600810	П41				H
3	K015	E000000	D502210	П54				H
8	K016	E605000	D000000	П75				H
1	K017	E000000	D601016	П41				H
1	K018	E000000	D501616	П54				H
1	K019	E523111	D116000	П75	Ш00		B00	H
3	K020	E000000	D000000	П00	Ш00	C02	B00	H
5	K021	E218600	D624204	П75	Ш26		B01	H
3	K022	E603800	D000000	П31				H
9	K023	E000000	D500604	П54				H
8	K024	E120900	D523600	П75	Ш00		B00	H
7	K025	E000000	D000000	П00	Ш00	C03	B00	H
4	K026	E213000	D625606	П75	Ш26		B01	H
8	K027	E602900	D000000	П31				H
4	K028	E000000	D500406	П54				H
1	K029	E115900	D525200	П75	Ш00		B00	H
4	K030	Я						
2	K031	Н						
1	K32	Н						

Г л а в а У

ОБРАБОТКА ДЕТАЛЕЙ НА ТОКАРНЫХ СТАНКАХ 16Б16Ф3 С ЧПУ

1. Назначение станка

Станок модели 16Б16Ф3 предназначен для токарной обработки различных тел вращения с поверхностями, имеющими криволинейную или прямую образующую в один или несколько проходов, одним или несколькими режущими инструментами по замкнутому автоматическому циклу.

Система управления станком позволяет нарезать в автоматическом цикле цилиндрические и конические резьбы, а также архимедовы спирали.

Станок укомплектован пультом управления "Программатор ЭМ-907".

Техническая характеристика станка

Наибольший диаметр обрабатываемого изделия, мм:	
над станиной	320
над суппортом	160
Наибольшая длина обрабатываемого изделия, мм	710
Наибольший ход каретки, мм	700
Диаметр прутка, проходящего через отверстие шпинделя, мм	34
Размер конуса в шпинделе по ГОСТ 13214-67	Морзе 5
Размер конуса в пиноли задней бабки по ГОСТ 13214-67	Морзе 4
Высота резца, устанавливаемого в резцовый блок, мм	25
Величина перемещения суппорта за один импульс, мм	
в продольном направлении	0,01
в поперечном направлении	0,005
Пределы рабочих подач суппорта, мм/мин	
в продольном направлении	I-1200
в поперечном направлении	I- 600
Ускоренное перемещение суппорта, мм/мин	
в продольном направлении	4800
в поперечном направлении	2400
Шаги нарезаемых резьб, мм	
цилиндрических	0,01 - 10
конических	0,01 - 10
торцевых	0,015 - 5

Габаритные размеры станка: длина, ширина
высота, мм
Масса станка, кг

3065x2395x1860
2500

Установка резцов. Резцы устанавливаются в инструментальные блоки вне станка. Для выставления резцов в блоке на заданный размер применяется оптический прибор (см. рис. 23)

2. Режим работы станка

Система управления станком обеспечивает его работу в автоматическом и наладочном режимах.

Автоматический режим

В автоматическом режиме имеется ряд подрежимов.

По программе - все исполнительные органы станка управляются по программе, записанной на 8-ми дорожечной перфоленте.

С остановом - при контурном управлении "с остановом" обрабатывается запрограммированный останов (МОI). В этом режиме по результатам обработки детали производится регулировка, измерение и коррекция положения инструмента (последующие детали обрабатываются в режиме "По программе" без обработки запрограммированного останова).

По кадрам - программа обрабатывается по одному кадру. Для обработки последующего кадра необходимо нажать кнопку "Пуск". Вспомогательные команды по адресам S, T, M действуют во время паузы между кадрами.

Ускоренный режим - в этом режиме программа обрабатывается на станке не с запрограммированной, а с максимальной скоростью рабочей подачи. Проверяется или испытывается программа на холостом ходу.

Контроль ленты - в режиме работы "Контроль ленты" перфолента проверяется без выдачи информации на станок. При недопустимых комбинациях перфораций, которые не встречаются в принятом коде, считывание прекращается; считывающее устройство останавливается на неправильно пробитой комбинации перфораций.

При наличии погрешностей считывания загорается сигнальная лампа "Сбой".

В автоматическом режиме возможен вывод резца в точку "начало программ" из точки "ноль станка". Обработка размеров по осям координат осуществляется на величину, набранную на декадных переключателях "Сдвиг нулевой точки" панели Программатор ЭМ-907", перед обработкой первого кадра программы после внесения с ленты кода "Начало программы".

Есть также возможность сдвига на станке конечных выключателей по оси X на величину, кратную шагу винта.

Наладочный режим

Управление от станка - в этом режиме возможно управление всеми исполнительными механизмами станка от кнопок и переключателей, расположенных на панели управления электрошкафа, на пультах управления каретки и ограждения станка.

Ручное управление при положении "Преднабор" - режим работы "Преднабор" применяется для позиционирования параллельно осям, а также для отвода суппорта на заданное расстояние во время технологической остановки программы с целью замены инструмента, контроля размеров изделия и т.д. с последующим возвратом режущего инструмента для продолжения обработки в точку, с которой программа была прервана.

Глава VI

РАСЧЕТ УПРАВЛЯЮЩИХ ПРОГРАММ ДЛЯ ТОКАРНЫХ СТАНКОВ, УКМПЛЕКТОВАННЫХ ПУЛЬТОМ УПРАВЛЕНИЯ ЭМ-907

I. Назначение станка

Пульт управления позволяет производить на токарном станке обработку цилиндрических, конических и фасонных поверхностей, а также нарезать резьбы на поверхности цилиндрические и торцевые.

В устройстве пульта управления предусмотрено: ручная корректировка подачи от 0 до 100% от запрограммированной; ручной набор перемещений до ± 99999 импульсов по любой из координат; сдвиг нуля по любой из координат до ± 99999 импульсов; коррекция положения инструмента - 9 пар групп переключателей до ± 999 импульсов; программируемый останов от 0,001 до 130 с; индикация номера обрабатываемого кадра и инструмента.

Режим работы. Отработка основной программы с пропуском специально помеченных кадров; ускоренная отработка кадра (независимо от запрограммированной подачи); отработка одного кадра; нарезание резьбы; ручной набор перемещений.

2. Кодирование информации. Кодирование информации осуществляется по ИСО - 7бит ГОСТ 13052-67, запись производится по 8-ми дорожечной перфоленте (табл.19). Каждой команде соответствует определенный адрес. Адреса обозначаются заглавными буквами латинского алфавита. Система может обрабатывать 10 адресов, два математических знака "+" и "-"; при отсутствии знака обрабатывается "+" и четыре вспомогательных символа.

Ниже приведено описание команд и символов, которыми они кодируются, дано пояснение.

Вспомогательными символами: % - проценты, LF - двоеточие и "/" - дробная черта кодируются следующие команды:

1. LF - конец кадра

2. Сочетание % LF - начало программы.

З ":" - остановка обратной перемотки ленты.

4. "/" - пропуск кадра. Кадры с этим символом не обрабатываются в режимах "С остановом" и "Ускоренная обработка".

Символы ":" и "/" записываются вместо символа N в соответствующих кадрах.

Основными символами кодируется следующая информация:

1. N - порядковый номер кадра (записывается в виде трехразрядного числа).
2. G - подготовительная операция (записывается в виде двухразрядного числа только в кадрах, имеющих информацию с адресами x или z).

Подготовительная операция может иметь следующие значения:

G 00 - ускоренное перемещение параллельно осям координат;

G 01 - линейная интерполяция с рабочей подачей;

G 02, 03 - круговая интерполяция с рабочей подачей соответственно по часовой или против часовой стрелки;

G 04 - пауза. Программируется заданием по адресу "x" любого количества импульсов от 0 до 130000 с продолжительностью отработки импульса 0,001 с;

G 06 - нарезание резьбы с максимальным шагом до 10 мм, с максимальными числами оборотов шпинделя до 240 об/мин. В этом случае при нарезании резьбы с шагом до 5 мм скорость шпинделя не должна превышать 240 об/мин. С увеличением шага резьбы более чем на 5 мм максимальная скорость шпинделя снижается и определяется по формулам:

$$n_{max} = \frac{1200}{t} \text{ об/мин (при дискретности 0,01 мм и}$$

$$n_{max} = \frac{600}{t} \text{ об/мин (при дискретности 0,005 мм), где}$$

t - шаг резьбы, мм.

Программируется величина шага резьбы.

При нарезании резьбы на торцах - архимедовых спиралей - в связи с уменьшением дискретности перемещения от 0,01 до 0,005 мм величины шагов соответственно уменьшаются в два раза.

G 07 - нарезание резьбы с шагом $t_{max} = 5 \text{ мм}$ при $n_{max} = 480 \text{ об/мин}$.

Для резьб с шагом более 2,5 мм число оборотов шпинделя снижается, согласно приведенной формуле. Программируется двойная величина шага.

G 08 - нарезание резьбы с $t_{max} = 2,5 \text{ мм}$ при $n_{max} = 960 \text{ об/мин}$.

при $t > 1,25$ число оборотов шпинделя вычисляется по приведенной выше формуле. Программируется учетверенная величина шага резьбы.

G 09 - нарезание резьбы с $t_{max} = 1,25$ мм при $n_{max} = 19200$ об/мин. При $t > 0,625$ мм число оборотов шпинделя снижается аналогично.

3. x - перемещение суппорта в поперечном направлении.

Программируется со знаком и величиной перемещения в импульсах. Максимальная величина перемещения составляет 130000 импульсов. При круговой интерполяции по адресу x относительно начальной координаты задается координата конечной точки интерполирования в импульсах и со знаком. Положительное направление x - от оси центров в сторону увеличения диаметра обработки.

4. z - перемещение суппорта в продольном направлении.

Программируется со знаком. Максимальная величина перемещения составляет 130000 импульсов. При круговой интерполяции по адресу z относительно начальной координаты задается координата конечной точки дуги окружности в импульсах и со знаком. Положительное направление координаты z - от передней к задней бабке.

При круговой интерполяции знаки адресов x и z определяются по общему правилу знаков.

5. J - шаг резьбы по оси " x ". Его максимальная программируемая величина - 1000 импульсов. При круговой интерполяции по адресу J задается расстояние от центра интерполируемой дуги окружности до начальной точки по оси " x " в импульсах без знака. Максимальная программируемая величина - 130000 импульсов. При нарезании цилиндрических резьб, когда $J = 0$, символ J не программируется.

6. K - шаг резьбы по оси z . Максимальный объем - 1000 импульсов. При круговой интерполяции по адресу K задается расстояние от центра интерполируемой дуги окружности до начальной точки по оси z без знака. Максимальная программируемая величина - 130000 импульсов. При нарезании архимедовых спиралей символ K программируется без знака и величины.

При нарезании резьбы ее длина и величина перемещения по архимедовой спирали программируется заданием перемещения по соответствующим координатам z и x . При нарезании конических резьб по адресам J и K задаются соответствующие проекции шага нарезаемой резьбы на оси x и z , а по адресам z и x - перемещения, равные проекциям длины резьб на эти оси.

7. F - подача. Программируется без знака в каждом кадре, где имеется линейная или круговая интерполяция, т.е. функциями $G-OI$, $G-O2$ и $G-O3$. Величина подачи вычисляется по формулам:

для линейного интерполирования

$$F = \frac{S \cdot 10^3}{l};$$

для кругового интерполирования

$$F = \frac{S \cdot 10^3}{R},$$

где S - контурная скорость (подача) перемещения инструмента, мм/мин;

l - длина пути при линейной интерполяции $l = \sqrt{\Delta x^2 + \Delta z^2}$, мм. Здесь Δx и Δz - приращения координат, мм; R - радиус дуги при круговой интерполяции, мм.

Диапазон программирования величины подачи - от 1 до 130000.

8. S - число оборотов шпинделя, об/мин. Кодирование осуществляется двухразрядными числами, которые зависят от кинематики станка и определяют комбинации включения электромуфт в АКС. В случае программирования команды "S00" все муфты отключаются; при программировании команды $S\ 10$ происходит торможение выходного вала АКС. Для станка 16Б16Ф3 кодирование скоростей шпинделя приведено в табл.25. Команда S может программироваться без вспомогательных команд M03, M04, M11 и M12. В этом случае направление, скорость вращения главного электродвигателя не изменяются.

9. M - вспомогательная команда. Кодировается двухразрядным числом и имеет следующие значения:

- M00 - останов программы для измерения, ручной смены инструмента и т.д.
- M01 - запланированный останов программы, действует только в режиме "С остановом", при этом вспомогательные функции отработанного кадра сохраняются до следующего нажима кнопки "Пуск".
- M02 - конец программы без перемотки перфоленты.
- M03 - вращение шпинделя по часовой стрелке.
- M04 - вращение шпинделя против часовой стрелки.
- M05 - гашение команд M03 и M04 (выключение главного электродвигателя). При наличии АКС эта команда не применяется, поскольку в конце программы шпиндель останавливается отключением муфт АКС, а изменение направления вращения производится путем программирования требуемой команды (M03 или M04).

- М06 - команда на смену (поиск) инструмента.
- М07, М08 - включение насосов охлаждения.
- М09 - выключение насосов охлаждения.
- М10 - гашение вспомогательных команд М11 - М19. Программирование этой команды при наличии АКС нецелесообразно.
- М11 - 1-я скорость главного электродвигателя.
- М12 - 2-я скорость главного электродвигателя.
- М13 - М19 не используются - резерв.
- М30 - конец ленты - конец программы, перемотка перфоленты с остановкой после считывания символов $\angle F \%$ в начале программы.

В одном кадре можно записывать несколько команд с адресом "М". Например, в одном кадре наряду с перемещением могут быть записаны: направление вращения главного электродвигателя (М03, М04), его скорость (М11, М12), смена инструмента (М6), включение и выключение охлаждения и т.д.

10. Т - инструмент. Кодировается трехразрядным числом, причем в 1-м разряде записывается номер корректирующей пары переключателей или "0", если нет необходимости в корректировке инструмента.

В 1-м и 3-м разрядах кодируются позиции резнодержателей (см. табл.30).

При наличии в программе нескольких коррекций перед обработкой очередной из них производится гашение предыдущей, т.е. обрабатывается со знаком, противоположным установленному на переключателях.

Чтобы погасить действующую коррекцию до введения очередной, необходимо программировать команду Т0 (например, в конце программы).

В пределах одного кадра порядок записи команд следующий:
N, G, X, Z, J, K, F, S, T, M.

3. Пример расчета управляющей программы при обработке детали

На рис.26 представлен чертеж детали.

Заготовки из Ст.45 режутся из проката ϕ 56 мм.

Принят следующий план обработки (табл.27).

Т а б л и ц а 25

Число оборотов шпинделя n , об/мин	Код скорости			
	без перебора при		с перебором при	
	$n_{II} = 1400$ об/мин	$n_I = 700$ об/мин	$n_{II} = 1400$ об/мин	$n_I = 700$ об/мин
I800	§ 80			
I400	§ 84			
II20	§ 82			
900	§ 48	§ 88		
710	§ 44	§ 84		
560	§ 42	§ 82	§ 88	
450	§ 28	§ 48	§ 84	
355	§ 24	§ 44	§ 82	
280	§ 22	§ 42	§ 48	§ 88
224		§ 28	§ 44	§ 84
I80		§ 24	§ 42	§ 82
I40		§ 22	§ 28	§ 48
II2			§ 24	§ 44
90			§ 22	§ 42
71				§ 28
56				§ 24
45				§ 22

Т а б л и ц а 26

Номер позиций резцодержателя:		Код позиций
Передний резцодержатель	I	T500
	2	T600
	3	T700
	4	T400
Задний резцодержатель	I	T050
	2	T060
	3	T070
	4	T080

Управляющая программа разрабатывается на операцию 20; начало координат совмещается с плоскостью левого торца детали.

В принятой системе координат производится пересчет линейных размеров детали (рис. 26,б).

Станок имеет четырехпозиционную резцовую головку, смена резцов осуществляется по программе.

Резцы устанавливаются в резцовые блоки вне станка на инструментальном микроскопе с точностью до 0,01 мм.

Станок имеет нулевую точку "0", координаты вершины шаблона относительно торца фланца и оси шпинделя: $x_u = 315 \text{ мм}$, $y_u = 120 \text{ мм}$ (рис. 27).

Величина сдвига " нуля" вычисляется как алгебраическая разность $x_u - x_0$ и $y_u - y_0$, где x_0, y_0 - координаты вершины шаблона в начальном положении резцовой головки.

Выбирая начальное положение резца I (рис.27), необходимо обеспечить возможность поворота резцовой головки в этой точке при минимальном расстоянии от обрабатываемой детали. Кроме того, следует учесть удобство установки, закрепления и снятия заготовки.

Режим резания для изученных сталей и сплавов назначается по нормативам, а для новых материалов - по данным завода.

Особое внимание следует уделить геометрии резцов, которая должна обеспечить дробление стружки.

В табл. 28 приведены режимы резания для рассматриваемого примера.

Т а б л и ц а 28

№ точки	Наименование переходов	№ резца	Скорость резания V , м/мин	Число оборотов об/мин	Подача S_0 , мм/об	Глубина резания t , мм	Примечание
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Черновое точение $\varnothing 51$ мм от 2 до 3 точки	I	100	560 S42	0,3	2,5	
2	Черновое точение $\varnothing 46$ мм от 6 до 7,8,9 точек	I	90	560 S42	0,3	2,5	

Продолжение табл.28

1	2	3	4	5	6	7	8
3	Черновое точение Ø 41 мм от 11 до 12, 13, 14 точек	I	103	710 S44	0,3	2,5	
4	Черновое точение Ø 36 мм от 17 до 17, 18 точек	I	90	710 S44	0,3	2,5	
5	Черновое точение Ø 31 мм от 20 до 21, 22, 23 точек	I	80	900 S48	0,3	2,5	
6	Чистовое точение от 27 до 28 точки	II	105	1120 S82	0,1	0,5	
7	Чистовое точение Ø 21,88 от 28 до 29 точки	II	105	1120 S82	0,05	0,5	
8	Чистовое точение канавки от 29 до 30 точки	III	105	1120 S82	0,08	0,5	
9	Чистовое точение горца канавки на холостом хо- ду от 30 до 31 точки	II	109	900 S48			
10	Чистовое точение конуса Ø 31,97- - 43, 97мм. от 31 до 32 точки	II	98	710 S44	0,05	0,5	
11	Чистовое точение сферы от 32 до 33 точки	II	III	710 S44	0,05		
12	Чистовое точение Ø 49,97 от 33 до 34 точки		III	710 S44	0,05		
13	Нарезание резьбы Число проходов 5. Подача на глубину по проходам: 0,56, 0,3; 0,25; 0,025; 0,0мм	III	69	710 S44			

О х л а ж д е н и е

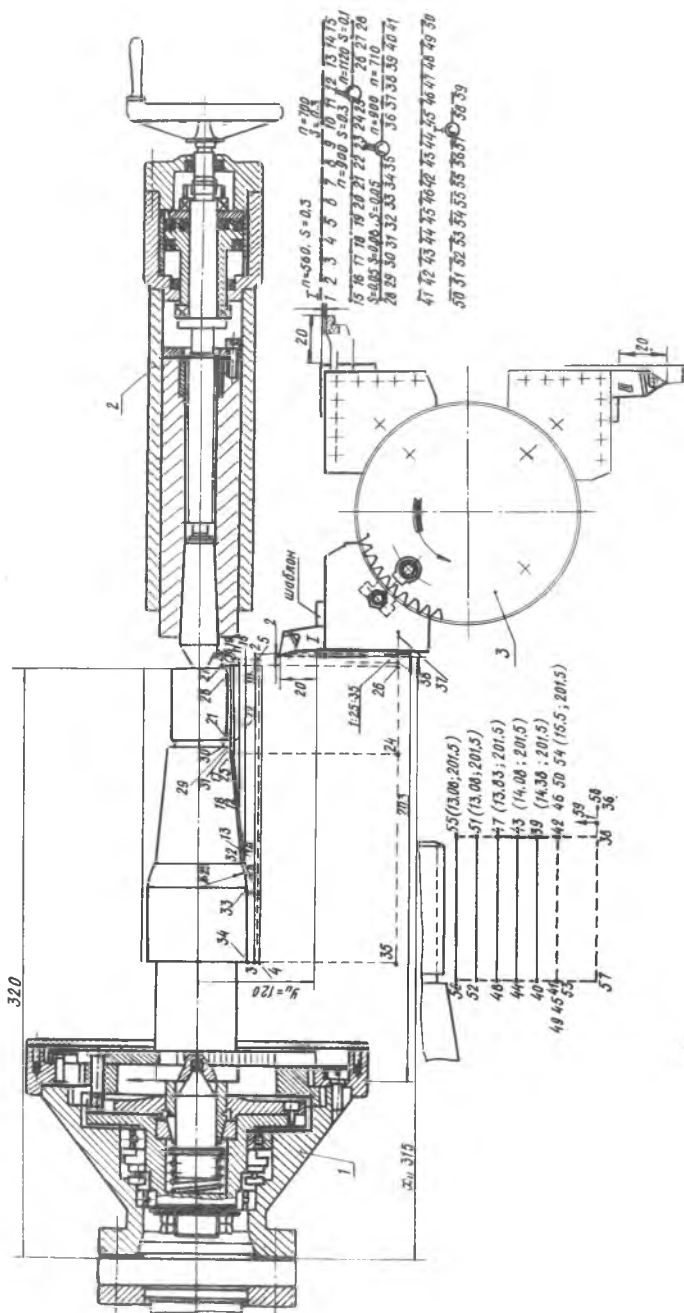


Рис.27. Карта наладки для обработки цапфы на станке 16Б16Ф3

На основании принятого режима резания проектируется траектория движения вершины резца, намечаются точки смены режущего инструмента и изменения режима резания. На рис.27 показан пример графического оформления технологии на проектируемую операцию.

Детали при обработке на токарных станках с ЧПУ устанавливаются в осевом направлении в строго определенном положении. Следовательно, в рассматриваемом примере в схеме наладки предусмотрен плавающий центр, все заготовки фиксируются по левому торцу детали. В целях сокращения вспомогательного времени в наладке предусмотрен поводковый патрон с двумя кулачками, пиноль задней бабки перемещается с помощью пневмоцилиндра (рис. 27).

На рис.27 показан путь движения вершины резца, опорные точки, схема наладки резцов, диаграмма рабочих и холостых ходов с указанием места смены инструмента, подачи и числа оборотов шпинделя. Для ясности путь движения резца при нарезании резьбы показан отдельно.

4. Расчет настроечных размеров и координат опорных точек

Расчет операционных размеров производится по методике, разработанной И.А. ИВАЩЕНКО [5].

Результаты расчета приведены в табл. 29.

Т а б л и ц а 29

Обрабатываемая поверхность	№ перехода	Наименование перехода	Размер на переходе, мм	Допуск на переходе, мм
1	2	3	4	5
1	0	Прокат	56	+0,4
	1	Черновое точение	51	-1,0
	6	Чистовое точение	50,0	-0,34
3	1	1-е черновое точение	51	-0,34
	2	2-е черновое точение	45	-0,28
	6	Чистовое точение	44	-0,05

Продолжение табл.29

1	2	3	4	5
3	2	1-е черновое точение	46	- 0,34
	3	2-е черновое точение	41	- 0,34
	4	3-е черновое точение	36	- 0,34
	5	4-е черновое точение	33	- 0,28
	6	Чистовое точение	32	- 0,05
5	4	1-е черновое точение	36	-0,34
	5	2-е черновое точение	31	- 0,28
	6	Чистовое точение	30	- 0,12
4	7	Проточка канавки	27	- 0,52
	7	Нарезание резьбы		
	8	1-й проход	28,76	
	9	2-й проход	28,16	
	10	3-й проход	27,66	
	11	1-й чистовой проход	27,61	
	12	2-й чистовой проход	27,61	

Далее на основании операционных размеров по методике, разработанной М.И. ЛАЗОРЕНКО [23], производится расчет настроечных размеров.

На основании чертежа (рис. 27), где указан путь движения резцов и настроечные размеры, определяются координаты опорных точек.

В табл. 30 приведены некоторые координаты опорных точек.

Т а б л и ц а 30

№ точек	Координаты		№ точек	Координаты	
	Z мм	X мм		Z мм	X мм
1	2	3	4	5	6
1	+203	100	18	119	20,33
2	+203	25,33	19	201	20,33
3	+ 58	25,33	20	201	15,36
4	+58	26	21	160,3	15,36

Продолжение табл. 30

1	2	3	4	5	6
5	+201	26	22	160,3	16,5
6	+201	22,86	23	145	17,83
7	+99	22,86	24	145	100
8	95	24,75	25	203	100
9	90	25,5	26	201	100

С учетом приведенных данных режима резания, величины координат, пути движения вершины резца производится заполнение бланка расчета программы.

1. В 1-й колонке указывается номер точки, согласно рис. 27.
 2. Во 2-й колонке указывается номер инструмента.
 3. В 3-й и 4-й колонках записываются координаты точек x и z .
 4. В 5-й и 6-й колонках записываются координатные разности Δx и Δz с указанием знака.
 5. В 7-й колонке указывается величина рабочей подачи или холостой ход.
 6. В 8-й колонке указывается число оборотов шпинделя станка.
 7. В 9-й колонке указывается № кадра.
 8. В 10-й колонке указывается подготовительная операция.
 9. В 11-ю и 12-ю колонку записывается координатная разность по осям x и z со знаком.
 10. В 13-ю колонку записывается шаг резьбы по оси x .
 11. В 14-ю колонку записывается шаг резьбы по оси z .
 12. В 15-ю колонку записывается величина подачи:
 - для линейной интерполяции $F = \frac{S10^3}{t}$;
 - для круговой интерполяции $F = \frac{S10^3}{R}$.
 13. В 16-ю колонку записывается код числа оборотов шпинделя.
 14. В 17-ю колонку записывается код инструмента.
 15. В 18-ю колонку записывается вспомогательная команда.
 16. В 19-ю колонку записывается конец кадра и конец программы.
- В кадре № 17 записана информация, необходимая для обработки конической поверхности от 17 до 18 точки.
- Исходная информация записывается во 2,3,4,7 и 8-й дорожках.

Далее записываются номер кадра - I7, код интерполирования G 01 - линейная интерполяция и перемещение по оси x со знаком + 500 импульсов, а по оси z со знаком - 2600 импульсов.

Затем рассчитывается величина подачи для линейного интерполирования:

$$F = \frac{S_{\text{мин}} 10^3}{t} = \frac{S_0 n 10^3}{t} = \frac{0,3 \cdot 710 \cdot 10^3}{26,5} = 8050;$$

$$t = \sqrt{\Delta x^2 + \Delta y^2} = 26,5 \text{ мм.}$$

В кадре 32 записана информация для чистовой обработки сферической поверхности от 32 до 33 точки. В 10-й колонке записана команда G 02 - круговая интерполяция.

При круговой интерполяции в графе I3 записывается расстояние от центра интерполируемой дуги окружности до начальной точки 32 по оси x без знака ($J = 4397$ импульсов), а в графе I4 задается расстояние от центра интерполируемой дуги окружности до начальной точки 32 по оси z без знака ($K = 1190$ импульсов).

Расчет и кодирование программы для станка I6БI6Ф3 с пультом управления " Программатор ЭМ-907" приведен в табл. 3I.

Точки	Координаты точек		Приращения координат		Режим резания		Состав курса											
	X	Z	Δ X	Δ Z	S мм/об	f об/мин	N	G	X	Z	J	K	F	S	T	M	LF	
																		1
1	100	203	0	0	0,3	560	N001	G 00	X-14934				T 500	S 42	M03 M06	M07 M 12LF		
2	25,33	203	0	-14,5	0,3	N002	G 01		Z-14500				F 160				LF	
3	25,33	58																
...																		
17	17,83	145	2,5	+26	0,3	N017	G 01	X+500	Z-2600				F 80,50				LF	
18	20,33	119	0	+82	0,3	N018	G 00		Z+8200				S 48				LF	
19	20,33	201																
...																		
33	24,987	100																
34	24,987	88,1	3	-11,9	0,05	710	N032	G 03	X+600	Z-1190	J4397	K1190	F 1420	S 44			LF	
...			0	-30,1	0,05		N033	G 01		Z-3010			F 180				LF	
37	100	203	Смена инструмента															
38	100	215	0	-13,5	0,3	N036	G 00		Z-1350						T 702	M06	LF	
39	100	201,5	-85,62	0	0,3	N037	G 00	X-17124									LF	
40	14,38	201,5	0	-40	0	N038	G 08		Z-4000								LF	
41	14,38	161,5	1,12	0	0,3	N039	G 00	X+224									LF	

Л И Т Е Р А Т У Р А

1. Бяндус И.Я., Кириченко В.В., Клебанов М.К., Козляев В.В., Мураткина В.Г., Маргун Б.Г., Ревянский Е.В., Цлаф М.Я. Станки с программным управлением. Куйбышевское книжное издательство, 1973.
2. Балашкин Б.С. Самонастраивающиеся станки. Управление упругими перемещениями на станках. М., "Машиностроение", 1967.
3. Вотинов К.В. Жесткость станков. Лонитомаш, 1940.
4. Иващенко И.А. Технологические размерные расчёты. Куйбышевский авиационный институт, 1968.
5. Комиссаров В.И., Леонтьев В.И., Старостин В.Г. Размерная наладка универсальных металлорежущих станков. М., "Машиностроение", 1968.
6. Колев К.С. Точность обработки и режимы резания. М., "Машиностроение", 1968.
7. Косенко И.Н. Обработка деталей на токарных станках с числовым программным управлением. Куйбышевский авиационный институт, 1968.
8. Корсаков В.С. Точность механической обработки. М., Машгиз, 1961.
9. Маталин А.А. Точность механической обработки и проектирование технологических процессов. М., "Машиностроение", 1970.
10. Маталин А.А., Дашевский Т.Б., Княжички И.И. Многооперационные станки. М., "Машиностроение", 1974.
11. Малиев Ю.Н. Программирование для малых вычислительных машин. Куйбышевский авиационный институт, 1974.
12. Резников Н.И. Обработка резанием жаропрочных и высокопрочных титановых сплавов. М., "Машиностроение", 1972.
13. Спиридонов А.А., Федоров В.Б. Металлорежущие станки с программным управлением. М., "Машиностроение", 1972.
14. Скроган В.А. Жесткость металлорежущих станков. М., Машгиз, 1952.

15. Техническое описание станка АТПр12М.
16. Энциклопедический справочник. М., "Машиностроение", т.7, М., Машгиз, 1949.
17. Никитенко В.Д. Подготовка программы для станков с программным управлением. М., "Машиностроение", 1973.
18. Сафраган Р.Э., Полонский А.Э., Таурит Г.Э. Эксплуатация станков с числовым программным управлением. Киев, "Техника", 1974.
19. Зайцев В.М., Лепалин В.И. Расчет наивыгоднейшего режима резания при точении. Куйбышевский авиационный институт, 1974.
20. Зазерский Е.И., Жолнерчик С.И. Технология обработки деталей на станках с программным управлением. "Машиностроение", 1975.
21. Манахов Г.А. и др. Станки с программным управлением. Справочник, "Машиностроение", 1975.
22. Лазоренко М.И. Методика расчета настроечных размеров. Куйбышевский авиационный институт, 1977.

О Г Л А В Л Е Н И Е

В В Е Д Е Н И Е

Г л а в а I

ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ ПОДГОТОВКА ПРИ ОБРАБОТКЕ ДЕТАЛЕЙ НА ТОКАРНЫХ СТАНКАХ С ЧИСЛОВЫМ ПРОГРАММНЫМ УПРАВЛЕНИЕМ (ЧПУ)

1. Проектирование технологических процессов..... 5
2. Разработка операционного технологического процесса..... 6
3. Выбор баз..... II
4. Выбор системы координат..... II
5. Требования, предъявляемые к эскизу обрабатываемой детали, и расчет размеров [I5]..... I4

Г л а в а II

МЕТОДИКА РАСЧЕТА ПОГРЕШНОСТИ ОБРАБОТКИ ЗА СЧЕТ УПРУГИХ ДЕФОРМАЦИЙ СПИД

1. Вывод основной зависимости для расчета погрешности при одноинструментальной обработке детали [8] 20
2. Расчет погрешности при обработке деталей в центрах [8], [II]..... 23
3. Расчет погрешности обработки, связанных с износом режущего инструмента..... 35

Г л а в а III

КОДИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ

1. Кодирование цифровой информации..... 39
2. Коды, используемые для программирования..... 40
3. Программирование..... 42

Г л а в а IV

РАСЧЕТ УПРАВЛЯЮЩИХ ПРОГРАММ ДЛЯ ТОКАРНЫХ СТАНКОВ АТПр-2М12

1. Назначение станка..... 46
2. Краткое описание станка..... 48

3. Пример разработки технического задания и расчет управляющей программы при обработке валика.....	56
4. Разработка операционной карты.....	59
5. Кодирование программы.....	61

Г л а в а У

ОБРАБОТКА ДЕТАЛЕЙ НА ТОКАРНЫХ СТАНКАХ 16Б16Ф3 С ЧПУ

1. Назначение станка.....	67
2. Режим работы станка.....	68

Г л а в а У I

РАСЧЕТ УПРАВЛЯЮЩИХ ПРОГРАММ ДЛЯ ТОКАРНЫХ СТАНКОВ, УКОМПЛЕКТОВАННЫХ ПУЛЬТОМ УПРАВЛЕНИЯ ЭМ-907

1. Назначение и режим работы станка.....	70
2. Кодирование информации.....	70
3. Пример расчета управляющей программы при обра- ботке детали.....	74
4. Расчет настроечных размеров и координат опорных точек.....	80

ЛИТЕРАТУРА.....	85
-----------------	----